

Министерство сельского хозяйства РФ

Мичуринский филиал  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Захарцова Л. Н.

**Монтаж, техническая эксплуатация и обслуживание  
холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)  
Часть 2**

**Учебное пособие**

Брянск, 2018

УДК 621.57 (07)

ББК 31.392

З 38

Захарцова, Л. Н. Монтаж, техническая эксплуатация и обслуживание холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям): учебное пособие. Ч. 2 / Л. Н. Захарцова. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – 150 с.

Данное учебное пособие предназначено для обучающихся среднего профессионального образования, изучающих профессиональный модуль ПМ. 01 Ведение процесса по монтажу, технической эксплуатации и обслуживанию холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) и имеет своей целью помочь в организации самостоятельной работы студентов и облегчить им изучение теоретического и практического курса профессионального модуля ПМ. 01.

Рецензенты:

К. А. Бохан, преподаватель Мичуринского филиала Брянского ГАУ.

Печатается по решению методического совета Мичуринского филиала Брянского ГАУ протокол № 5 от 10.04.2017 г.

© Захарцова Л. Н., 2018,  
© Мичуринский филиал  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2018

## Содержание

	стр.
Введение	5
Воздухоохладители устройство и принцип работы	6
Расчет и подбор воздухоохладителей	8
Ресиверы	9
Расчет и подбор ресиверов	11
Маслоотделители маслособиратели	13
Отделители жидкости. Промежуточные сосуды	15
Воздухоотделители	17
Фильтры осушители	18
Насосы	20
Арматура и трубы	21
Назначение и классификация холодильников	23
Назначение теплоизоляционных материалов требования предъявляемые к ним	26
Классификация и свойства теплоизоляционных материалов	27
Гидро – и пароизоляционные материалы	29
Теплоизоляционные конструкции холодильников	30
Теплоизоляционные конструкции полов	32
Способы охлаждения помещений и требования к системам непосредственного охлаждения	33
Системы охлаждения	35
Рабочая схема холодильной установки с одноступенчатыми компрессорами	36
Рабочая схема холодильной установки с двухступенчатыми компрессорами	38
Насосно-циркуляционная схема с верхней подачей жидкого хладагента	39
Схема фреоновых холодильных установок	41
Физические свойства водного льда	42
Производство искусственного водного льда	43
Физические свойства «сухого» льда	45
Производство «сухого» льда по циклу	46
Железнодорожный холодильный транспорт	48
Автомобильный холодильный транспорт	49
Водный холодильный транспорт	51
Классификация и показатель приборов	53
Технические показатели приборов	54
Манометры показывающие и записывающие	58
Реле давления	60
Двухблочные реле давления	64
Реле разности давлений	67
Регуляторы давлений	68
Термометры показывающие и записывающие	69
Электронный самопишущий мост ЭМП-209М2	74
Реле температуры	76
Манометрические реле температуры	78

Полупроводниковые реле температуры	80
Регуляторы перегрева (ТРВ)	82
ТРВ с внешним выравниванием	84
Указатели уровня	85
Реле уровня	87
Указатели расхода жидкостей и газов	89
Электромагнитные (соленоидные) вентили	91
Реле концентрации газообразного холодильного агента	93
Реле времени и программ реле	95
Условные обозначения в схемах автоматизации	97
Регулирование подачи жидкого хладагента в испарительную систему	103
Сырье и его химический состав	106
Технология охлаждения продуктов животного происхождения	108
Охлаждения мяса	109
Охлаждения мяса птицы	112
Гидроаэрозольное охлаждение	114
Охлаждения рыбы и рыбных продуктов	116
Охлаждение молока	117
Замораживание пищевых продуктов	118
Общие требования к сырью, предназначенному для замораживания	120
Замораживание плодов и ягод	121
Замораживание грибов	122
Особенности замораживания некоторых видов растительной продукции	123
Замораживание мяса	124
Замораживание птицы	126
Замораживание рыбы	127
Основные принципы регулирования холодопроизводительности компрессоров	129
Особенности конструкций и принцип действия. Электрический ТРВ непрямого действия	131
Регулирование перегрева пара	132
Автоматическая разгрузка компрессоров в период пуска	133
Водорегулирующий вентиль, его назначение, устройство и принцип действия	135
Основы автоматизации холодильных машин и установок	136
Назначение функциональных схем автоматизации	138
Разработка функциональных схем	140
Построение условных обозначений приборов и средств автоматизации	142
Схемы автоматизации аппаратов	143
Естественная система вентиляции	146
Искусственная система вентиляции	148
Литература	149

## Введение

Холодильная машина представляет собой замкнутую систему из аппаратов и устройств, предназначенных для осуществления холодильного цикла, который совершает рабочее вещество. Холодильные машины используют для охлаждения тел ниже температуры окружающей среды и для непрерывного поддержания заданной температуры в течение необходимого времени.

Холодильная установка включает в себя холодильную машину, трубопроводы и сооружения, необходимые для проведения технологических процессов при низких температурах.

Внедряются и совершенствуются системы автоматизации работы холодильного оборудования. Отечественное холодильное машиностроение освоило выпуск современного холодильного оборудования, в том числе одно- и двухступенчатых агрегатов с винтовыми компрессорами, унифицированных холодильных машин и агрегатов нового поколения, автоматизированных блочных машин полной заводской готовности.

Искусственный холод широко применяют во всех отраслях народного хозяйства пищевой и химической, в торговле и общественном питании, при проходке шахт и тоннелей, кондиционировании воздуха, закалке стальных изделий, в медицине, шелководстве, цветоводстве, фармацевтической промышленности и др. Это стало возможным в результате широкого развития комплексных научно-исследовательских работ в области холодильной техники больших достижений холодильного машиностроения, совершенствования и унификации оборудования.

## **Тема: Воздухоохладители устройство и принцип работы**

### **План:**

1. Классификация воздухоохладителей.
2. Устройство и принцип работы воздухоохладителей.

### **1. Классификация воздухоохладителей**

В зависимости от рабочего тела, подаваемого в воздухоохладители для охлаждения воздуха, они разделяются на воздухоохладители непосредственного охлаждения и рассольные.

Воздухоохладители бывают поверхностные (сухие), контактные (мокрые) и комбинированные. В первых воздух охлаждается, отдавая теплоту рабочему телу через стенку трубы, во вторых теплота передается при прямом контакте с холодной поверхностью хладоносителя, в третьих воздух охлаждается вследствие соприкосновения с холодной поверхностью змеевика и с поверхностью хладоносителя.

Наиболее распространены сухие воздухоохладители непосредственного охлаждения. Аммиачные воздухоохладители непосредственного охлаждения изготавливают из стальных бесшовных труб, собранных в виде змеевиковых или коллекторных секций. Для работы в условиях большой влажности со значительным осаждением инея и образованием льда на теплопередающей поверхности воздухоохладители делают из гладких труб, в остальных случаях — из оребренных.

Фреоновые воздухоохладители выполняют преимущественно из медных труб диаметром 10x1, 12x1, 15x1, 18x1 мм с латунными, стальными или медными ребрами. Шаг ребер принимается

2...5 мм при работе воздухоохладителя в условиях положительных температур, 5...7 мм в условиях интенсивного влаговыделения, 9 мм — при низких температурах. Применение ребристых труб позволяет обеспечить компактность воздухоохладителя, малую массу, невысокую стоимость, высокую плотность теплового потока на единицу длины трубы.

Воздух через воздухоохладитель нагнетается осевыми или центробежными вентиляторами. Если вентилятор должен обеспечить циркуляцию воздуха только через воздухоохладитель, используют осевые вентиляторы, создающие малые напоры, при наличии воздухопроводов, фильтров и других сопротивлений применяют центробежные вентиляторы.

Воздухоохладитель может располагаться внутри камеры или вне ее. Движение воздуха направлено обычно поперек труб.

### **2. Устройство и принцип работы воздухоохладителей**

Потолочные воздухоохладители типа ВОП выпускают четырех типоразмеров с индексом Я10-АВ2 с площадью поверхности охлаждения 50 и 75 м<sup>2</sup> (рис. 1). Они предназначены для охлаждения воздуха в камерах хранения продуктов.

Воздухоохладители состоят из охлаждающей батареи 1, узла вентилятора 3, поддона для сбора талой воды 2 и обшивки 4. Воздухоохладители Я10-АВ2-50 и Я10-АВ2-75 имеют по одной батарее из трех секций, а Я10-АВ2-100 и Я10-АВ2-150 — две параллельно работающие батареи из четырех секций каждая. Секция состоит из

двух вертикальных рядов стальных труб диаметром 25x2,2 мм по 6 труб в каждом ряду. Расположение труб коридорное. Для сокращения числа сварных швов вдвое трубы с одной стороны согнуты «в калач».

Свободные концы труб каждой секции объединены коллектором диаметром 76x3,5 мм. К каждому коллектору приварен патрубок диаметром 57x3,5 мм для подачи жидкого аммиака и отсоса пара. На трубы насажены ребра из листовой стали размерами 460x140x0,4 мм.

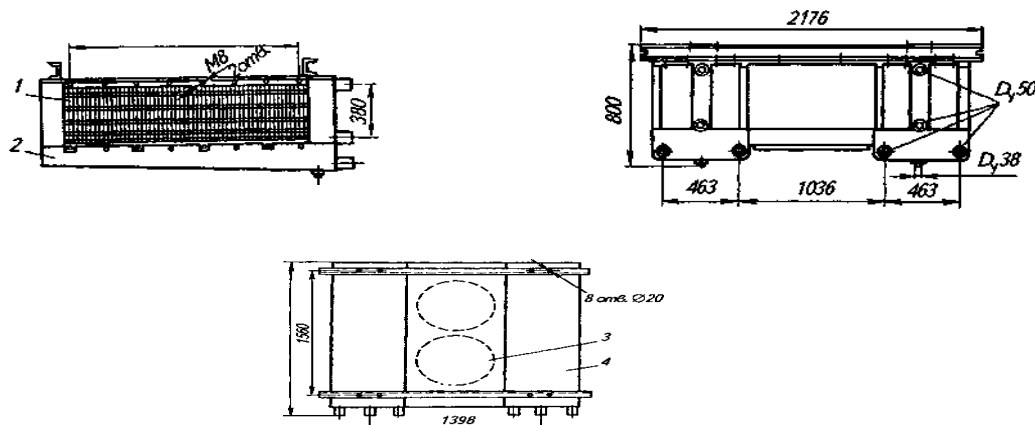


Рис. 1. Воздухоохладители потолочные Я-10АВ2-100:

Разные поверхности охлаждения воздухоохладителя создаются путем изменения шага оребрения и соответственно числа ребер на единицу длины трубы. Секции батареи соединяют уголками, которые крепят к двум продольным швеллерным балкам, за которые воздухоохладитель подвешивают к потолку камеры. Узел вентиляторов состоит из двух осевых вентиляторов с электродвигателями. Воздухоохладители Я10-АВ2-50 и Я10-АВ2-75 имеют вентиляторы с горизонтальной осью вращения, расположенные за батареями, а в воздухоохладителях Я10-АВ2-100 и Я10-АВ2-150 вентиляторы имеют вертикальную ось вращения и располагаются между батареями. Отопленный воздух засасывается из камеры через всасывающие окна, расположенные у первых двух воздухоохладителей в их задней стенке, а у вторых двух — в нижней средней части аппаратов. Нормальная работа воздухоохладителя обеспечивается систематическим удалением инея с поверхности батарей. Для удаления инея используются горячие пары аммиака, которые во время оттаивания подаются в батарею и в трубную решетку из труб диаметром 25x2,2 мм, смонтированную в поддоне. Талая вода, стекающая с батарей, собирается в поддоне, а затем сливается в канализацию по обогреваемому трубопроводу.

### Вопросы:

1. Какие бывают воздухоохладители.
2. Каким диаметром выполняют фреоновые воздухоохладители.
3. Устройство воздухоохладителя.
4. Что используют для удаления инея.

## Тема: Расчет и подбор воздухоохлаждаителей

### План:

1. Площадь теплопередающей поверхности.
2. Коэффициент теплопередачи.

### 1. Площадь теплопередающей поверхности

Расчет воздухоохлаждителя включает определение его площади теплопередающей поверхности, состояния выходящего воздуха и расхода воздуха. Для этого необходимо знать: тип устанавливаемого воздухоохлаждителя; потребный тепловой поток через воздухоохлаждитель; температуру и относительную влажность воздуха, поступающего в воздухоохлаждитель; температуру кипения хладагента  $t_0$ .

В диаграмме  $i-d$  строят процесс охлаждения и определяют температурно-влажностный режим работы воздухоохлаждителя. Площадь теплопередающей поверхности воздухоохлаждителя, ( $m^2$ )

$$F=Q_0/(kQ)$$

где  $Q_0$  — тепловой поток через воздухоохлаждитель, определяемый тепловым расчетом, Вт; коэффициент теплопередачи воздухоохлаждителя,  $Вт/(m^2 \cdot K)$ .

Для воздухоохлаждителей из оребренных труб с нижней подачей аммиака или хладоносителя в батарее при  $\theta = 10 \text{ K}$  и скорости воздуха  $W_v = 3...5 \text{ м/с}$  коэффициенты теплопередачи в зависимости от температур кипения хладагента или температур хладоносителя следующие:

$t, ^\circ\text{C}$	-45	-40	-35	-25	-15	-12	-10	-5	0 и выше
$k, \text{Вт}/(m^2 \cdot K)$	11,3	11,6	11,9	12,5	14,0	14,7	15,2	16,3	17,5

### 2. Коэффициент теплопередачи

При верхней подаче аммиака значения коэффициентов теплопередачи уменьшают на 10 %. Для фреоновых воздухоохлаждителей при  $\theta = 10 \text{ K}$  и скорости воздуха 3...5 м/с в зависимости от температур хладоносителя или температуры кипения фреона коэффициенты теплопередачи следующие:

$t, ^\circ\text{C}$	-40	-20	-15	0 и выше
$k, \text{Вт}/(m^2 \cdot K)$	17,5	19,3	21	23,3

Для гладкотрубных аммиачных воздухоохлаждителей  $k = 35...45 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K)$  при  $\theta = 10 \text{ K}$ . Воздух охлаждается в воздухоохлаждителе на 2...5  $^\circ\text{C}$ . Хладоноситель, проходя через воздухоохлаждитель, нагревается при умеренно низких температурах на 3...5  $^\circ\text{C}$ , при низких — на 1...2  $^\circ\text{C}$ .



По найденной площади теплопередающей поверхности подбирают один или несколько воздухоохладителей с учетом равномерного распределения воздуха по всему объему камеры.

Объемный расход воздуха ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

$$V_{\text{в}} = \frac{Q_0}{\rho(i_1 - i_2)}$$

где  $\rho$  – плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ; определяется по психометрической таблице или по  $i - d$  диаграмме;  $i_1, i_2$  – удельные энтальпии воздуха на входе и на выходе из воздухоохладителя, определяются по  $d - i$  диаграмме,  $\text{Дж}/\text{кг}$ .

### Вопросы:

1. Как найти площадь теплопередающей поверхности.
2. Какую принимают скорость воздуха при расчете воздухоохладителя.
3. Как найти объемный расход воздуха.

### Тема: Ресиверы

#### План:

1. Линейный ресивер.
2. Защитные ресиверы.

Ресивером называют сосуд для сбора жидкого хладагента. В схеме холодильной машины ресиверы бывают четырех видов: линейные, дренажные, циркуляционные и защитные.

#### 1. Линейный ресивер

Линейный ресивер устанавливают на стороне высокого давления после конденсатора. Он освобождает от жидкости поверхность конденсатора и создает равномерный поток жидкого хладагента к регулирующему вентилю. Кроме того, линейный ресивер служит хорошим сборником воздуха и масла. В линейном ресивере создается запас аммиака, обеспечивающего нормальную работу холодильной установки. Он представляет собой горизонтальный цилиндрический сосуд 1, который снабжен штуцерами для входа 4 и выхода 7 жидкого хладагента (рис. 2). В нижней части аммиачного ресивера приварен маслосборник 10, откуда периодически выпускается масло. Ресивер имеет штуцеры для уравнивающей линии 5 и выпуска воздуха 8, а также манометр 3, предохранительный клапан 6, указатель уровня жидкости 2.

Дренажный ресивер РД устанавливают на стороне низкого давления. Он служит для временного слива жидкого хладагента из батарей непосредственного охлаждения на период оттаивания инея горячими парами или ремонта и испытания батарей.

Циркуляционный ресивер применяют в аммиачных холодильных установках с принудительной подачей жидкости в приборы охлаждения. Его устанавливают на стороне низкого давления. В циркуляционном ресивере накапливается определенное

количество жидкого аммиака для бесперебойной работы аммиачного насоса, присоединяемого к соответствующим патрубкам.

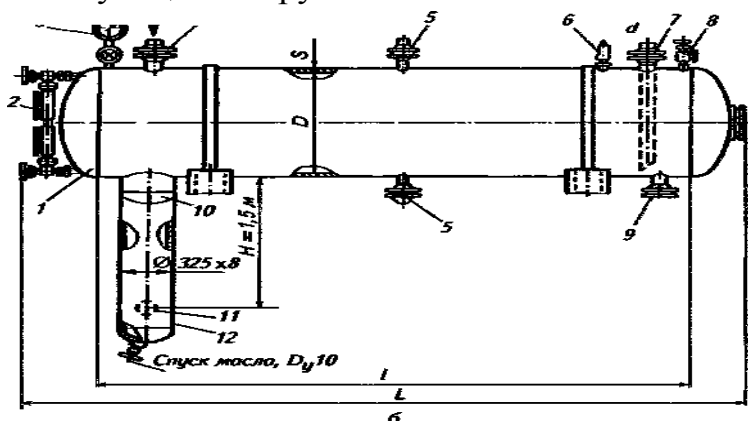


Рис. 2. Ресиверы горизонтальные типа РД

## 2. Защитные ресиверы

Защитные ресиверы также устанавливают на стороне низкого давления. Они служат для слива неиспарившейся жидкости из отделителей жидкости в безнасосных схемах.

Циркуляционные ресиверы (РКЦ) выполняют одновременно функции промежуточного сосуда в двухступенчатых схемах, циркуляционных ресиверов при насосной подаче жидкого аммиака в приборы охлаждения, работающие при промежуточной температуре кипения хладагента, и защитных ресиверов на всасывании компрессоров ступени высокого давления.

При использовании горизонтальных ресиверов марки РД в качестве циркуляционных и защитных дополнительно устанавливают отделитель жидкости.

С вертикальными ресиверами РДВа отделители жидкости не применяют, так как РДВа сами выполняют функции отделителя жидкости. Для создания необходимого подпора жидкого аммиака на входе в циркуляционный насос и увеличения полезного объема циркуляционные ресиверы РД и РДВа дополняют стойками 12 из стальной трубы диаметром  $D_u = 250+300$  мм, высотой 1,5...2,5 м. К стойке приваривают патрубки для присоединения всасывающей стороны циркуляционного насоса, слива масла и подключения контрольно-измерительных приборов.

Характеристики линейного, дренажно-циркуляционного и защитного горизонтального ресиверов приведены в табл. 1.

### 1. Основные технические данные ресиверов типа РД

Типоразмер	Вместимость, м <sup>3</sup>	Габаритные и установочные размеры, мм				Масса, кг
		DxS	L		d	
0,75РД	0,77	600x6	3020	900	32	340
1,5РД	1,65	800x8	3610	1050	50	670
2,5РД	2,49	800x8	5610	2070	50	990
3,5РД	3,41	1000x8	4680	1500	65	1160
5,0РД	5,58	1200x10	5370	1900	65	1835
РУФ-1*	1,0	688x8	3680	1300		470

В настоящее время наряду с приведенными типами выпускают ресиверы линейно-дренажные (РЛД) (табл. 2), циркуляционнозащитные и компаундно-циркуляционные (РКЦ) горизонтального типа.

## 2. Основные технические данные ресиверов типа РЛД

Типо-размер	Вместимость, м <sup>3</sup>	Габаритные и установочные размеры					мм		Масса, кг
		D (диаметр)	H (высота)	B (ширина)	L (длина)	A	d		
РЛД-1,25	1,25	1020x10	2170	1810	2100	1250	450	80	940
РЛД-2	2,0	1020x10	2010	1810	2900	2200	1200	80	ИЗО
РЛД-4	4,0	1220x12	2700	2000	3840	3000	1800	125	1870
РЛД-8	8,0	1600x12	3100	2360	4550	3300	1800	125	3440
РЛД-12,5	12,5	1600x12	3100	2360	6550	5300	2600	125	4400
РЛД-16	16,0	2000x14	3700	2760	5700	4200	2000	150	5740
РЛД-20	20,0	2000x14	3700	2760	6900	5400	2600	150	6580

### Вопросы:

1. Дайте определение ресивера.
2. Устройство линейного ресивера.
3. Где применяют циркуляционный ресивер.
4. Для чего служат защитные ресиверы.

### Тема: Расчет и подбор ресиверов

#### План:

1. Вместимость линейного ресивера.
2. Вместимость циркуляционного ресивера.
3. Вместимость защитных ресиверов.

#### 1. Вместимость линейного ресивера

Вместимость линейного ресивера (м<sup>3</sup>):

а) в автоматизированных насосно-циркуляционных системах с верхней подачей аммиака в приборы охлаждения

$$V_{л.р} = 0,3(V_б + V_{во})/0,8$$

б) в автоматизированных насосно-циркуляционных системах с нижней подачей аммиака в приборы охлаждения и безнасосных системах

$$V_{л.р} = 0,45(V_б + V_{во})/0,8$$

где  $V_б$  – геометрический объем труб батарей, м<sup>3</sup>;

$V_{во}$  – геометрический объем труб воздухоотделителей, м<sup>3</sup>.

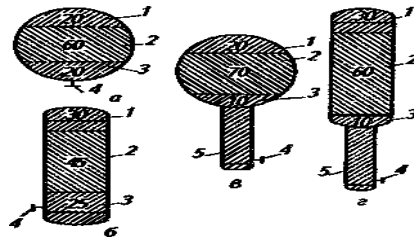


Рис. 3. Расчетные схемы заполнения циркуляционных ресиверов:  
 а-горизонтальной; б-вертикального; в - горизонтального со стояком; г- вертикального со стояком: 1- паровое пространство ресивера  $V_{п.п}$  %; 2-объем для приема жидкого аммиака испарительной системы  $V_{ж}$ ,%;3 - рабочее заполнение ресивера  $V_{р.з}$ . 4 - жидкостный патрубок к насосу; 5-жидкостный стояк.

в) в безнасосных аммиачных схемах с верхним расположением отделителя жидкости и в хладоновых установках

$$V_{л.р} = (1/2-1/3) m_d v_3 / 0,8,$$

где  $1/2 \dots 1/3$  - массовый расход хладагента, проходящего через ресивер, кг/ч;  $v_3$  - удельный объем жидкости при  $t_K$ , м<sup>3</sup>/кг.

В рассольных системах вместимость линейного ресивера должна соответствовать вместимости испарителей по аммиаку.

## 2. Вместимость циркуляционного ресивера

Вместимость циркуляционного ресивера  $V_{ц.р}$ , (м<sup>3</sup>) в схемах с нижней подачей аммиака в приборы охлаждения: вертикального РЦВ и РДВ

$$V_{цр} \geq 2,7(V_{н.т} + 0,2(V_б + V_{во}) + 0,3 V_{вс.т.})$$

вертикального РЦВ со стояком и горизонтального РД, РЛД

$$V_{цр} \geq 2,0(V_{н.т} + 0,2(V_б + V_{во}) + 0,3 V_{вс.т.})$$

горизонтального РД и РЛД со стояком

$$V_{цр} \geq 1,7(V_{н.т} + 0,2(V_б + V_{во}) + 0,3 V_{вс.т.})$$

В схемах с верхней подачей аммиака в приборы охлаждения: вертикального РЦВ

$$V_{цр} \geq 2,7(V_{н.т} + 0,3V_б + 0,5V_{во} + 0,3 V_{вс.т.})$$

вертикального РДВ со стояком и горизонтального РД, РЛД

$$V_{цр} \geq 2,0(V_{н.т} + 0,3V_б + 0,5V_{во} + 0,3 V_{вс.т.})$$

горизонтального РД, РЛД со стояком

$$V_{\text{цр}} \geq 1,7(V_{\text{н.т}} + 0,3V_{\text{б}} + 0,5V_{\text{во}} + 0,3 V_{\text{вс.т}})$$

где  $V_{\text{н.т}}$  - геометрический объем нагнетательного трубопровода аммиачного насоса,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{вс.т}}$  - геометрический объем трубопровода совмещенного отсоса паров и слива жидкости,  $\text{м}^3$ .

### 3. Вместимость защитных ресиверов

Вместимость защитных ресиверов ( $\text{м}^3$ ) определяется по формулам:  
горизонтальных РД, РЦЗ

$$V_{\text{з.р.г}} \geq (V_{\text{б}} + V_{\text{во}}) \cdot 0,4$$

вертикальных РДВ

$$V_{\text{з.р.г}} \geq (V_{\text{б}} + V_{\text{во}}) \cdot 0,5$$

Циркуляционные и защитные ресиверы подбирают отдельно для каждой испарительной системы по температурам кипения. Значения  $V_{\text{б}}$  и  $V_{\text{во}}$  определяют по формуле

$$V_{\text{б(во)}} = Fv/f$$

где  $F$  - площадь поверхности батарей или воздухоохладителей,  $\text{м}^2$ .

#### Вопросы:

1. Вместимость циркуляционного ресивера.
2. Вместимость защитных ресиверов.

### Тема: Маслоотделители и маслособиратели

#### План:

1. Маслоотделители.
2. Барботажный маслоотделитель.

#### 1. Маслоотделители

Если хладагент и масло ограниченно растворяются друг в друге, то масло в виде пленки оседает на теплопередающей поверхности аппаратов и служит дополнительным тепловым сопротивлением, снижая коэффициент теплопередачи. Поэтому для сохранения теплового потока приходится увеличивать температурный напор между средами, повышая температуру конденсации и понижая температуру кипения хладагента. И то, и другое приводит к уменьшению холодопроизводительности и увели-

чению расхода электроэнергии. Для уменьшения количества масла, попадающего в теплообменные аппараты, нужно очищать от него парообразный хладагент. Для этого в установках, работающих на аммиаке, R13 и R22, на нагнетательном трубопроводе между компрессором и конденсатором устанавливается маслоотделитель. Более полное улавливание частиц масла обеспечивается тем, что пар, выходящий из компрессора, охлаждается водой или жидким хладагентом, при этом масло конденсируется и выделяется в жидком виде.

Маслоотделитель с водяным охлаждением и ректификатором показан на рис. 4, а. При входе в маслоотделитель пар резко уменьшает скорость и изменяет свое направление. При соприкосновении со змеевиком 1, охлаждаемым водой, масло почти полностью конденсируется, а для полного отделения пара от масла имеется отбойный слой металлических или керамических колец 2. Для предотвращения конденсации хладагента в змеевик следует подавать воду, уже использованную в конденсаторе или в рубашке компрессора.

## 2. Барботажный маслоотделитель

Барботажный маслоотделитель (рис. 4, б) представляет собой сварной вертикальный цилиндрический сосуд 1 со штуцерами для входа и выхода паров аммиака и для присоединения маслоотделителя к линейному ресиверу. Пар с частицами масла поступает в маслоотделитель сверху по барботажной трубе 2, конец которой опущен на 150...200 мм под слой жидкого аммиака, уровень которого в маслоотделителе поддерживается с помощью уравнительного трубопровода с линейным ресивером. Барботируя через слой жидкости, пар охлаждается, при этом парообразное масло конденсируется и как более тяжелое по сравнению с жидким аммиаком оседает на дно маслоотделителя. К барботажной трубе приварены решетчатые конические отбойники 3, в которых происходит дополнительное отделение частиц масла от паров аммиака. В таких маслоотделителях отделяется 95...97 % масла и только 3...5 % поступает в теплообменные аппараты.

Недостатки барботажных маслоотделителей — их громоздкость, сложность схемы включения, так как для эффективной работы они должны быть заглублены относительно конденсатора в среднем на 1,5 м, поэтому они не могут быть использованы в агрегатированных установках с автоматическим возвратом масла в картер компрессора. В настоящее время в агрегатированных установках применяют маслоотделители двух типов. Первый тип — циклонный с сетчатой набивкой (рис. 4, в). Такой маслоотделитель имеет корпус 1, внутри которого размещены: сетчатая набивка 2 и спиральный направляющий аппарат на цилиндрической вставке 3. Пар проходит сначала через слой сетчатой набивки, а затем, двигаясь вниз по спиральной направляющей, получает вращательное движение. В результате действия центробежной силы капли масла выделяются из потока пара и оседают на стенках корпуса. При выходе из спирального направляющего аппарата направление движения потока меняется на  $180^\circ$  и пар поступает по внутренней трубе снизу вверх к выходному патрубку. Отделившееся масло собирается в нижней части корпуса, откуда с помощью поплавкового устройства 4 отводится в картер компрессора.

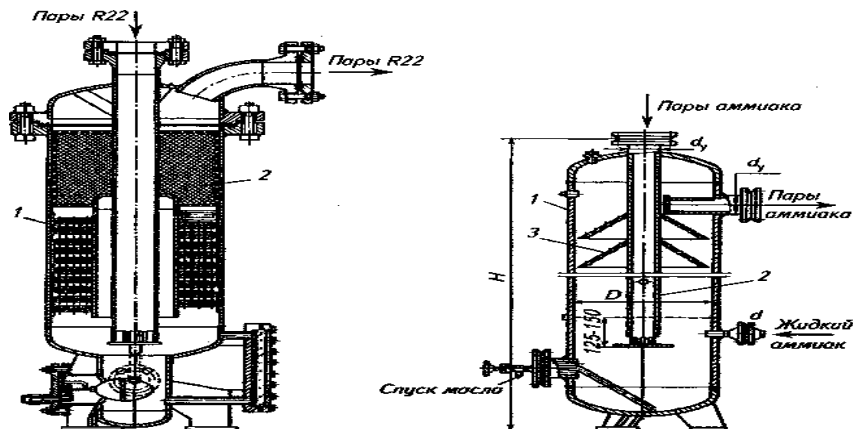


Рис.4. Маслоотделитель с водяным охлаждением

**Вопросы:**

1. Устройство барботажного маслоотделителя.
2. Устройство маслоотделителя с водяным охлаждением.

**Тема: Отделители жидкости. Промежуточные сосуды**

**План:**

1. Отделители жидкости.
2. Промежуточные сосуды.

**1. Отделители жидкости**

Отделители жидкости применяют в аммиачных холодильных установках для отделения жидкости от пара, полученного при дросселировании, и пара от унесенных из испарителя капель жидкости, вследствие чего обеспечивается «сухой ход» компрессора. В отделителе жидкости (рис. 5 и табл. 3) — сварном вертикальном сосуде — в результате резкого изменения направления движения и уменьшения скорости пара до 0,5 м/с жидкий аммиак и масло выпадают на дно сосуда. При этом пары аммиака осушаются и из верхней части отделителя отсасываются компрессором, а жидкость, имеющая большую удельную массу, собирается внизу и поступает затем в испарительную систему. К нижней части сосуда приварен маслосборник, где собирается выделившееся из хладагента масло; его периодически выпускают. Во избежание стока масла в испарительную систему жидкостная труба входит на некоторую высоту внутрь сосуда. В отделителях жидкости ОЖМ в нижней части установлен змеевик для обогрева горячим паром хладагента в период слива масла.

Отделители жидкости устанавливают на всасывающей линии компрессора как выше заливаемых приборов охлаждения, так и ниже их. В последнем случае жидкость в приборы охлаждения подается аммиачным насосом. Снаружи аппарат покрывают тепловой изоляцией.

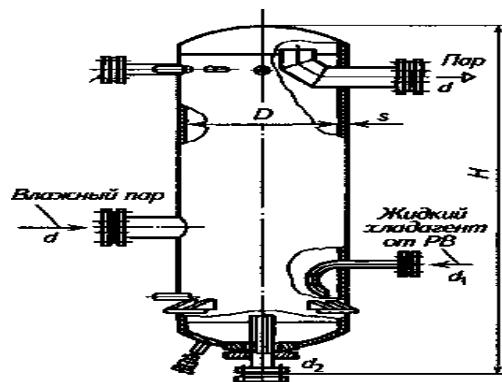


Рис. 5. Отделитель жидкости

Таблица 3 - Основные технические данные отделителей жидкости

Типоразмер	Диаметр корпуса Dxs, мм	Высота H, мм	Диаметры штуцеров, мм			Масса, кг
			d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	
70ОЖВ	426x9	1725	70	20	40	185
100 ОЖГ	500x8	2060	100	32	40	244
125 ОЖГ	600x8	2100	125	32	80	310
150 ОЖГ	800x8	2710	150	50	80	540
200 ОЖГ	1000x10	2815	200	50	125	940
250 ОЖМ	1000x10	2935	250	32	50	960
300 ОЖМ	1200x12	3045	300	50	50	1370

Условные обозначения : цифры перед буквами - диаметр штуцеров для входа и выхода пара; О - отделитель; Ж - жидкость; В - вертикальный; Г, М - условное обозначение исполнения.

## 2. Промежуточные сосуды

Промежуточные сосуды применяют в холодильных установках двухступенчатого сжатия для охлаждения паров хладагента после сжатия в первой ступени до температуры, соответствующей промежуточному давлению или практически до  $t_{вс} = t_{пр} + 5...10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Промежуточный сосуд для аммиака типа ПСЗ (рис. 6, а) представляет собой стальной цилиндр 1 с верхним и нижним доньшками и штуцерами для входа и выхода паров аммиака и жидкости. Пар из компрессора первой ступени (ЦНД) по центральной, барботажной трубе 2 поступает под уровень жидкого аммиака

и при этом охлаждается; освобожденный от частиц масла, он поднимается вверх, проходит через конусные перфорированные отбойники 3, где улавливаются капли жидкого аммиака, и через боковой штуцер отсасывается цилиндром высокого давления. Жидкий аммиак после первого регулирующего вентиля при промежуточном давлении и промежуточной температуре поступает в верхнюю часть барботажной трубы и стекает, частично выкипая при охлаждении пара, в нижнюю часть сосуда,



где имеется змеевик 4, в котором поступающий из конденсатора или линейного ресивера жидкий аммиак охлаждается почти до промежуточной температуры  $t_{зм} = t_m + (2...3) ^\circ\text{C}$ , а затем направляется к регулирующему вентилю. Промежуточные сосуды снабжаются манометром, предохранительным клапаном, указателем уровня 5. В нижней части сосуда имеется угловой вентиль диаметром 10 мм для выпуска масла.

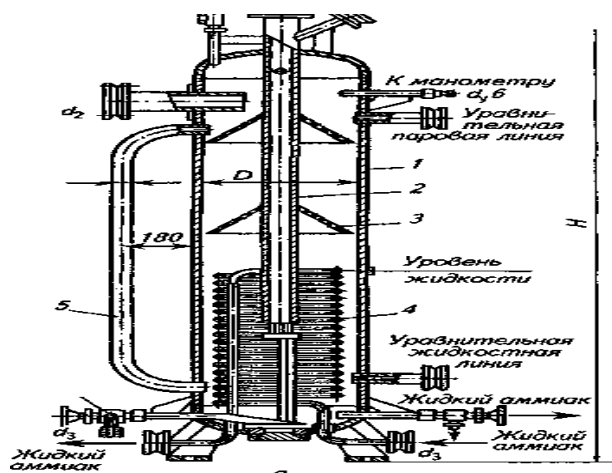


Рис. 6. Промежуточный сосуд

### Вопросы:

1. Устройство отделителя жидкости.
2. Устройство промежуточного сосуда.

## Тема: Воздухоотделители

### План:

1. Воздухоотделитель.
2. Принцип работы воздухоотделителя.

### 1. Воздухоотделитель

В системе холодильной установки вместе с хладагентом могут находиться различные газы, не конденсирующиеся при давлениях и температурах, имеющих место в холодильных машинах. Так как главная часть газов — воздух, то их называют воздухом.

Воздух попадает в систему следующим образом: 1) при вскрытии компрессоров и аппаратов во время ремонта; 2) при давлениях в испарительной системе ниже атмосферного; 3) при работе компрессора с закрытым всасывающим вентилем засасывается через сальник; 4) некоторое количество воздуха остается в системе после ее монтажа; 5) во время первоначального заполнения системы хладагентом.

### 2. Принцип работы воздухоотделителя

Воздух обычно скапливается в конденсаторе и линейном ресивере и вызывает повышение давления в конденсаторе и уменьшение коэффициента теплопередачи кон-

денсатора, что уменьшает холодопроизводительность установки и повышает расход электроэнергии. Для выпуска его из системы служат воздухоотделители различных конструкций. Наиболее простой по устройству двухтрубный, устанавливаемый над линейным ресивером ВТ-1 (см. рис. 7, а). Воздушно-аммиачная смесь поступает из линейного ресивера в кольцевое межтрубное пространство через патрубок 5, а во внутреннюю трубу через регулирующий вентиль 3 поступает жидкий хладагент, который, испаряясь, охлаждает воздушно-аммиачную смесь. Образовавшиеся пары хладагента через вентиль 1 отсасываются через отделитель жидкости компрессором. Соприкасаясь с холодной поверхностью внутренней трубы, воздушно-аммиачная смесь охлаждается, пар конденсируется таким образом отделяется от воздуха, который с небольшим количеством не сконденсировавшегося пара выпускается через вентиль 2 в атмосферу через сосуд с водой, а конденсат по патрубку 5 отводится в линейный ресивер. Для улучшения теплоотдачи от смеси к внутренней трубе ее наружную поверхность одобряют проволокой. Недостатки двухтрубного воздухоотделителя ВТ-1 - повышенная потеря хладагента из-за недостаточного охлаждения смеси и неполной конденсации пара из-за притока теплоты через внешнюю трубу и невозможность автоматизации работы аппарата.

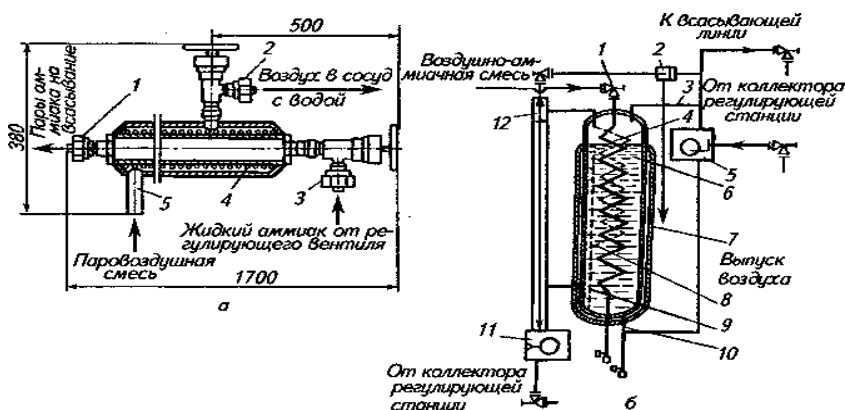


Рис. 7. Воздухоотделители

1 — вентиль для отсоса паров хладагента; 2 — вентиль для выпуска воздуха в атмосферу через воду; 3 — регулирующий вентиль; 4 — внутренняя оребренная труба; 5 — патрубок для подвода паровоздушной смеси и отвода конденсата; б — автоматический АВ-4: 1 — вентиль; 2 — мембранный клапан; 3, 9, 10 — трубки; 4 - змеевики; 5, 11 — поплавковые регуляторы; 6, 7 — сосуды; 12 — клапан для выпуска воздуха.

### Вопросы:

1. Как попадает воздух в систему.
2. Устройство воздухоотделителя.

### Тема: Фильтры осушители

#### План:

1. Газовый фильтр.
2. Жидкостные фильтры.
3. Фильтры-осушители.

## 1. Газовый фильтр

Фильтры бывают паровые (газовые), жидкостные и масляные.

Газовый фильтр – грязеуловитель (рис. 8, а) – устанавливают на всасывающей стороне компрессора в непосредственной близости от него для защиты цилиндров от попадания в них загрязнений (ржавчины, окалины), которые создают риски и задиры на зеркале цилиндра. Он состоит из сварного корпуса с двумя штуцерами, расположенными под углом 90 °С, и крышки. В корпус 1 вставлен фильтрующий патрон, обтянутый двойной мелкой стальной сеткой 2 на каркасе, который при снятой крышке 3 можно вынуть для очистки. По бокам корпуса предусмотрены два штуцера для подключения манометров для измерения давления внутри фильтрующего патрона и снаружи. По разности давлений определяют степень загрязнения фильтра. Газовые фильтры марки Г выпускают трех типоразмеров: 125Г, 200Г и 300Г. Число в марке обозначает условный проход Ду.

## 2. Жидкостные фильтры

Жидкостные фильтры устанавливают на жидкостной линии перед автоматическими приборами для защиты их от загрязнений ржавчиной и окалиной. Выпускают жидкостные фильтры типа Ф (рис. 8, б). Корпус 1 этих фильтров выполнен из бесшовного стального патрубка, внутрь которого вставлено фильтрующее устройство 2. Фильтрующее устройство представляет собой металлический каркас из перфорированного стального листа толщиной 0,8... 1 мм с отверстиями диаметром 10 мм, на котором крепится мелкая фильтрующая сетка С 120. К корпусу присоединяют фланцы 3 с помощью сквозных шпилек 4. Для осмотра и промывки фильтрующего элемента его снимают с трубопровода вместе с корпусом. Выпускают фильтры типа Ф шести типоразмеров: 15 Ф, 20 Ф, 25 Ф, 30 Ф, 40 Ф, 50 Ф. На рис. 117, в показан газовый фильтр для R134a.

В аммиачных газовых и жидкостных фильтрах применяют стальные сетки с ячейками размером 0,4 мм, в фреоновых — латунные сетки с ячейками для пара 0,22 мм, для жидкости — 0,1 мм. Кроме латунных сеток используют ткани (войлок, сукно, фетр, фильтромиткаль и др.) или спекшиеся бронзовые шарики диаметром 0,2...0,3 мм.

## 3. Фильтры-осушители

Фильтры-осушители применяют во фреоновых холодильных установках для поглощения из фреона влаги, которая может попасть в систему при монтаже, ремонте или при эксплуатации, если в системе давление ниже атмосферного. В качестве материала, поглощающего влагу, используется помещенный в цилиндрический сосуд гранулированный силикагель (SiO<sub>2</sub> — оксид кремния) с зернами 3...5. Он поглощает до 40 % воды (по отношению к своей массе). Поглотительная способность силикагеля восстанавливается прокаливанием его при температуре выше 200 °С или продуванием сухого воздуха, нагретого до 200...220 °С.

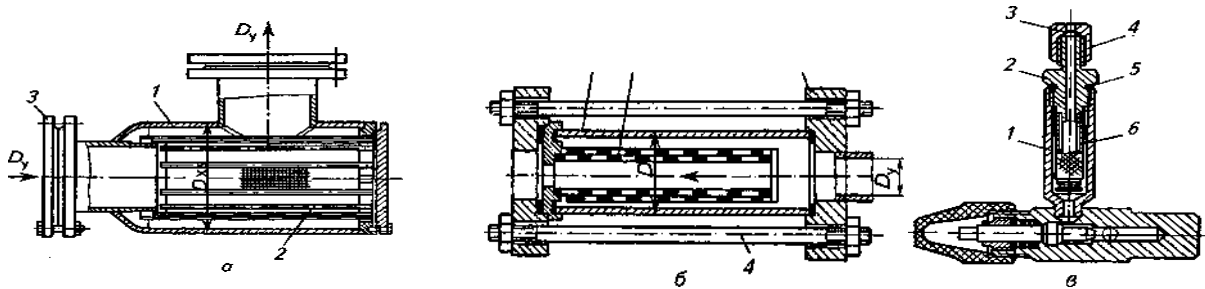


Рис. 8. Фильтры сетчатые

а — газовый аммиачный: 7 — корпус; 2—сетка; 3 — крышка; б — жидкостный аммиачный: 7 —корпус; 2 — фильтрующее устройство; 3 — фланец; 4 —шпилька; в— газовый для R134а: 7 —корпус; 2—штуцер; 3 — заглушка; 4 — накидная гайка; 5-прокладка; 6—латунная сетка

### Вопросы:

1. Устройство газового фильтра.
2. Устройство жидкостного фильтра.
3. Устройство фильтра-осушителя .

## Тема: Насосы

### План:

1. Водяные и рассольные насосы.

Насосы — это гидравлические машины, предназначенные для перемещения жидкостей. В холодильной установке используют центробежные насосы, в которых механическая энергия электродвигателя превращается в кинетическую и потенциальную энергию потока жидкости. Объемное количество жидкости, подаваемой насосом в единицу времени, называют подачей или расходом  $V$  (м<sup>3</sup>/с). Приращение механической энергии, получаемое каждым килограммом протекающей через насос жидкости, т. е. разность удельных энергий жидкости при входе и выходе из насоса, называют напором  $H$ . Напор выражается в метрах столба подаваемой жидкости или в паскалях.

### 1. Водяные и рассольные насосы

Для подачи воды и рассола применяют одноступенчатые центробежные насосы типа К (консольный) (рис. 9). Насос состоит из корпуса 2 с крышкой 1, рабочего лопастного колеса 5, вала 10, уплотнения вала 14, опорной стойки 13. Корпус насоса литой, чугунный. Рабочая полость корпуса выполнена в виде спирали с диффузионным каналом и нагнетательным патрубком 3, расположенным под углом 90° по отношению к оси насоса. Всасывающий патрубок 17, крышка 1 и рабочее колесо 5 также отлиты из чугуна. Рабочее колесо закреплено на валу с помощью шпонки и гайки 6. Уплотнение рабочего колеса осуществляется уплотнительными кольцами 16. Вал 10 стальной, опирается на шариковые подшипники 11, 12, запрессованные в опорной стойке 13. Подшипники смазываются маслом, заливаемым в корпус опорной стойки.

Уплотнение вала насоса состоит из корпуса 7, грундбуксы 9, набивки 8 и кольца гидравлического управления 15. Для выпуска воздуха из рабочей полости насоса предназначено отверстие, закрытое пробкой 4.

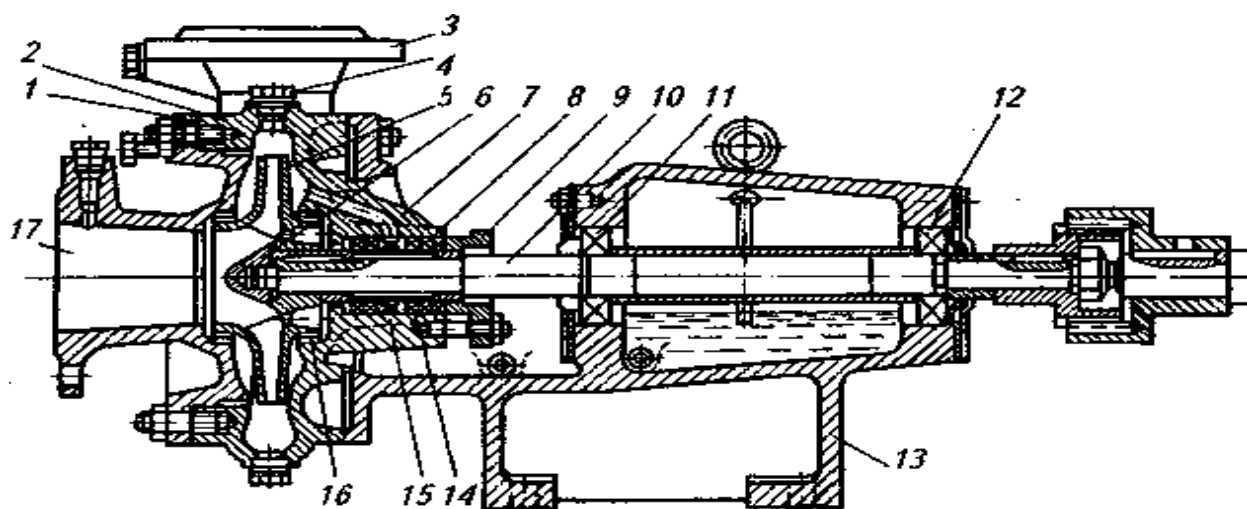


Рис. 9. Центробежный насос типа К:

1 — крышка; 2 — корпус насоса; 3 — нагнетательный патрубок; 4 — пробка; 5 — рабочее колесо; 6 — гайка; 7 — корпус уплотнения вала; 8 — набивка; 9 — грундбукса; 10 — вал; 11, 12 — шарикоподшипники; 13 — опорная стойка; 14 — уплотнение вала; 15 — гидравлическое уплотнение; 16 — уплотнительное кольцо; 17 — всасывающий патрубок

### Вопросы:

1. Определение насоса.
2. Устройство насоса.

### Тема: Арматура и трубы

#### План:

1. Регулирующие вентили.
2. Запорные вентили.

К запорной арматуре относятся регулирующие, запорные проходные и угловые вентили, задвижки, обратные и предохранительные клапаны.

#### 1. Регулирующие вентили

Регулирующие вентили служат для дросселирования жидкого хладагента от давления конденсации до давления кипения, а также для регулирования подачи жидкости в испарительную систему. Аммиачный регулирующий вентиль (рис. 10, а) состоит из чугунного корпуса 1 с перегородкой, которая служит седлом клапана; клапана 2, шпинделя 3, крышки 4, сальника 5, нажимной втулки 6 и маховика 7. Мелкая резьба на шпинделе и специальная конструкция клапана (удлиненный конус) обес-

печивают плавное регулирование подачи жидкости. Уплотнение шпинделя достигается с помощью сальниковой набивки.

На трубопроводах малых диаметров устанавливают вместо регулирующих вентилях проходные или угловые запорные вентили. Их применяют в качестве запорной арматуры на паровых и жидкостных линиях. Конструкция запорных аммиачных вентилях зависит от диаметра условного прохода, что облегчает обслуживание обслуживания холодильной машины. Аммиачные цапковые вентили диаметром 6; 10; 15 мм (рис. 10) имеют стальной кованый корпус прямоугольной формы с нарезными штуцерами. Клапаном служит нижняя часть шпинделя, обработанная на конус и притертая к седлу.

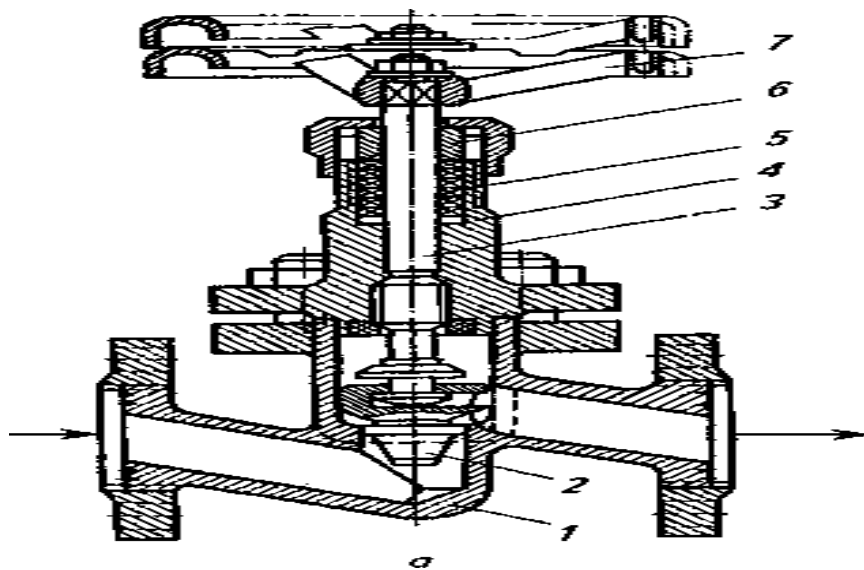


Рис. 10. Регулирующие вентили для аммиака:

а — фланцевый; б — цапковый; 1 — корпус; 2 — клапан; 3 — шпиндель; 4 — крышка; 5 — уплотнение шпинделя; 6 — нажим

## 2. Запорные вентили

Запорные вентили для аммиака диаметром 19-250 мм имеют литой чугунный корпус, чугунный клапан с направляющими ребрами, свободно надетый на шпиндель. В вентилях диаметром до 125 мм резьба шпинделя выполнена внутри нижней части крышки а вентили диаметром 150...250 мм имеют для шпинделя траверсу на колонках.

Запорные вентили для фреонов, кроме сальника, имеют над шпинделем глухой колпачок для предупреждения утечки фреона через сальник. Регулирующие и запорные вентили необходимо устанавливать так, чтобы хладагент протекал под клапан; в противном случае возникает большая нагрузка на сальник и клапан, что может привести к утечкам хладагента и обрыву клапана.

Бессальниковые сильфонные или мембранные вентили (рис. 11) применяют в хладонных и аммиачных холодильных установках. У таких вентилях при движении шпинделя растягивается или сжимается уплотняющий сильфон либо прогибается мембрана 8. Такие вентили просты при обслуживании, но в случае неисправности сильфона или мембраны возможен внезапный прорыв хладагента.

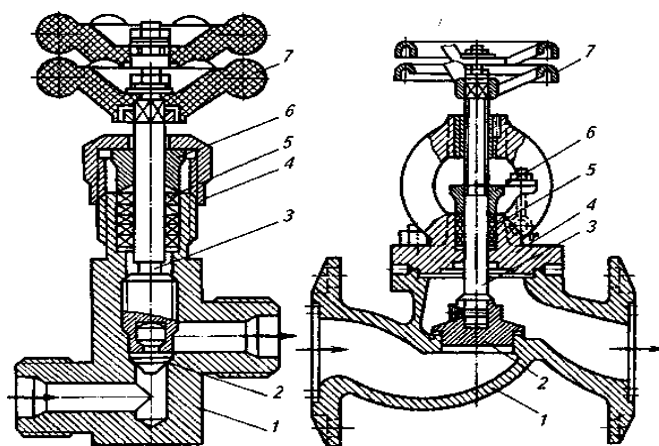


Рис. 11. Запорные вентили для аммиака:

а — цапковый; б — фланцевый; 1 — корпус; 2 — клапан; 3 — шпindelь; 4 — крышка; 5 — уплотнение шпинделя; 6 — нажимная втулка; 7 — маховик

### Вопросы:

1. Устройство регулирующего вентиля.
2. Устройство запорного вентиля.

## Тема: Назначение и классификация холодильников

### План:

1. Особенности холодильников.
2. Производственные холодильники.
3. Холодильники специального назначения.

Холодильник – это промышленное сооружение или устройство, предназначенное для охлаждения, замораживания и хранения скоропортящейся продукции или иных грузов при требуемых температурно-влажностных режимах.

### 1. Особенности холодильников

Холодильники имеют характерные особенности.

1. В них обрабатываются и хранятся ценные скоропортящиеся продукты, для сохранения которых требуется поддерживать в камерах температуры ниже температуры наружной окружающей среды.

2. Теплота и влага наружного воздуха стремятся проникнуть в холодильник; для уменьшения проникновения теплоты и влаги внутрь помещений необходимо создавать специальные конструкции ограждения.

3. Большой объем перемещаемых грузов и необходимость быстрой их разгрузки связаны с необходимостью широкого применения транспортных устройств.

К ним предъявляют высокие санитарные требования.

Наличие разнообразных холодильных предприятий отвечает задачам осуществления непрерывной холодильной цепи. Холодильной цепью называют совокупность

холодильников различных типов и организацию взаимной связи между ними, благодаря чему пищевые продукты (начиная с момента производства и кончая потреблением) находятся при постоянном воздействии низких температур. Отдельные типы холодильников являются звеньями непрерывной холодильной цепи.

Холодильники можно классифицировать по различным признакам.

Прежде всего, холодильники различают по целевому назначению. Эта классификация наиболее полно отражает особенности работы холодильников и их оборудования.

По целевому назначению различают холодильники производственные, распределительные, портовые, базисные, торговые, транспортные, бытовые и специального назначения.

## **2. Производственные холодильники**

Их строят при пищевых предприятиях, перерабатывающих скоропортящиеся продукты. Такие холодильники служат для первичной тепловой обработки и кратковременного хранения сырья и продуктов производства этих предприятий. Производственные холодильники имеют сравнительно мощное холодильное оборудование, так как из-за наличия охлаждающих и замораживающих устройств требуется значительный расход холода. Работа холодильников этого типа характеризуется неравномерностью (часто значительной), связанной с сезонностью заготовки пищевых продуктов.

Холодильники данного типа могут быть самостоятельным предприятием в месте заготовки (например, заготовительным птицы) или цехом какого-либо пищевого предприятия (рыбокомбината, мясокомбината, молочного комбината).

Распределительные холодильники. Их строят в городах и промышленных центрах. Такие холодильники предназначены для круглогодичного снабжения населения скоропортящимися продуктами. На распределительные холодильники грузы поступают с производственных холодильников. Грузы, отеплившиеся в пути, доохлаждаются и домораживаются в камерах распределительных холодильников. Если на одной территории с холодильными складами размещены другие производства, потребляющие холод (например, льдозавод, фабрика мороженого и т. п.), то предприятие называют хладокомбинатом.

Базисные холодильники. Предназначены для долгосрочного хранения продуктов с целью создания резервов. Эти холодильники имеют большие вместимости камер хранения грузов и незначительную производительность охлаждающих и замораживающих устройств. На таких холодильниках предъявляют повышенные требования к постоянству поддержания температурно-влажностных режимов в охлаждаемых помещениях.

Портовые холодильники. Служат для хранения скоропортящихся продуктов в местах перегрузки их с одного вида транспорта на другой (например, с водного на железнодорожный); они имеют увеличенную площадь вспомогательных помещений для сортировки и осмотра груза. На этих холодильниках должна быть высокая степень механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Торговые холодильники. Их строят при предприятиях торговли и общественного питания. Такие холодильники предназначены для краткосрочного хранения продуктов перед их реализацией. Торговые холодильники обычно имеют небольшое число камер и сравнительно высокие температуры хранения от +5 до —5 °С. К торговым



холодильникам относятся также холодильные шкафы торгового типа, охлаждаемые прилавки и витрины, сборные камеры.

Транспортные холодильники. Предназначены для транспортировки продуктов при низких температурах. К ним относятся рефрижераторные суда, авторефрижераторы, рефрижераторные поезда, воздушный холодильный транспорт. Транспортные холодильники могут выполнять функции производственных холодильников, например промысловые суда-рефрижераторы. Отличительная особенность этих холодильников – широкий диапазон поддержания температур в охлаждаемых помещениях, а также снижение требований к точности поддержания параметров воздушной среды.

Бытовые холодильники. Служат для краткосрочного хранения скоропортящихся продуктов в быту и являются последним звеном в непрерывной холодильной цепи. Они имеют полностью автоматизированную холодильную машину, красивую внешнюю отделку.

### **3. Холодильники специального назначения**

Предназначены для хранения медицинских препаратов, мехов и т. д. Планировка таких холодильников и температурный режим зависят от назначения холодильника.

Классификация холодильников по назначению в некоторой степени условна, так как функции холодильников могут меняться. Например, производственный холодильник может выполнять функции распределительного.

Холодильники можно классифицировать по вместимости или объему камер хранения, а также по производительности устройств для охлаждения и замораживания.

За рубежом объем холодильников характеризуется объемом камер хранения в кубических метрах. В нашей стране размер только домашних холодильников и торгового холодильного оборудования оценивается и в кубических дециметрах, и в кубических метрах. Размеры промышленного холодильника определяются вместимостью — массой груза (в тоннах), который может одновременно храниться в охлаждаемых камерах холодильника.

В зависимости от объемной массы груза, его упаковки и способа укладки разные продукты занимают разный объем и имеют разную плотность укладки. Так, в 1 м<sup>2</sup> грузового объема холодильной камеры размещается 0,3...0,45 т мороженого мяса, уложенного в штабели, и 0,63...0,7 т масла в ящиках, т. е. при размещении одной и той же массы груза размеры камер для мороженого мяса должны быть в 1,5...1,8 раза больше, чем размеры камер для масла. Поэтому, чтобы по вместимости можно было судить о размерах холодильника, введено понятие условной вместимости.

За условную вместимость принимают вместимость холодильника при загрузке его мороженым мясом в полутушах и четвертинах с плотностью укладки 0,35 т на 1 м<sup>3</sup>.

По условной вместимости холодильники подразделяются на малые, имеющие вместимость от 250 до 1000 уел. т, средние – от 1000 до 5000 уел. т и крупные – свыше 5000 уел. т. Вместимость производственных помещений в общую вместимость холодильника, как правило, не включают. Другая важная характеристика холодильника – производительность оборудования для осуществления основных технологических процессов холодильной обработки. Производительность (производственная мощность) холодильника определяется массой продуктов, обрабатываемых в единицу времени (т/ч, т/смену, т/сут). Принято считать, что производительность

помещений или оборудования для тепловой обработки продуктов до 20 т/сут малая, от 20 до 100 т/сут средняя, свыше 100 т/сут крупная.

По этажности холодильники делятся на одно- и многоэтажные. Первые более просты по конструкции, имеют большой фронт грузовых работ, допускают применение комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ, позволяют увеличить норму нагрузки на 1 м<sup>2</sup> площади пола и соответственно высоту камер до 12 м. Это создает предпосылки к строительству одноэтажных холодильников любой вместимости. Строительные конструкции одноэтажного холодильника легче (а, следовательно, дешевле), так как они не несут нагрузки от уложенных грузов; по этой причине они могут быть построены значительно быстрее.

Однако одноэтажные холодильники занимают большую площадь, нуждаются в искусственном подогреве грунта под низкотемпературными камерами, имеют большие поверхности наружных ограждений, из-за которых увеличивается теплоприток (в среднем на 30 %) и приблизительно на столько же возрастают потери продуктов от усушки по сравнению с потерями в многоэтажных холодильниках такой же вместимости.

В многоэтажных холодильниках рациональным выбором размеров здания и принципа размещения камер можно избежать искусственного подогрева грунта и уменьшить теплопритоки в холодильник. Вместе с тем строительные конструкции многоэтажных холодильников имеют более высокую стоимость, и механизация грузовых операций усложняется. Многоэтажными строят холодильники вместимостью от 10 000 т и выше.

### **Вопросы:**

1. В чем состоит назначения холодильника.
2. Назовите особенности холодильников различного типа.

## **Тема: Назначение теплоизоляционных материалов требования предъявляемые к ним**

### **План:**

1. Свойства теплоизоляционных материалов.

Отличительная особенность холодильников – наличие тепловой изоляции наружных и внутренних ограждений. Благодаря тепловой изоляции значительно уменьшается количество теплоты, поступающей в охлаждаемые помещения. При строительстве холодильника на создание изоляции приходится 25...40 % стоимости всего сооружения. Поэтому правильному выбору тепловой изоляции и выполнению изоляционных конструкций следует уделять большое внимание. Некачественная изоляция может привести к невозможности поддержания требуемых параметров воздушной среды, усушке и порче продуктов, а также к увеличению расхода энергии на производство холода.

### **1. Свойства теплоизоляционных материалов**

Теплоизоляционный материал состоит в основном из каркаса твердого вещества, образующего оболочку пор, и воздуха или другого газа, заполняющего эти поры. Наличие пор представляет собой характерную особенность теплоизоляционных ма-

териалов. В пористых телах передача теплоты в большей степени осуществляется конвекцией. Поэтому менее теплопроводны материалы с мелкими замкнутыми порами, в которых движение газа в порах практически отсутствует. Теплоизоляционные материалы работают в тяжелых метеорологических условиях, подвергаются переменному воздействию влаги и низких температур.

Поэтому необходимо применять качественные теплоизоляционные материалы, сохраняющие свои свойства длительное время. Они должны иметь следующие свойства.

Теплоизоляционные материалы должны характеризоваться низкой способностью проводить теплоту, т. е. иметь малый коэффициент теплопроводности  $\lambda$ . Это предполагает и малую объемную массу материала  $\rho$ . Коэффициент теплопроводности и объемная масса взаимно связаны с неоднородностью структуры теплоизоляционного материала. По причине неоднородности структуры материала в качестве характеристики используют не плотность, а объемную массу, представляющую собой отношение массы к объему. Коэффициент теплопроводности изоляционных материалов, имеющих пористую структуру, определяется соотношением между количеством газа внутри пор, имеющего низкий коэффициент теплопроводности, и количеством вещества в твердой структуре материала. Нормативными документами рекомендуется применять в качестве изоляции помещений с отрицательными температурами материалы.

Теплоизоляционные материалы должны противостоять грызунам. Изоляция должна быть защищена от грызунов и не привлекать их.

Теплоизоляционные материалы должны характеризоваться достаточной механической прочностью. Они должны выдерживать неизбежные при погрузке, выгрузке и транспортировке продуктов удары, вибрации и т. п.

Теплоизоляционные материалы должны легко обрабатываться обычными режущими инструментами.

Теплоизоляционные материалы должны иметь небольшую стоимость, так как стоимость теплоизоляционного материала в значительной степени влияет на капитальные затраты при строительстве холодильника.

Материалов, в полной степени удовлетворяющих этим требованиям, нет. Поэтому при выборе теплоизоляционного материала следует учитывать реальную возможность получения материала на месте строительства, а также назначение и значимость объекта строительства.

Классификация теплоизоляционных материалов по отдельным признакам позволяет более точно выбирать необходимый вариант для определенного объекта.

### **Вопросы:**

1. В чем состоит назначение теплоизоляции.
2. Назовите свойства изоляции.

### **Тема: Классификация и свойства теплоизоляционных материалов**

#### **План:**

1. Эффективность теплоизоляционных материалов.

По эффективности теплоизоляционные материалы подразделяются на четыре группы.

Высокоэффективные материалы с коэффициентом теплопроводности в сухом состоянии до 0,045 Вт/(м · К) и с объемной массой до 100 кг/м<sup>3</sup>.

Эффективные материалы с коэффициентом теплопроводности от 0,045 Вт/(м · К) и с объемной массой 100...350 кг/м<sup>3</sup>.

Материалы средней эффективности с коэффициентом теплопроводности от 0,080 до 0,180 Вт/(м · К) и с объемной массой 650 кг/м<sup>3</sup>.

Материалы низкой эффективности с коэффициентом теплопроводности от 0,180 до 0,350 Вт/(м · К) и с объемной массой 1000 кг/м<sup>3</sup>.

В качестве теплоизоляционных применяют материалы первых трех групп. Материалы четвертой группы относятся к легким строительным материалам и в качестве теплоизоляционных используются в том случае, если являются местными материалами.

Внутри каждой из этих групп материалы классифицируют по нескольким признакам. По происхождению или по исходному сырью их подразделяют на две группы: органического и неорганического (минералы, металлы) происхождения. С учетом температурной области использования различают теплоизоляционные материалы:

для низких температур (отрицательные температуры и до 80 °С);

для высоких температур (от 80 до 500 °С).

По внешнему виду теплоизоляционные материалы подразделяются на несколько групп.

Штучные жесткие изделия, имеющие определенные размеры и форму (плиты, блоки, скорлупы и фасонные изделия).

Штучные гибкие изделия. Они имеют определенные размеры, а форму их можно изменять (маты, листы, рулоны и шнуры).

Сыпучие или засыпные материалы, представляющие собой рыхлую бесформенную массу с произвольным расположением частиц (шлак, опилки, волокна и нити).

Материалы, получаемые в процессе выполнения теплоизоляционных работ, например заливкой исходной смеси в изолируемое пространство или напылением на изолируемую поверхность.

В настоящее время высокоэффективные теплоизоляционные материалы широко применяют при строительстве холодильников, особенно из легких металлических конструкций. Благодаря малой объемной массе их используют в первую очередь в транспортных и других передвижных установках, в устройствах и аппаратах, для которых на первое место выдвигается требование минимальной массы. Кроме того, высокоэффективные материалы применяют в установках с переменным тепловым режимом, так как они характеризуются малой тепловой инерцией.

Материалы этой группы можно разделить на несколько подгрупп.

Органические естественные материалы (растительные волоски, пух). В настоящее время их практически не применяют.

Органические искусственные материалы. К ним относятся пенопласты, получаемые путем вспенивания синтетических смол.

Пенопласты имеют мелкие замкнутые поры. В зависимости от характера технологического процесса изготовления они могут быть жесткими, полужесткими и эластичными с порами необходимого размера.

Пенопласты делятся на термопластичные, размягчающиеся при повторных нагреваниях (пенополистиролы), и термонеобратимые, отвердевающие и не размягчающиеся при повторных нагреваниях (пенополиуретаны и материалы на основе фенолофор-мальдегидных и эпоксидных смол).

Пенополистирол марок ПСБ и ПСБ-С представляет собой плотный мелкопористый материал, характеризующийся высокой водостойкостью и малой гигроскопичностью. Он не теряет своих высоких механических качеств в условиях переменного воздействия высоких и низких температур. Пенополистиролы имеют высокие теплоизоляционные свойства, характеризуются морозостойкостью и очень малой влаго- и паропроницаемостью, не поражаются грибами, грызунами и не гниют; некоторые виды пенополистирола трудновозгораемы (ПСБ – самозатухающий материал).

### **Вопросы:**

1. Назовите 4 группы теплоизоляционных материалов

## **Тема: Гидро – и пароизоляционные материалы**

### **План:**

1. Теплоизоляционные материалы.
2. Пароизоляционные материалы.

### **1. Теплоизоляционные материалы**

Увлажнение теплоизоляционных материалов в ограждениях зданий часто служит причиной резкого ухудшения работы холодильной установки. Подавляющее большинство теплоизоляционных материалов поглощает как парообразную, так и капельную влагу, и поэтому в обычных условиях они являются влажными. Как говорилось выше, теплоизоляционные изделия — это высокопористые материалы. Поры теплоизоляции заполнены воздухом или газом; при увлажнении материала поры насыщаются водой, а при отрицательных температурах она превращается в лед. Так как коэффициент теплопроводности воды значительно выше, чем у воздуха, а льда больше, чем у воды, то увлажнение теплоизоляционного материала приводит к резкому возрастанию теплового потока, проходящего через ограждение.

Влага в ограждение может попадать различными путями:

1) грунтовая влага — вследствие капиллярности материала; 2) атмосферные осадки — при попадании на поверхность ограждений;

3) водяной пар из воздуха — вследствие гигроскопичности материала; 4) конденсация водяного пара из воздуха на холодной поверхности ограждения.

Для защиты изоляционного материала от увлажнения в конструкции ограждения предусматривают слой гидро- или пароизоляционного материала, который ставят с теплой стороны теплоизоляционного слоя.

### **2. Пароизоляционные материалы**

Пароизоляционные материалы должны отвечать следующим требованиям: иметь высокое сопротивление паропрооницанию; не поглощать влагу, что предупреждает гниение материалов и обеспечивает их долговечность; быть температуроустойчивыми, т. е. не быть хрупкими при низких температурах и не размягчаться при температурах до 50 °С; не иметь запаха.

Основной пароизоляционный материал — битум (асфальтовый гудрон), который находит и самостоятельное применение, и служит важнейшей составляющей многих

пароизоляционных материалов. Встречаются природные битумы, но в основном битумы получают искусственным путем в виде жидких и твердых остатков при перегонке нефти. Выпускают твердые битумы (БН) нескольких марок, различающихся главным образом по температуре размягчения. Битум БН-Ш размягчается от прямых солнечных лучей, а БН-V растрескивается при низких температурах. Для теплоизоляционных и пароизоляционных работ чаще всего используют битум БН-V. Битум наносят на чистую сухую поверхность в расплавленном состоянии в один или несколько слоев толщиной от 1 до 5 мм.

Более производительным способом, позволяющим создать пароизоляционный слой более высокого качества, является окраска поверхности битумной эмульсией или битумной мастикой. Битумная эмульсия представляет собой мелкие частицы битума, находящиеся в воде во взвешенном состоянии. В состав эмульсии входят эмульгаторы (мыло, глина и др.), обволакивающие поверхности частиц битума тонкой оболочкой и тем самым препятствующие слипанию их в крупные частицы. Эмульсию наносят на поверхность разбрызгиванием из пульверизатора. После испарения воды частицы битума слипаются в сплошную ровную пленку.

Широко применяют битумные мастики, представляющие собой смесь битума с наполнителями, придающими мастикам эластичность (асбест, мелкий или молотый песок, известь и др.). Особенно целесообразно применять битумные мастики в качестве пароизоляционного материала для пароизоляции холодных трубопроводов.

К оклеенным пароизоляционным материалам относятся различные битумные и небитумные рулонные и листовые материалы. Битумными материалами с органической основой являются пергамин и рубероид. Пергамин – это кровельный картон, пропитанный легкоплавким битумом, с толщиной листов 0,5...0,7 мм. Рубероид – кровельный картон, пропитанный легкоплавким битумом и с одной или двух сторон покрытый слоем тугоплавкого битума, в связи с чем рубероид называют покровным рулонным материалом, а пергамин – беспокровным. Толщина рубероида 1,5 мм.

### **Вопросы:**

1. В чем состоит назначение пароизоляции.
2. Приведите классификацию пароизоляционных материалов.

### **Тема: Теплоизоляционные конструкции холодильников**

#### **План:**

1. Требования к изоляционным конструкциям холодильников.
2. Наружные ограждающие конструкции холодильника.

#### **1. Требования к изоляционным конструкциям холодильников**

Изоляционные конструкции ограждений холодильников представляют собой многослойную систему, состоящую из строительных, теплоизоляционных, пароизоляционных и отделочных материалов.

К изоляционным конструкциям холодильников предъявляют следующие требования:

толщина теплоизоляционного слоя ограждения должна соответствовать нормативному коэффициенту теплопередачи данного ограждения;

строительно-изоляционная конструкция должна предусматривать непрерывный слой тепло- и гидроизоляции;

теплоизоляционный слой ограждения должен быть защищен от увлажнения;

тепло- и гидроизоляция должны надежно крепиться к строительным конструкциям и быть защищены от механических повреждений;

изоляционная конструкция должна быть огнестойкой;

теплоизоляция должна быть защищена от грызунов;

конструкция ограждения должна быть экономичной.

Для создания непрерывного слоя гидро и теплоизоляции стен соединяют с изоляцией пола и покрытия. Для защиты от грызунов под штукатуркой на высоту 0,7 м от пола устанавливают мелкую металлическую сетку с загибом ее под пол. Для предупреждения распространения огня в теплоизоляционный слой укладывают противопожарные пояса из негорючего материала, разделяя слой изоляции на отдельные отсеки.

## 2. Наружные ограждающие конструкции холодильника

Типовые наружные ограждающие конструкции холодильника (стены, покрытия) показаны на рис. 12. Наружные стены холодильника состоят из наружного защитного слоя, который одновременно может быть несущим, и внутреннего — гидро и теплоизоляционного. Наружный слой выполняют из сборных железобетонных панелей, панелей из стальных или алюминиевых профилированных листов, из кирпича или различных природных камней. Слой теплоизоляции выполняют из высокоэффективных или эффективных теплоизоляционных материалов (пенополистирол, рипор, минераловатные плиты и др.). Стыки железобетонных панелей заливают бетоном, оклеивают гидроизолом и изолируют по месту вкладышами из тепловой изоляции. Кирпичные и железобетонные стены, изолируемые на месте строительства, выравнивают нанесением слоя цементной штукатурки, затем стену покрывают непрерывным слоем гидроизоляции толщиной 2,5...3,0 мм, после чего приклеивают битумными мастиками или специальными клеями плиты теплоизоляции с перекрытием последующим слоем швов предыдущего.

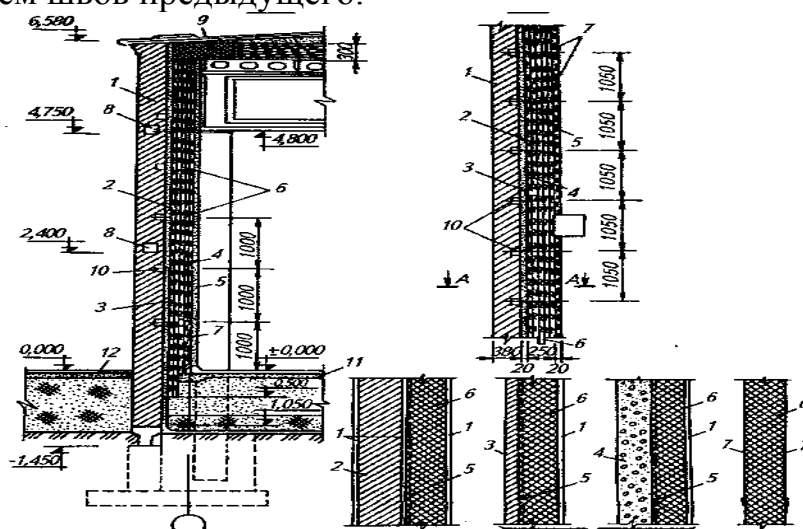


Рис. 12. Изоляция наружных кирпичных стен одноэтажного холодильника:

а — разрез: 1 — кирпичная стена; 2 — цементная штукатурка; 3 — пароизоляция; 4 — теплоизоляция; 5 — цементно-известковая штукатурка по металлической сетке;

6—деревянные горизонтальные антисептированные рейки; 7—вертикальные антисептированные рейки; железобетонный пояс; Р—противопожарный пояс; 10—деревянная антисептированная пробка; 11 —пол холодильных камер; 12—пол платформы; б, в, г—варианты изоляции наружных стен холодильников; 7 — слой штукатурки; 2 — кирпичная кладка; 3 — железобетонная плита; 4 — керамзитшлакобетонная плита; 5 — пароизоляция; 6— теплоизоляция; 7—металлический лист

### Вопросы:

1. Перечислите требования, предъявляемые к теплоизоляционным конструкциям.
2. Назовите основные типовые конструкции наружных стен.

## Тема: Теплоизоляционные конструкции полов

### План:

1. Конструкция пола холодильника.

### 1. Конструкция пола холодильника

Конструкция пола холодильника (рис. 13), расположенного на грунте, зависит от температуры воздуха в камерах первого этажа и от свойств грунта. Полы с температурой 0 °С и выше не изолируют, ограничиваясь засыпкой дешевых теплоизоляционных материалов (шлак, керамзитовый гравий). Полы камер с отрицательной температурой воздуха изолируют по всей площади.

Если на первом этаже расположены камеры с низкими температурами, то под ними устраивают полы с различными системами обогрева или выполняют пол с вентилируемым подпольем

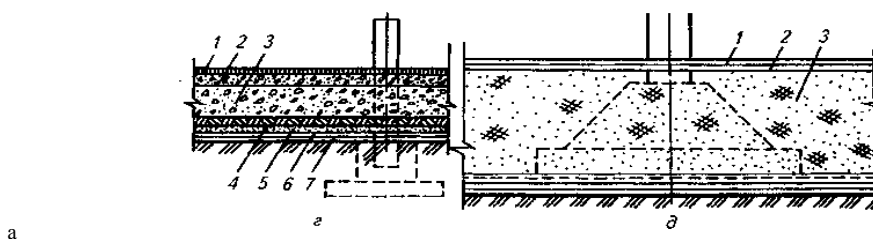


Рис. 13. Полы холодильников:

1 — плитка толщиной 50 мм; 2— бетонная подготовка; 3 — керамзитовый щебень; 4 — песок; 5 — бетонная подготовка толщиной 100 мм с электронагревателями; 6— гидроизоляция; 7—бетонная стяжка толщиной 50 мм.

Широко применяют устройства, защищающие грунт от промерзания путем подогрева пола охлаждаемых помещений. На ряде холодильников используют так называемые шанцевые полы, представляющие собой полы с системой вентилируемых каналов, выполненных из кирпича, бетонных, асбоцементных или керамических труб. В теплое время года в каналы с помощью вентиляторов подается наружный воздух, а в холодное время года осуществляется рециркуляция подогретого в калориферах воздуха (рис. 158). Шанцевые полы оказались дорогими и не всегда надежными (из-за конденсации влаги из воздуха в каналах).



Преимущественное распространение находит в основном электрический подогрев пола, конструктивно наиболее простой. Электрические нагреватели выполняют из стальных прутков диаметром 8... 12 мм, укладываемых в бетонную подушку на грунте толщиной 100 мм. Концы прутков последовательно сваривают для создания непрерывной электрической цепи, куда подается напряжение 24 или 36 В. При этом способе в бетонной плите автоматически поддерживают температуру не ниже 2°С. Полы, выполненные по этому способу, дешевле шанцевых по капитальным затратам, но требуется расход электрической энергии, что вызывает повышенные эксплуатационные затраты.

### **Вопросы:**

1. Какие конструктивные мероприятия предусматривают для защиты грунта от промерзаний.
2. Назовите преимущества подогрева пола.

## **Тема: Способы охлаждения помещений и требования к системам непосредственного охлаждения**

### **План:**

1. Непосредственный способ охлаждения.
2. Способ охлаждения хладоносителем.

### **1. Непосредственный способ охлаждения**

Способы охлаждения в зависимости от вида охлаждающей среды подразделяются на два вида (рис. 14) непосредственный способ охлаждения; способ охлаждения с помощью хладоносителя.

При непосредственном способе охлаждения теплота отводится из охлаждаемых помещений с помощью кипящего хладагента. Охлаждающие приборы располагаются непосредственно в помещениях и служат испарителями холодильной установки.

При охлаждении хладоносителем теплота отводится из охлаждаемых помещений с помощью промежуточной среды (хладоносителя), которая передает эту теплоту кипящему хладагенту, находящемуся в испарителе холодильной установки. В камерных приборах охлаждения хладоноситель нагревается за счет отвода теплоты из охлаждаемого помещения.

### **2. Способ охлаждения хладоносителем**

Способ охлаждения хладоносителем иногда называют рассольным из-за применения наиболее распространенных хладоносителей — водных растворов солей (растворов). Но это не всегда справедливо, так как для создания низких температур можно использовать органические соединения (например, этиленгликоль), а для температур выше 0 °С — воду.

Применение того или иного способа охлаждения обусловливается его технико-экономическими показателями, а также особенностями, влияющими на технологический процесс.

Во-первых, непосредственный способ охлаждения проще по технологическому оборудованию, так как в нем отсутствуют испаритель для охлаждения хладоносителя

ля и насос НР, обеспечивающий его циркуляцию.

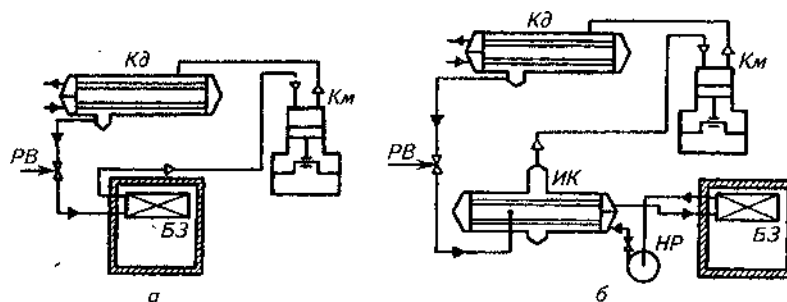


Рис. 14. Способы охлаждения помещений:

а — непосредственный; б — способ охлаждения хладагентом

Вследствие этого для создания установки, в которой реализован непосредственный способ охлаждения, требуются меньшие первоначальные (капитальные) затраты по сравнению с затратами на установку с хладагентом.

Кроме того, применяемые в настоящее время хладагенты не взаимодействуют с черными металлами, а большинство хладагентов (вода, рассолы), несмотря на использование веществ, замедляющих коррозию, активны по отношению к металлам. Коррозия аппаратов и трубопроводов может существенно сократить долговечность системы с охлаждением хладагентом.

Непосредственный способ охлаждения по сравнению со способом охлаждения хладагентом связан с необходимостью меньших эксплуатационных затрат (расхода электроэнергии). Это объясняется, во-первых, тем, что при одинаковых температурах воздуха в камерах  $t_B$  непосредственный способ охлаждения осуществляют при более высоких температурах кипения

$$t_0 = t_B - (7...10) \text{ } ^\circ\text{C}$$

При охлаждении хладагентом появляется дополнительная разность температур между хладагентом и кипящим хладагентом в испарителе (обычно в пределах 4...6 К), вызывающая понижение температуры кипения  $t_{02}$ .

Поэтому  $t_{02} = t_B - (11...16) \text{ } ^\circ\text{C}$ , так как

$$t_{02} = t_p - (4...6) \text{ } ^\circ\text{C}; t_p = t_B - (7...10) \text{ } ^\circ\text{C}$$

где  $t_p$  — средняя температура хладагента.

Во-вторых, при охлаждении хладагентом расходуется электроэнергия на привод насоса НР, а также увеличивается тепловая нагрузка на компрессор, возникающая в результате превращения в теплоту работы насоса и подвода этой теплоты к компрессору.

Но непосредственному способу охлаждения присущ и ряд серьезных недостатков.

При нарушении плотности соединений в установке возникает опасность попадания хладагента в помещения, где работают люди. Особенно это опасно при использовании токсичных хладагентов (например, аммиака).

Недостатками непосредственного способа охлаждения долгое время были трудность распределения жидкого хладагента по приборам охлаждения в соответствии с тепловой нагрузкой при разветвленной системе охлаждения и сложность защиты компрессора от влажного хода. Это связано с тем, что хладагент должен подаваться в приборы охлаждения в соответствии с теплопритоками в помещения, которые изменяются во времени в широком диапазоне, и при ручном регулировании это трудоемкая задача. В результате может произойти переполнение приборов охлаждения в одних помещениях и наблюдаться недостаток хладагента в приборах охлаждения других помещений. Переполнение же приборов охлаждения хладагентом служит причиной влажного хода компрессора и может вызвать гидравлический удар. К недостаткам системы непосредственного охлаждения относится также повышенная опасность пожара.

При автоматизации процесса регулирования подачи жидкого хладагента в приборы охлаждения это положение несколько упрощается.

В настоящее время применяют в основном холодильные установки с непосредственным охлаждением, так как они более экономичны по капитальным и эксплуатационным затратам и более долговечны.

### **Вопросы:**

1. Как классифицируются способы охлаждения в зависимости от вида охлаждающей среды.
2. Перечислите преимущества и недостатки непосредственного способа охлаждения.

## **Тема: Системы охлаждения**

### **План:**

1. Бесконтактное охлаждение.
2. Батарейное охлаждение.

### **1. Бесконтактное охлаждение**

Бесконтактное охлаждение в зависимости от способа организации воздухораспределения в охлаждаемых помещениях и типа охлаждающих приборов подразделяется на три вида: батарейное (или тихое), воздушное и смешанное. В соответствии с этим различают батарейную, воздушную и смешанную системы охлаждения.

При циркуляции воздуха в охлаждаемом помещении и соприкосновении его с охлаждающими приборами происходит не только его охлаждение, но и осушение. Холодный и осушенный воздух опускается в нижнюю часть камеры и, соприкасаясь с охлаждаемыми продуктами, отбирает от них теплоту и влагу, что приводит к потере массы обрабатываемых неупакованных продуктов, содержащих влагу.

### **2. Батарейное охлаждение**

При батарейной системе охлаждения в качестве приборов охлаждения используют батареи (потолочные и пристенные). При данной системе охлаждения возникает свободная конвекция воздуха из-за разностей плотностей воздуха у наружной поверхности приборов охлаждения и у поверхности охлаждаемых тел.

При расположении батарей у потолка или наружных стен происходит естественная циркуляция воздуха (рис. 15). Так как у батарей воздух охлаждается и осушается, то он становится более плотным. У поверхности продуктов и стен он становится более теплым и влажным. Под влиянием этих двух факторов создается циркуляция воздуха. Скорость воздуха при батарейной системе охлаждения составляет 0,05-0,15 м/с.

При батарейной системе охлаждения из-за малой скорости движения воздуха возникает неравномерность распределения температуры и влажности воздуха по объему камеры. Например, у охлаждающих приборов температура может быть на 3...5 °С ниже, чем при удалении от них. Для обеспечения равномерного распределения параметров воздуха по объему помещения целесообразно применять батареи из гладких труб и размещать их по всей площади ограждений, через которые поступают максимальные тепло-притоки. Но возникают трудности при оттаивании инея с поверхности батарей, уменьшается высота штабеля груза.

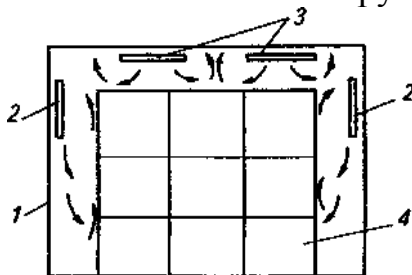


Рис. 15. Циркуляция воздуха при батарейной системе охлаждения:

1—камера; 2 — пристенные батареи; 3 — потолочные батареи; 4 — штабель продуктов

На многих холодильниках широко распространены батареи из оребренных труб, которые размещают над грузовым проходом. Они более компактны, чем гладкотрубные. Использование оребренных труб позволяет в 2...2,5 раза сократить расход металла и в 3...4 раза снизить расход труб, а следовательно, на столько же уменьшить вместимость батарей по хладагенту.

Но в связи с тем, что значительные поверхности ограждений оказываются не защищенными от теплопритоков, возникает неравномерность распределения температуры по объему камеры. Наличие потолочных батарей в помещениях с положительными температурами воздуха приводит к таянию инея на поверхности батарей и стеканию талой воды на продукты.

### Вопросы:

1. Назовите преимущества батарейной системы охлаждения.
2. Назовите недостатки батарейной системы охлаждения.

### Тема: Рабочая схема холодильной установки с одноступенчатыми компрессорами

#### План:

1. Устройство и принцип работы.

Рабочая схема холодильной установки с одноступенчатыми компрессорами. В схеме может быть использован любой тип компрессора (поршневой, винтовой и ротационный). Каждый тип компрессора по ГОСТу имеет свое обозначение.

Пар хладагента из отделителя жидкости или вертикального циркуляционного ресивера, верхняя часть которого выполняет функцию отделителя жидкости, поступает в два поршневых компрессора  $K_{m1}$  и  $K_{m2}$  и сжимается в них от давления кипения до давления конденсации.

На всасывающих трубопроводах каждого компрессора перед всасывающими вентилями устанавливают фильтры, предназначенные для очистки поступающего пара от механических загрязнений. Всасывающие трубопроводы следует присоединять сверху, так как в случае присоединения труб снизу возможно скопление жидкого хладагента или масла, что может вызвать гидравлический удар при пуске компрессора. После сжатия пар проходит через маслоотделители, установленные после каждого компрессора, и поступает в общий маслоотделитель перед конденсаторами.

В этом маслоотделителе происходит окончательная очистка пара хладагента от масла, и по общему нагнетательному трубопроводу пар нагнетается в два конденсатора  $K_{д1}$  и  $K_{д2}$ . На нагнетательном трубопроводе каждого компрессора устанавливают обратный клапан. У винтового компрессора обратный клапан предусматривают и на стороне всасывания, чтобы избежать возникновения обратного потока пара. Обратные клапаны предотвращают обратное движение хладагента из аппаратов высокого давления в случае аварии компрессора. Они также необходимы для автоматического пуска компрессоров. В конденсаторах пары хладагента охлаждаются и конденсируются вследствие отвода теплоты конденсации проточной водой. Образовавшийся жидкий аммиак сливается в линейные ресиверы  $PJ1$  и  $PJ2$ , а из них поступает на коллектор распределительной станции. Жидкий хладагент распределяется по потребителям холода.

Линейный ресивер выполняет в системе несколько функций. Он служит сборником конденсата и освобождает теплопередающую поверхность конденсатора от жидкого хладагента. Для обеспечения беспрепятственного слива хладагента из конденсатора в линейный ресивер последний устанавливают ниже конденсатора, а паровые пространства обоих аппаратов соединяют уравнивающей линией с целью выравнивания в них давления. Жидкий хладагент под действием силы тяжести свободно стекает из конденсатора в ресивер.

Линейный ресивер является компенсатором неравномерности подачи хладагента в приборы охлаждения. Количество хладагента, подаваемого в приборы охлаждения, изменяется в соответствии с изменениями тепловой нагрузки, поэтому линейный ресивер служит емкостью, в которую сливается избыток хладагента при уменьшении тепловых нагрузок на приборы охлаждения.

Линейный ресивер является также сборником хладагента при ремонте. Он служит гидрозатвором, препятствующим перетеканию пара со стороны высокого давления в испарительную систему. Жидкость из линейного ресивера на распределительную станцию поступает по трубе, опущенной под уровень жидкости.

На конденсаторах и линейных ресиверах есть указатели уровня и предохранительные клапаны. Для контроля давления в аппаратах и компрессорах установлены манометры. Выпуск масла из аппаратов высокого давления по правилам безопасности осуществляется через маслозаправочный сосуд МЗС.

Все масло из маслоотделителей и маслоотстойников аппаратов поступает в маслозаправочный сосуд, который соединен с компрессором через отделитель жидкости или вертикальный циркуляционный ресивер, что позволяет понизить давление в аппарате до  $(1,2...1,3) \cdot 10^5$  Па. За счет внешних теплопритоков жидкий хладагент

испаряется, а пар отводится компрессором. Масло выпускают под небольшим избыточным давлением, сливают в емкость и отправляют на регенерацию.

Воздух из системы удаляется с помощью двухтрубного воздухоотделителя, который размещается непосредственно над линейным ресивером. Паровоздушная смесь по трубопроводу 3.11 поступает в межтрубное пространство воздухоотделителя. Конденсат сливается в ресивер по тому же трубопроводу. Выпуск воздуха осуществляют в сосуд с проточной водой.

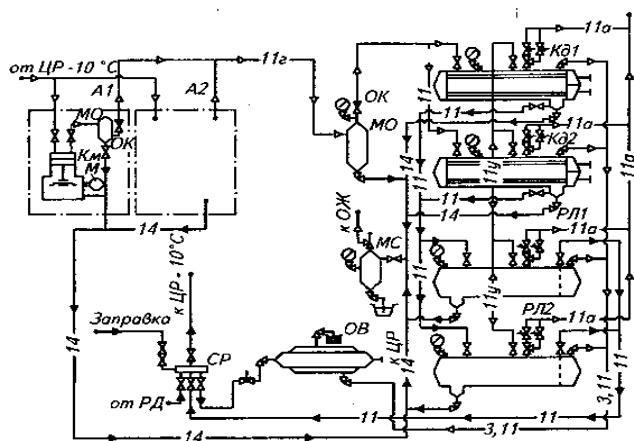


Рис. 16. Схема включения одноступенчатых компрессоров

### Вопросы:

1. Перечислите требования, предъявляемые к схемам холодильных установок.
2. Объясните схему включения одноступенчатых компрессоров.

### Тема: Рабочая схема холодильной установки с двухступенчатыми компрессорами

#### План:

1. Устройство и принцип работы.

#### 1. Устройство и принцип работы

В данной схеме (рис. 17) используют двухступенчатые агрегаты АД 130-7-5, горизонтальные кожухотрубные конденсаторы и промежуточные змеевиковые сосуды. Пар хладагента из ЦР поступает в винтовой компрессор Км1, представляющий собой ступень низкого давления двухступенчатого агрегата, сжимается в нем от давления кипения до промежуточного давления, проходит через маслоотделитель М01 и поступает в промежуточный сосуд СП. Пар проходит через слой жидкого хладагента, находящегося в промежуточном сосуде при промежуточной температуре Ц и давлении Рпр, охлаждается и отсасывается поршневым компрессором высокого давления Км2. В нем пар сжимается от промежуточного давления до давления конденсации и через маслоотделитель М02 и общий маслоотделитель нагнетается в горизонтальные конденсаторы. В каждом маслоотделителе пар хладагента отделяется от масла. Жидкий хладагент сливается в линейные ресиверы, а из них поступает на коллектор 1 распределительной станции. Часть хладагента направляется к потребителям холода, а другая часть — в промежуточный сосуд СП. Причем большая

часть хладагента поступает в змеевик промежуточного сосуда, а меньшая часть дросселируется в регулирующем венти́ле от давления конденсации до промежуточного давления и поступает в промежуточный сосуд для поддержания в нем постоянного уровня хладагента.

В результате теплообмена с жидкостью в промежуточном сосуде жидкость в змеевике охлаждается до температуры, близкой к промежуточной. Чтобы не было смешения потоков жидкости с разными температурами, переохлажденная жидкость из змеевика СП подается на коллектор 2 распределительной станции. С этого коллектора хладагент раздается по потребителям холода низких температур кипения.

Между промежуточным сосудом и вертикальным циркуляционным ресивером (или отделителем жидкости) предусмотрен уравнительный трубопровод, который обеспечивает понижение давления в промежуточном сосуде до давления кипения при включении в работу двухступенчатых агрегатов. Это создает безопасные условия пуска компрессоров.

Выпуск воздуха осуществляется из конденсаторов и линейных ресиверов через автоматический воздухоотделитель АВ-4, так как в схеме есть температура кипения ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ . Его устанавливают выше линейного ресивера на 1,2... 1,5 м. Отбор паровоздушной смеси следует проводить в наиболее холодной зоне аппарата, т. е. около места подачи воды или над уровнем конденсата. Пар хладагента должен отводиться на сторону самого низкого давления, которое имеется в холодильной установке.

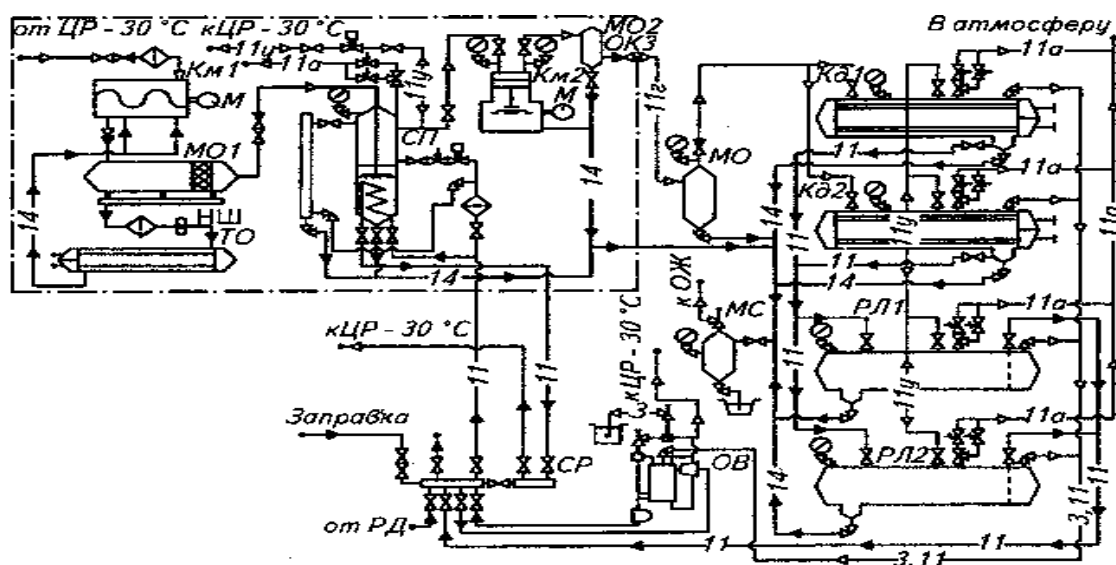


Рис. 17 Схема включения двухступенчатых компрессоров

### Вопросы:

1. Перечислите требования, предъявляемые к схемам холодильных установок.
2. Объясните схему включения двухступенчатых компрессоров.

### Тема: Насосно-циркуляционная схема с верхней подачей жидкого хладагента

#### План:

1. Принцип работы насосно-циркуляционной схемы.

## 1. Принцип работы насосно-циркуляционной схемы

Насосно-циркуляционная схема с верхней подачей хладагента в приборы охлаждения и вертикальным циркуляционным ресивером приведена на рис. 18.

Жидкий хладагент с коллектора распределительной станции поступает в циркуляционный ресивер РЦ. Перед ресивером хладагент дросселируется в регулирующем вентиле РВ от давления конденсации до давления кипения.

Жидкий аммиак из нижней части стояка отводится герметичным насосом НЦ1 и подается в жидкостный коллектор ЖК, где распределяется по приборам охлаждения. Образовавшийся в батареях Б1 и Б2 пар и неиспарившаяся жидкость удаляются через паровой коллектор ПК в циркуляционный ресивер РЦ. Парожидкостная смесь перед ресивером разделяется на пар и насыщенную жидкость в разделительном коллекторе. Жидкий аммиак сливается в нижнюю часть ресивера, а пар отводится агрегатом двухступенчатого сжатия. На случай выхода из строя герметичного насоса НЦ1 в схеме предусмотрен резервный насос НЦ2.

Для устойчивой работы насоса из его корпуса, а также из фильтра, расположенного перед насосом, отводится пар хладагента, который может вызвать срыв работы насоса или перегрев обмоток его электродвигателя. Этот пар поступает в циркуляционный ресивер и отводится компрессором. Избыток жидкости из корпуса насоса перепускается во всасывающий трубопровод насоса.

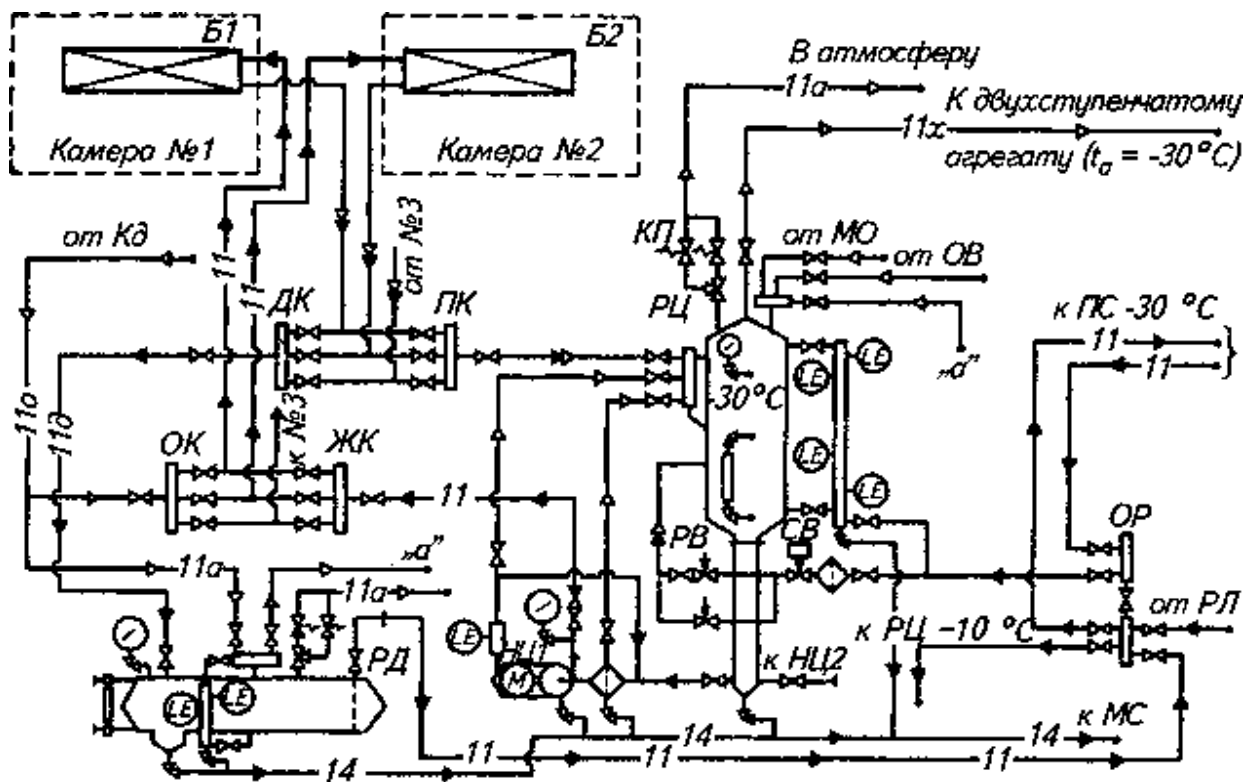


Рис. 18. Насосно-циркуляционная схема с верхней подачей жидкого хладагента в приборы охлаждения

### Вопросы:

1. Объясните насосно-циркуляционную схему.



## Тема: Схема фреоновых холодильных установок

### План:

1. Устройство фреоновой холодильной установки.
2. Принцип работы фреоновой холодильной установки.

### 1. Устройство фреоновой холодильной установки

Холодильные установки, работающие на R134a или R22, используют в основном на предприятиях торговли и общественного питания, в системах кондиционирования воздуха и на транспорте. Это холодильные установки малой и средней холодопроизводительности, к которым предъявляют требования безопасной работы.

Фреоновые холодильные установки могут быть с непосредственным или рассольным охлаждением помещений. Они, как правило, полностью автоматизированы, работают по безнасосной схеме подачи жидкого хладагента в испарительную систему, перегрев пара перед компрессором обеспечивается наличием регенеративного теплообмена.

В схемах непосредственного охлаждения в качестве приборов охлаждения применяют оребренные батареи или воздухоохладители, подача жидкости в которые осуществляется с помощью терморегулирующих вентилей ТРВ.

В схемах фреоновых установок с рассольной системой охлаждения устанавливают кожухотрубные или кожухозмеевиковые испарители. Такие установки поставляют в моноблочном исполнении или в виде двух агрегатов: компрессорно-конденсаторного и испарительно-регулирующего.

Во фреоновых холодильных установках применяют бессальниковые компрессоры, обеспечивающие большую герметичность системы по сравнению с сальниковыми.

### 2. Принцип работы фреоновой холодильной установки

Из компрессора  $K_m$  (рис. 19) пар фреона поступает в конденсатор  $K_d$  с водяным охлаждением, где он охлаждается и конденсируется в результате отвода теплоты охлаждающей водой. Жидкий фреон поступает в регенеративные теплообменники  $T_01$  и  $T_02$ , в которых он переохлаждается холодным паром, поступающим из испарителя  $ИК$ . Затем жидкий фреон проходит через фильтры-осушители  $\Phi_01$  и  $\Phi_02$ , соленоидные вентили и дросселируется в терморегулирующих вентилях  $ТРВ_1$  и  $ТРВ_2$ . С давлением кипения фреон заполняет межтрубное пространство кожухотрубного испарителя, в котором охлаждается рассол. Циркуляция рассола осуществляется рассольным насосом  $Н$ . Образовавшийся пар фреона из испарителя направляется в теплообменники  $T_01$  и  $T_02$  для охлаждения жидкости, поступающей к терморегулирующим вентилям  $ТРВ_1$  и  $ТРВ_2$ . При этом пар перегревается, обеспечивая сухой ход компрессора, и отсасывается компрессором  $K_m$ .

Во фреоновых холодильных установках необходимо предусмотреть организованный возврат смазочного масла в компрессор. В данной схеме этот вопрос решается закреплением термобаллончиков ТРВ после теплообменников. Таким образом, из кожухотрубного испарителя  $ИК$  выходит влажный пар, который обогащен смазочным маслом (масло легче фреона и хорошо в нем растворяется). После перегрева пара в теплообменниках маслофреоновая смесь разделяется, и масло по всасываю-

щему трубопроводу, выполненному с уклоном в сторону компрессора, стекает в картер.

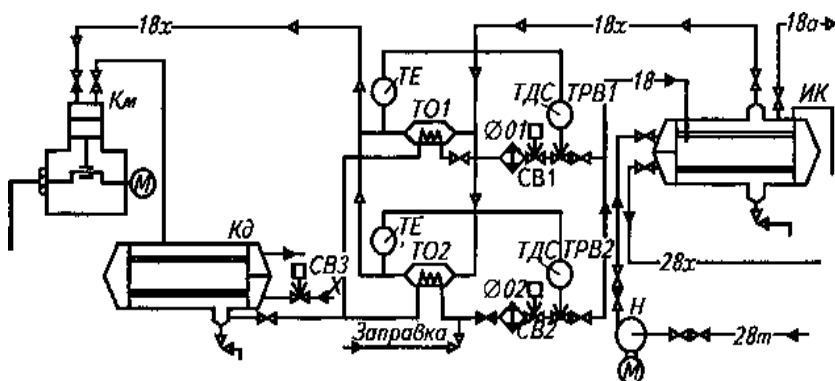


Рис. 19. Схема фреоновой холодильной машины с промежуточным хладоносителем.

### Вопросы:

1. В чем особенности схем фреоновых холодильных установок.
2. Объясните работу фреоновой холодильной установки.

### Тема: Физические свойства водного льда

#### План:

1. Водный лед.
2. Физико-химические свойства.

#### 1. Водный лед

Водный лед в качестве источника холода человек использует с древних времен. Температуры, которые могут быть получены с помощью водного льда, оказываются достаточными для охлаждения пищевых продуктов и хранения охлажденных грузов. В случае применения льдосоляного охлаждения достигаются более низкие температуры, позволяющие замораживать и хранить мороженые грузы. Сегодня наряду с наиболее распространенным машинным охлаждением используют охлаждение с помощью искусственного и естественного водного льда. Этому способствуют как доступность льда, так и его особые свойства — большая скрытая теплота плавления 335 кДж/кг и достаточно низкая температура тающего льда.

Лед в нашей стране используется для нужд холодильного транспорта, пищевой, химической промышленности, сельского хозяйства и торговли. Ежегодно производится до 4 млн т искусственного технического и пищевого водного льда. Естественного льда заготавливают обычным и механизированным способами около 20 млн т в год. Сухого льда выпускают около 100 тыс. т в год. Водный лед — твердое вещество с кристаллической структурой, образующееся при затвердевании воды. Особенность процесса затвердевания воды — это ее расширение при переходе в твердое состояние. При затвердевании чистая вода расширяется почти на 10 %; у соленой воды увеличение объема происходит на меньшую величину.

Температура плавления льда (или замерзания воды) понижается с повышением давления. В лабораторных условиях при давлении 4000 МПа можно получить лед, который будет плавиться при температуре 175 °С. При атмосферном давлении лед

плавится при  $0^{\circ}\text{C}$ , плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 917 \text{ кг/м}^3$ , теплоемкость водного льда  $c_{\text{л}} = 2,1 \text{ кДж/Дкг} \cdot \text{К}$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda_{\text{л}} = 2,2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

## 2. Физико-химические свойства

Физико-механические свойства льда при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  и атмосферном давлении таковы. Разрушающее напряжение при сжатии составляет  $3,6 \text{ МПа}$ , при растяжении —  $1,2$ , при скалывании —  $0,6 \text{ МПа}$ .

При понижении температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  разрушающие напряжения увеличиваются на  $5\%$ . Рост напряжений происходит до температуры  $-20^{\circ}\text{C}$ . При медленных деформациях лед пластичен, при быстрых — хрупок.

Приведенные выше данные относятся к монолитному льду из чистой воды. Морская вода замерзает при температуре  $-1,91^{\circ}\text{C}$ , при дальнейшем понижении температуры до  $-8,2^{\circ}\text{C}$  начинается осаждение сульфата натрия, и при температуре  $-23^{\circ}\text{C}$  из раствора выпадает хлорид натрия. Так как часть рассола при кристаллизации уходит из льда, многолетний морской лед настолько опресняется, что из него можно получать питьевую воду.

### Вопросы:

1. Каковы физические свойства водного льда.
2. Каковы физико-химические свойства водного льда.

## Тема: Производство искусственного водного льда

### План:

1. Ледогенератор блочного льда.
2. Принцип работы блочного ледогенератора.

Искусственное замораживание воды осуществляется холодильными машинами в специальных аппаратах — ледогенераторах. В них используют непосредственное и рассольное охлаждение.

По производительности ледогенераторы разделяют на малые производительностью до  $100 \text{ кг/ч}$ , средние производительностью до  $40 \text{ т}$  в сутки и крупные производительностью свыше  $40 \text{ т}$  в сутки.

По форме изготавливаемого льда бывают ледогенераторы блочного, чешуйчатого, снежного, кубикового льда и др.

### 1. Ледогенератор блочного льда.

Наиболее распространены ледогенераторы с рассольным охлаждением (рис. 20). Блоки льда получают замораживанием воды в льдоформах, опущенных в рассол температурой  $-10 \dots -12^{\circ}\text{C}$ .

Ледогенератор имеет сварной прямоугольный бак из листовой стали толщиной  $6 \dots 8 \text{ мм}$ . Дно и стенки бака покрывают теплоизоляцией толщиной  $200 \text{ мм}$ , сверху бак закрывают деревянными щитами. Бак разделен продольной перегородкой на два неодинаковых по величине отделения, сообщающихся друг с другом. В меньшем

отделении бака размещены испарительные секции 9 холодильной машины, в большем — льдоформы 3, соединенные металлической рамой.

Бак льдогенератора заполнен рассолом, который циркулирует со скоростью 0,5...0,7 м/с под действием винтовых мешалок 8.

Льдоформы изготовляют из оцинкованной стали в виде усеченной пирамиды с обращенной вниз вершиной для облегчения удаления льда из форм. Сечение формы квадратное или прямоугольное. Масса блоков льда в формах 12,5...50 кг.

## 2. Принцип работы блочного льдогенератора

Формы заполняются водой на 90 % специальным наполнительным устройством 1, которое одновременно заполняет все формы одной рамы. Рамы с формами передвигаются вдоль бака толкающим механизмом 7, который работает от ручного привода или электропривода. Загрузка форм с водой и выгрузка их со льдом осуществляются подъемным механизмом 2. Для выемки блоков льда из форм их опускают в оттаивательный сосуд 6, который устанавливают у торцевой стенки льдогенератора. Продолжительность оттаивания блоков при температуре воды в сосуде 35...40 °С составляет 2...3 мин.

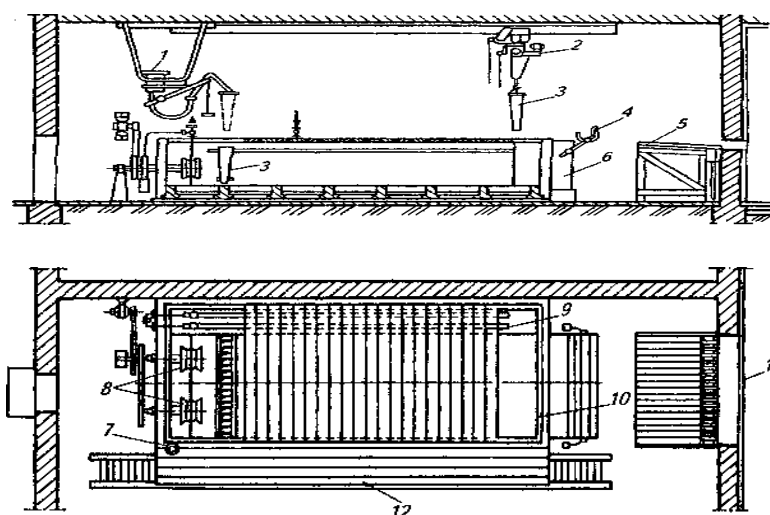


Рис. 20. Льдогенератор блочного льда с рассольным охлаждением:

1 — наполнительное устройство; 2 — подъемный механизм; 3 — льдоформы; 4 — опрокидывающее устройство; 5 — льдоскат; 6 — оттаивательный бачок; 7 — толкающий механизм; 8 — мешалки; 9 — испарительная секция; 10 — бак; 11 — льдохранилище; 12 — помост для обслуживания

После оттаивания рама с льдоформами с помощью устройства 4 опрокидывается на льдоскат 5, и готовые блоки льда направляются в льдохранилище. Освободившаяся от льда рама с льдоформами устанавливается подъемным механизмом под наполнительное устройство и после заполнения водой опускается в бак с рассолом.

Продолжительность замораживания зависит от размеров до форм, температуры рассола, скорости его движения и первоначальной температуры воды. В таких льдогенераторах получают технический и пищевой мутный и прозрачный лед. Для получения прозрачного льда в формы вдувается сжатый воздух, который перемешивает воду и увлекает пузырьки воздуха из нее.

Производство блочного льда в рассольных льдогенераторах, несмотря на широкое распространение, имеет существенные недостатки — большая металлоемкость установки, значительные размеры ее, быстрая коррозия форм и бака, сложность автоматизации и др. Перспективны льдогенераторы блочного льда с непосредственным охлаждением. Они бывают периодического и непрерывного действия. Блоки льда в них образуются послойным намораживанием и выталкиванием из форм гидравлическим или механическим способом. В таких льдогенераторах ускоряется льдообразование, меньше потребляется электроэнергии, они легко поддаются автоматизации.

### **Вопросы:**

1. Какие типы льдогенераторов для получения искусственного водного льда вы знаете.
2. Какие конструкции льдогенераторов для получения искусственного водного льда вы знаете.

### **Тема: Физические свойства «сухого» льда**

#### **План:**

1. Свойства «сухого» льда.

#### **1. Свойства «сухого» льда**

При добавлении соли в лед температура плавления смеси понижается по сравнению с температурой плавления чистого льда. Применяя различные соли и создавая различную концентрацию смеси, можно получить температуры ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  в довольно широком диапазоне.

Понижение температуры смеси достигается тем, что процесс растворения некоторых солей в воде (льдом) протекает с поглощением теплоты, которая берется от смеси. В местах соприкосновения льда с солью образуется раствор, который охлаждается вследствие поглощения теплоты при плавлении льда и растворении соли в воде. При этом лед также охлаждается ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

При добавлении соли в лед температура таяния смеси понижается до криогидратной точки, характеризующей самую низкую температуру плавления смеси. При дальнейшем добавлении соли температура таяния не понижается, а, наоборот, повышается. Изменение температуры таяния смеси льда с солью (или обратный процесс — замерзание раствора воды с солью) видно на диаграмме.

Смеси, имеющие концентрацию в эвтектической точке, соответствующую криогидратной точке, плавятся при постоянной и самой низкой температуре для смеси льда и данной соли. Смесь хлорида натрия  $\text{NaCl}$  со льдом, содержащая 23,1 % соли, представляет собой эвтектический раствор, который плавится при  $-21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а смесь хлорида кальция  $\text{CaCl}_2$ , содержащая 29,9 % соли, — при  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Холодопроизводительность смеси с понижением температуры плавления уменьшается.

При замораживании водных растворов различных солей с концентрацией, соответствующей криогидратной точке, получают лед, называемый эвтектическим. Эвтектический лед представляет собой однородный твердый раствор, состоящий из кристаллов льда и соли. Такой лед имеет постоянную низкую температуру плавления.

ния, соответствующую криогидратной точке. Физические свойства эвтектического льда зависят от вида соли, входящей в его состав.

Холодопроизводительность эвтектического льда, соответствующая теплоте плавления, больше, чем холодопроизводительность эвтектической льдосоляной смеси (холодопроизводительность смеси льда с NaCl 193 кДж/кг, а эвтектического льда 236 кДж/кг). Объясняется это тем, что часть холодопроизводительности расходуется на понижение температуры смеси.

Для замораживания эвтектических растворов используют герметически закрытые металлические формы объемом 5...8 л, называемые зероторами. Их заполняют на 90...92 % с учетом объемного расширения раствора при замерзании. Эвтектические растворы, заполняющие зероторы, замораживают на специальных зарядных станциях в воздухе или в рассоле. Замораживание в рассоле происходит быстрее, но при этом зероторы подвергаются усиленной коррозии.

### **Тема: Производство «сухого» льда по циклу**

Процесс производства «сухого» льда состоит из получения чистого газообразного, жидкого и твердого диоксида углерода.

Чистый газообразный диоксид углерода вырабатывают из смеси газов, содержащих достаточно большое количество CO<sub>2</sub>. Для этого можно использовать естественные и искусственные источники.

Естественные источники природного диоксида углерода находятся на Кавказе и Курильских островах, и, несмотря на высокое содержание CO<sub>2</sub> (до 98 %), их практически не используют из-за отдаленности от центров потребления «сухого» льда и недостаточности местной энергетической базы.

Искусственными источниками CO<sub>2</sub> служат газообразные отходы различных производств: спиртового брожения, химических производств, газы известково-обжигательных печей, дымовые газы промышленных котельных и котельных ТЭЦ. Последний источник диоксида углерода, несмотря на относительную бедность (в дымовых газах содержится всего 10... 16 % газообразного CO<sub>2</sub>, в то время как в других источниках — 50...90 %), довольно широко применяют. Объясняется это тем, что на базе дымовых газов завод «сухого» льда можно построить в любом месте, независимо от наличия источников диоксида углерода. Таких заводов много построено при хладокомбинатах. В качестве исходного сырья на них используют твердое, жидкое и газообразное топливо. Извлечение газообразного диоксида углерода из дымовых газов, полученных при сжигании топлива, осуществляется абсорбционно-десорбционным методом с применением поглотителей — абсорбентов диоксида углерода.

Функциональная схема технологического процесса очистки CO<sub>2</sub> показана на рис. 203. Дымовые газы, имеющие температуру 200 °С, поступают из дымохода котла в скруббер 1, где при контакте с водой они охлаждаются и очищаются от механических примесей (зола, топливо) и частично от сернистых соединений. Затем дымовые газы засасываются воздуходувкой 2 и подаются в содовый скруббер 3 для очистки от оксида серы и сероводорода. Циркулирующий в этом скруббере водный раствор карбоната натрия Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> после насыщения сернистыми соединениями заменяют свежим. Последнюю промывку дымовые газы проходят в водяном скруббере 4, где газы, кроме того, подогреваются теплой водой до температуры абсорбции 40...50 °С.

Затем дымовые газы поступают в абсорбер 5, где применяют сорбент — 12... 15 %-ный водный раствор моноэтаноламина  $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})\text{NH}_2$ . Раствор сорбента, стекая вниз по насадке, насыщается  $\text{CO}_2$ . Не поглощенная часть дымовых газов удаляется в атмосферу через выходное отверстие в верхней части абсорбера. Насыщенный раствор сорбента забирается насосом и через теплообменник 6, где раствор подогревается жидкостью, направляется в верхнюю часть десорбера 8. Пройдя ректификационную насадку и нагревшись до 100... 105 °С за счет теплоты поднимающейся парогазовой смеси, раствор попадает в нижнюю часть аппарата, представляющую собой кожухотрубный кипятильник, обогреваемый водяным паром, подаваемым в межтрубное пространство. Десорбция обычно ведется под избыточным давлением около 70 кПа и при температуре примерно 125 °С.

Обедненный раствор сливается по переливной трубе в теплообменник 6, откуда выдавливается через теплообменник 7 в абсорбер 5. Выпаренный в кипятильнике  $\text{CO}_2$  вместе с водяным паром проходит через ректификационную часть десорбера, где освобождается от парообразного поглотителя и поступает в теплообменник 9, в котором парогазовая смесь охлаждается водой и значительная часть влаги конденсируется. Конденсат насосом возвращается в ректификационную часть десорбера. Диоксид углерода, насыщенный водяным паром, далее направляется или в колонку 10 с водным раствором перманганата калия (до 1 %), или непосредственно в колонку 11 с активированным углем для осушки и дезодорации. Очищенный  $\text{CO}_2$  накапливается в газгольдере, откуда направляется, например, в первую ступень компрессора.

Вторую группу способов получения газообразного  $\text{CO}_2$  применяют при большом содержании  $\text{CO}_2$  в исходной газовой смеси, как, например, в естественных источниках или отходах спиртового производства. В этих случаях необходима только очистка  $\text{CO}_2$  от небольшого количества примесей.

В третьей группе способов получения чистого газообразного  $\text{CO}_2$  из источников со средним его содержанием используется более высокая растворимость  $\text{CO}_2$  в воде, чем, других газов. Так, при 20 °С его растворимость в воде в 30 раз больше, чем метана, и в 50 раз больше, чем водорода. Однако этот способ целесообразно применять там, где по ходу основного технологического процесса смесь газов уже находится под относительно высоким давлением (при синтезе аммиака) или где основным продуктом является газ, конденсирующийся также при высоком давлении (при получении жидкого метана). В таких случаях можно использовать также свойство газов увеличивать свою растворимость в жидкостях примерно пропорционально давлению газа над жидкостью. Это важно потому, что растворимость  $\text{CO}_2$  в воде все же невелика и при 0,1 МПа и 20 °С составляет всего 1,6 г/дм<sup>3</sup>.

Две последние группы способов получения  $\text{CO}_2$  значительно выгоднее способов первой группы.

Сжижение диоксида углерода осуществляют в конденсаторах путем охлаждения сжатого газа водой или хладагентом, кипящим в испарителе другой холодильной машины. При охлаждении водой в конденсаторе следует создать высокое давление 6...7 МПа. Такое давление получают, сжимая газ в трехступенчатом компрессоре.

При высокой температуре воды (выше 24 °С) водяное охлаждение конденсатора неприемлемо, так как диоксид углерода имеет низкую критическую точку ( $t_{\text{кр}} = 31$  °С,  $P_{\text{кр}} = 7,265$  МПа), а при температуре выше критической сжижение невозможно. В таких случаях для сжижения диоксида углерода применяют каскадные холодиль-

ные машины, в которых конденсатор диоксида углерода охлаждают холодильной машиной, работающей на другом хладагенте (аммиаке, фреонах).

Жидкий диоксид углерода, полученный в конденсаторах, можно зарядить в баллоны и использовать для различных целей (газирование питьевой воды, тушение пожаров и т. д.) или превратить ее в «сухой» лед.

«Сухой» лед получают из жидкого диоксида углерода в виде блоков, применяя при этом два способа дросселирования жидкого диоксида углерода:

до давления тройной точки с последующим прессованием полученного рыхлого влажного снега в блоки «сухого» льда;

до атмосферного давления с уплотнением блока льда в процессе льдообразования.

В зависимости от давления, при котором получен жидкий диоксид углерода, различают производство «сухого» льда по циклу высокого, среднего и низкого давления. На практике «сухой» лед получают по циклу высокого или среднего давления.

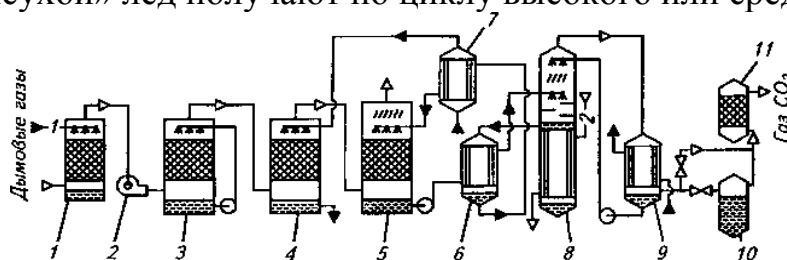


Рис. 21. Схема технологического процесса выделения диоксида углерода из дымовых газов:

1,4 — водяные скрубберы; 2 — воздуходувка; 3 — содовый скруббер; 5— абсорбер; 9—теплообменники; 8—десорбер; 10 — колонка с жидким сорбентом; 11— колонка с активированным углем

## Тема: Железнодорожный холодильный транспорт

### План:

#### 1. Устройство рефрижераторной секции.

Основным передвижным средством железнодорожного холодильного транспорта является вагон-рефрижератор с металлическим каркасом кузова и металлическими наружной и внутренней обшивками, между которыми помещается теплоизоляция (пенопласт). Эти вагоны четырехосные, имеют наружную длину кузова длиной 21м, ширину 3,1м, полезный объем 90...100 м<sup>3</sup>, грузоподъемность от 20 до 42 т, в зависимости от вида груза.

В настоящее время в структуре рефрижераторного подвижного состава имеются 21- и 23-вагонные поезда, 5- и 12-вагонные секции и автономные вагоны .

В составе этих поездов имеются три вспомогательных вагона: с дизель-генераторами; машинное отделение; служебный для размещения персонала. Вспомогательные вагоны располагают в середине поездов.

Охлаждение 12, 21 и 23-вагонных поездов — центральное рассольное. Хладоноситель (раствор хлорида кальция) по магистральным трубопроводам транспортируется из машинного отделения по вагонам. Рассолопроводы между вагонами соединены гибкими резиновыми шлангами. В машинном отделении установлены одно- или двухступенчатые аммиачные компрессоры, а также конденсаторы с воздушным



охлаждением. Наиболее распространены 5-вагонные секции, состоящие из четырех грузовых вагонов (рис. 22) и вспомогательного вагона, в котором размещены дизель-электростанция и служебные помещения.

Каждый грузовой вагон имеет машинное отделение, в котором смонтированы два компрессорно-конденсаторных агрегата мощностью 6,6 кВт, работающие на R12. В грузовом помещении расположены воздухоохладители.

Автономные рефрижераторные вагоны (АРВ) имеют два машинных отделения, расположенных в торцевых частях. В каждом машинном отделении (располагается дизель-генераторная установка мощностью 13,2 кВт и компрессорно-конденсаторный агрегат холодильной мощностью 9,3 кВт, работающий на R12.

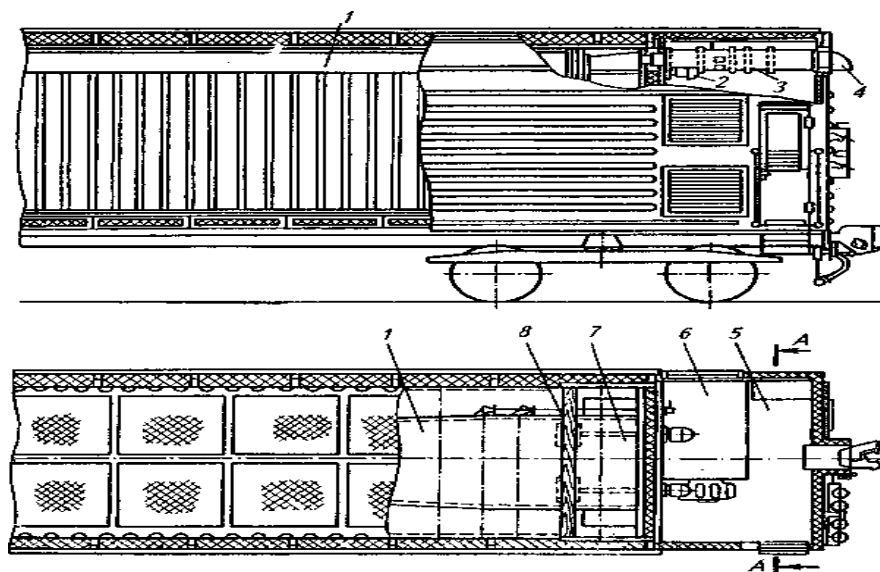


Рис. 22. Грузовой вагон 5-вагонной рефрижераторной секции:

1,3 — воздуховоды; 2,8 — вентиляторы; 4 — отверстия для забора свежего воздуха; 5 — машинное отделение; 6 — компрессорно-конденсаторный агрегат; 7 — воздухоохладитель

Работа всех агрегатов автоматизирована и осуществляется без обслуживающего персонала. Для контроля за работой автономных вагонов имеются линейные пункты технического обслуживания, на крупных узловых станциях создают рефрижераторные депо.

### Вопросы:

1. Каково назначение холодильного транспорта.
2. Назовите особенности железнодорожного транспорта.

### Тема: Автомобильный холодильный транспорт

### План:

1. Преимущества автомобильного транспорта.
2. Устройство автомобильного транспорта.

## 1. Преимущества автомобильного транспорта

Холодильный автомобильный транспорт предназначен для перевозок скоропортящихся пищевых продуктов в охлажденном или замороженном виде.

Преимущество автомобильного транспорта состоит в том, что он позволяет осуществлять прямые перевозки от производителя до потребителя, характеризуется большей мобильностью и оперативностью.

Различают два вида перевозок: международные и городские.

Международные перевозки осуществляют на расстояние до нескольких тысяч километров транспортом большой грузоподъемности. Перевозят продукты из крупных предприятий по переработке продуктов, а также сельскохозяйственную продукцию.

Городские перевозки осуществляют внутри города транспортом малой и средней грузоподъемности. Продолжительность таких перевозок обычно не более суток.

## 2. Устройство автомобильного транспорта

Автомобильный холодильный транспорт включает два основных типа автомобилей: изотермические, имеющие теплоизолированный кузов, но не оснащенные холодильной установкой, и авторефрижераторы-автомобили с наличием холодильной установки (рис. 23).

В кузове изотермического автомобиля поддерживают температуру за счет холода, аккумулированного охлажденным или замороженным грузом или введением источников холода — «сухой» или водяной лед, льдосоляная смесь, эвтектические растворы в специальных баках-аккумуляторах (зероторы).

Пределы температур обычно определяются видом перевозимых продуктов, а также длительностью и характером перевозок. Наиболее распространены следующие системы охлаждения авторефрижераторов: машинная; машинно-аккумуляционная; сухоледяная; газожидкостная.

Машинное охлаждение. Преимущество машинного охлаждения заключается в точности регулирования температурного режима, постоянной готовности к работе, возможности получения широкого диапазона температур, равномерном распределении температуры воздуха в кузове.

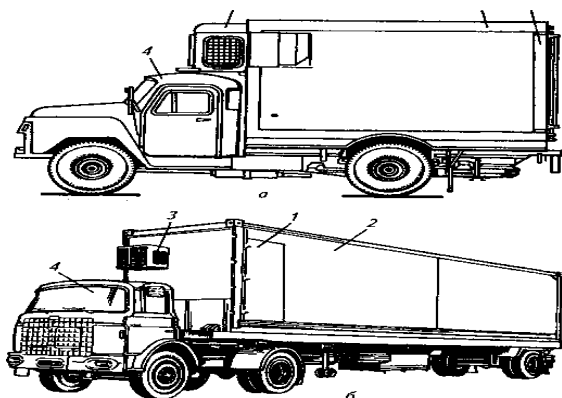


Рис. 23. Автомобили-рефрижераторы:

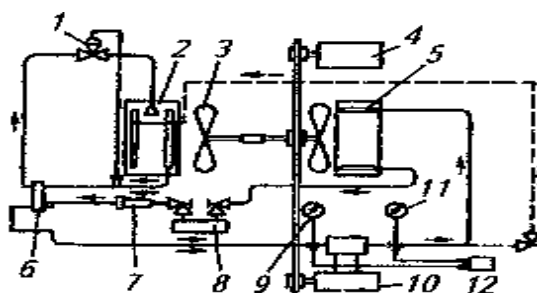
а — марки 1АЧ; б — полуприцеп; 1 — дверь кузова; 2 — кузов изотермический; 3 — машина холодильная; 4 — шасси

Для авторефрижераторов средней грузоподъемности с объемом кузова от 10 до 15 м<sup>3</sup> используют холодильные установки УФ-2 (рис. 24). Производительность холодильной установки 1850 Вт, диапазон регулирования температуры от —18 до 4 °С. Эти установки монтируются над кабиной водителя на передней стенке кузова авторефрижератора.

Приводом компрессора 10 служит автономный бензиновый двигатель 4 типа УД-25, связанный с компрессором с помощью клиноременной передачи, которая приводит в движение также блок вентиляторов 3 воздухоохладителя 2 и конденсатора 5. Нагнетаемые компрессором 10 пары R12 конденсируются в воздушном конденсаторе 5, и жидкий хладагент, проходя через ресивер 8, фильтр 7 и регенеративный теплообменник 6, поступает через терморегулирующий вентиль 1 и распределитель жидкости в воздухоохладитель 2.

Давления всасывания и нагнетания контролируются манометрами 9 и 11, а от превышения предельных значений защищает реле давления 12. Оттаивание поверхности испарителя осуществляется автоматически. Температура воздуха в кузове поддерживается автоматически с помощью термореле.

Мощность бензинового двигателя УД-25 составляет 5,9 кВт. Расход бензина 0,29 кг за 1 ч работы. Расчетная холодопроизводительность установки  $Q_0 = 2200$  Вт при  $t_0 = -26$  °С и  $t_k = 40$  °С. В качестве компрессора использован поршневой компрессор ФВ-6.



400

Рис. 24. Холодильная установка УФ-2:

1 — терморегулирующий вентиль; 2 — воздухоохладитель; 3 — блок вентиляторов; 4 — бензиновый двигатель; 5 — конденсатор; 6 — теплообменник; 7 — фильтр; 8 — ресивер; 9 — мановакуумметр; 10 — компрессор; 11 — манометр; 12 — реле давления

### Вопросы:

1. Каково назначение холодильного транспорта.
2. Какие системы охлаждения используют на автомобильном транспорте.

### Тема: Водный холодильный транспорт

#### План:

1. Предназначение водного транспорта.
2. Устройство водного транспорта.

## 1. Предназначение водного транспорта

Транспортно-рефрижераторные морские и речные суда используют для внутренних и внешнеторговых перевозок скоропортящихся грузов.

По целевому назначению суда делятся на универсальные, осуществляющие перевозку грузов при различных температурах, и специализированные для перевозки контейнеров сжиженных газов.

Добывающие, или промысловые, суда-рефрижераторы предназначены для лова рыбы и первичной холодильной ее обработки (охлаждение или замораживание). К этой группе судов относятся средние рыболовные траулеры (СРТ) и большие рыболовные траулеры (БМРТ) с машинным охлаждением. Температура в трюмах и твиндеках поддерживается от  $-4$  до  $-18$  °С.

Многие промысловые суда имеют на борту специальные аппараты для быстрого замораживания.

Обрабатывающие суда-рефрижераторы представляют собой специальные рыбозаморозильные суда, плавучие рыбозаводы и консервные заводы, которые в районе промысла принимают от добывающих судов свежельвовленную рыбу и полуфабрикат, осуществляют холодильную и другую обработку, изготавливают готовую продукцию и передают ее на транспортные суда для доставки в порт назначения.

Обрабатывающие суда-рефрижераторы оснащены мощными холодильными установками и скороморозильными аппаратами.

Транспортные рефрижераторы используют для перевозки различных и замороженных грузов. Охлаждаемые помещения их рассчитаны на универсальный (0 или  $2...-18$  °С) и низкотемпературный ( $-18$ ;  $-25$  °С) режимы.

## 2. Устройство водного транспорта

В универсальных камерах предусматривают смешанное охлаждение (батареи и воздухоохладители).

Непосредственное охлаждение при разветвленных системах не рекомендуется из-за опасности утечек хладагента, связанных с постоянной вибрацией и деформацией корпуса судна.

Судовые холодильные установки должны быть компактными, иметь малую массу, быть особенно надежными в работе, выполнение их должно учитывать работу в условиях качки, крена и дифферента.

На морских судах применяют оборудование в специальном морском исполнении, гарантирующем работоспособность при отклонении от горизонтального положения в любой плоскости на угол до  $20^\circ$  (длительно) и до  $45^\circ$  (кратковременно), а также при значительном колебании температур воды и воздуха, охлаждающих конденсаторы (при переходе судна из района холодных морей в район теплых вод). Все холодильное оборудование и элементы судовых машин и установок должны соответствовать требованиям правил Морского регистра. На судах применяют холодильные установки, работающие на R12, R22 и на аммиаке.

Холодильные камеры (рефрижераторные помещения) размещают в трюмах и твиндеках (надтрюмных помещениях) судов (рис. 25), имеющих тепловую изоляцию из эффективных материалов. Судовые холодильные установки должны быть снабжены устройствами для автоматической защиты и регулирования основных па-

раметров, а также необходимыми предохранительными устройствами на случай аварийных ситуаций.

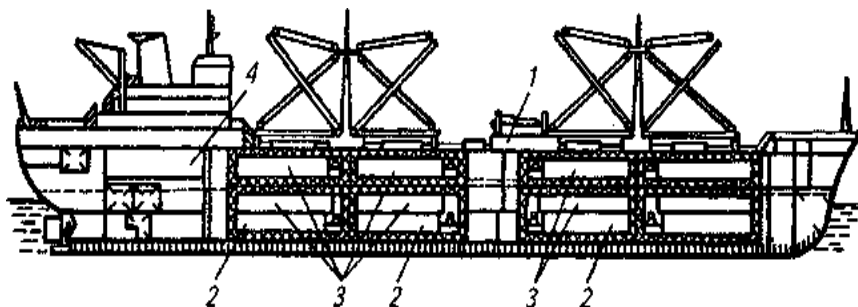


Рис. 25. Продольный разрез рефрижераторного судна:

1 — холодильное машинное отделение; 2 — охлаждаемые трюмы; 3 — охлаждаемые твиндеки; 4 — главное машинное отделение

### Вопросы:

1. Каково назначение холодильного транспорта.
2. Каковы специфические особенности расположения холодильного оборудования на судах-рефрижераторах.

## Тема: Классификация и показатель приборов

### План:

1. Первичные измерительные преобразователи.
2. Исполнительные механизмы.

### 1. Первичные измерительные преобразователи

Прибором автоматики называют конструктивное соединение двух или нескольких элементов, которое выполняет определенную функцию в автоматической системе.

Показывающие приборы состоят из чувствительного (измерительного) элемента и стрелки со шкалой, показывающей значение измеряемого параметра.

Интегрирующие приборы кроме стрелки со шкалой имеют еще интегрирующее (суммирующее) устройство; применяются для измерения расхода энергии или вещества (электрические, газовые счетчики, водомеры и т. д.).

Записывающие приборы фиксируют на движущейся ленте изменения измеряемого параметра во времени; лента обычно приводится в движение часовым механизмом или синхронным электродвигателем. Иногда записывающие приборы снабжаются шкалой со стрелкой, т. е. являются одновременно и показывающими приборами.

Реле преобразуют отклонение регулируемой величины от заданного значения в замыкание или размыкание электрических контактов, соответственно включая или выключая исполнительные механизмы.

Дифференциальные реле имеют два чувствительных элемента, которые воспринимают значения регулируемого параметра в разных точках системы и разность этих значений преобразуют в регулирующее воздействие.

Регуляторы прямого действия преобразуют отклонение регулируемого параметра от заданного значения непосредственно в перемещение регулирующего органа.

Усилитель мощности можно рассматривать как дроссель (вентиль), в котором сигнал малой мощности  $X_1$ , управляющий потоком внешнего источника энергии, преобразуется в сигнал большой мощности  $X_2$ .

Первичные измерительные преобразователи состоят из чувствительного элемента, задающего устройства и элемента сравнения. Они преобразуют измеряемый (регулируемый) параметр в более удобный для передачи и дальнейшего преобразования  $X_1$  и дают сигнал рассогласования на усилитель. Иногда такой преобразователь называют первичным прибором или датчиком, если измеряемый параметр преобразуется в электрический сигнал. Первичный преобразователь может находиться на значительном расстоянии от усилителя или исполнительного механизма.

## 2. Исполнительные механизмы

Исполнительные механизмы преобразуют энергию от внешнего источника в перемещение основного регулирующего органа. Источником энергии могут управлять реле своими контактами, первичный РО регулятора прямого действия или выходной сигнал усилителя. Кроме преобразующего устройства, в состав исполнительного механизма может входить усилитель.

В зависимости от вида чувствительного элемента каждый из указанных типов приборов может быть использован для регулирования (измерения) температуры, давления уровня или других параметров.

Наряду с основными элементами приборы могут иметь еще дополнительные узлы: компенсационные устройства для уменьшения погрешности, вызванной изменением внешних условий; корректирующие устройства, которые позволяют осуществить требуемый закон регулирования, т. е. необходимую зависимость между выходным и входным параметром; узел регулирования диапазона пропорциональности и коэффициента усиления у статических регуляторов, узел дифференциала — у позиционных; узлы, обеспечивающие удобство монтажа, эксплуатации и ремонта, и др.

Типовые конструкции этих вспомогательных узлов будут рассмотрены на конкретных примерах различных приборов.

### Вопросы:

1. Дайте определение приборам автоматики.
2. Из чего состоят показывающие и записывающие приборы.
3. Расскажите про усилитель мощности.
4. Какие дополнительные узлы вы знаете в исполнительных механизмах.

### Тема: Технические показатели приборов

#### План:

1. Общие показатели.
2. Специфические показатели.
3. Регуляторы.

## 1. Общие показатели

Все приборы автоматики имеют некоторые общие показатели. Наряду с ними каждый тип приборов имеет специфические показатели. Общие и специфические показатели входят в техническую характеристику прибора.

К общим показателям приборов относятся: диапазон изменения контролируемой величины, пределы внешних условий, постоянная времени, конструктивное исполнение прибора, габаритные и присоединительные размеры, масса.

**Диапазон** изменения контролируемой величины — это максимальная область изменения регулируемой или контролируемой величины (входного сигнала), на которую рассчитан прибор. Величина диапазона обычно ограничивается физическими свойствами чувствительного элемента (например, участком пропорциональности, габаритами приборов, максимально допустимой погрешностью и пр.).

В измерительных приборах диапазону соответствует номинальное значение шкалы, т. е. область между двумя крайними отметками на шкале, в записывающих — ширина ленты. В реле и регуляторах задающее устройство должно обеспечить настройку на любое значение регулируемой величины во всем диапазоне.

Для увеличения диапазона в приборах предусматривают иногда сменные детали (сопротивления, пружины, шестерни и т. д.). Поскольку увеличение диапазона снижает точность прибора, то при замене детали диапазон обычно не расширяют, а сдвигают. Например, чувствительный элемент термореле реагирует на изменение температуры в пределах  $0-60^{\circ}\text{C}$ , а пружина регулировки задающего устройства (и шкала) рассчитаны на диапазон  $20^{\circ}\text{C}$  ( $0-20^{\circ}\text{C}$ ). Для работы в диапазоне  $20-40^{\circ}\text{C}$  ставят пружину с другой характеристикой; установка третьей пружины позволит работать в диапазоне  $40-60^{\circ}\text{C}$ . В измерительных приборах предусматривают несколько шкал.

**Пределы внешних условий** — условия работы прибора, при которых общая погрешность не выходит за допустимые пределы. В соответствии с ГСП (Государственная система приборов) выпускаемые приборы разделяются на четыре группы, рассчитанные соответственно на работу при температурах окружающей среды от  $-50$  до  $+50$ ; от  $-30$  до  $+50$ ; от  $5$  до  $50$  и от  $10$  до  $35^{\circ}\text{C}$  при относительной влажности от  $30$  до  $80\%$ . Допускаемые колебания питающего напряжения от  $+10$  до  $-15\%$ .

**Постоянная времени** прибора — это интервал между поступлением сигнала на вход прибора и появлением соответствующего сигнала на выходе прибора. Эта величина зависит от конструкции прибора и характеризует его инерционность. В некоторых приборах постоянная времени может регулироваться.

**Конструктивное исполнение** прибора определяет условия его применения. По защищенности приборов от воздействия окружающей среды различают исполнение обыкновенное, пылезащищенное, взрывозащищенное, брызгозащищенное, герметическое, водозащищенное, защищенное от агрессивной среды. Возможны и их сочетания.

**Габаритные и присоединительные размеры, масса** прибора указываются в его технической характеристике.

**Срок службы** приборов, установленный ГСП — 6 лет; гарантия на прибор дается заводом на 18 мес. после монтажа, но не более чем на 24 мес. со дня отгрузки.

## 2. Специфические показатели

Для измерительных приборов показывающих и записывающих характерны следующие показатели.

Цена деления — разность значений измеряемой величины, соответствующая двум соседним отметкам шкалы.

Абсолютная погрешность измерительного прибора ( $\Delta$ — дельта) это алгебраическая разность между показаниями прибора ( $A_n$ ) и действительным значением измеряемой величины ( $A_d$ ), т. е.  $\Delta = A_n - A_d$ . Действительным значением измеряемой величины принято называть результат измерения, полученный при помощи более точных методов и средств измерения.

Точность приборов характеризуется приведенной погрешностью. Приведенная погрешность ( $\delta_{пр}$ ) — это отношение абсолютной погрешности к номинальному значению шкалы прибора ( $A_n$ ), т. е. к разности между конечным и начальными значениями шкалы. Приведенная погрешность выражается в процентах

$$\delta_{пр} = (\Delta/A_n) 100\%$$

Класс точности прибора показывает максимально допустимую приведенную погрешность. Его указывают на шкале прибора цифрой в кружке. Технические приборы имеют класс точности 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0. Например, если манометр со шкалой 0-10 кгс/см<sup>2</sup> имеет класс точности 2,5, то это означает, что измерение можно произвести с погрешностью не более 0,25 кгс/см<sup>2</sup>. Для термометра со шкалой от —30 до +30°С класса точности 1,0 погрешность находится в пределах 0,6°С.

При практических измерениях важна не столько абсолютная погрешность прибора, сколько относительная погрешность, т. е. отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины. Поэтому надо выбирать прибор не только по классу точности, но и так, чтобы номинальное значение шкалы прибора было ненамного больше возможного предела измерения параметра. Покажем это на примерах.

Пусть давление в системе равно 3 кгс/см<sup>2</sup>. При измерении его манометром со шкалой 0-6 кгс/см<sup>2</sup> класса точности 1,5 погрешность прибора будет +0,09 кгс/см<sup>2</sup>, а погрешность измерения = ±3%.

Измерение манометром со шкалой 0-100 кгс/см<sup>2</sup> того же класса точности (1,5) даст погрешность прибора ±1,5 кгс/см<sup>2</sup>, а погрешность измерения  $\frac{1,5}{3} = \pm 50\%$ . Погрешность технических измерений до 5% обычно считают допустимой; погрешность 50% совершенно недопустима.

Рассмотрим другой пример. Для измерения холодопроизводительности машины необходимо измерять разность температур воды на выходе из конденсатора и на входе, а также разность температур хладоносителя на входе в испаритель и на выходе из него. Указанная разность составляет 1-2°С. Измерение ее термометром со шкалой от —50 до +50°С даже класса 0,5 оказывается невозможным, так как определение каждой температуры дает погрешность ±0,5°С, а погрешность прибора при определении разности может составить +1°С. Погрешность измерения будет 50-100%.

Чтобы снизить погрешность измерений, в данном случае необходимо выбрать прибор с меньшим номинальным диапазоном шкалы и более высокого класса точности. Лабораторные приборы имеют классы точности 0,05; 0,1; 0,2.



Иногда измеряемый параметр принимает большие значения только в отдельные моменты. Например, ток в электродвигателе в момент пуска в 5-7 раз превосходит рабочее значение. В этих случаях целесообразнее измерять силу тока амперметром с малым номинальным диапазоном, а в момент пуска отключать прибор (шунтировать его).

Записывающие измерительные приборы характеризуются теми же специфическими показателями, что и показывающие приборы, а также шириной ленты, скоростью ее перемещения, источником питания, потребляемой мощностью, погрешностью хода диаграммы.

Специфические показатели реле: дифференциал, погрешность срабатывания, нестабильность, разрывная мощность контактов и допустимое напряжение; если дифференциал регулируемый, то в технической характеристике указываются пределы его регулировки.

Погрешность срабатывания контактов — это максимальное отклонение входного параметра, на которое реле может не среагировать. Иногда ее выражают в процентах от диапазона измерения контролируемой величины. Различают основную погрешность, соответствующую нормальным условиям работы, и дополнительную, вызванную отклонением внешних условий от нормальных.

В процессе эксплуатации после многих срабатываний первоначально установленное значение срабатывания реле может измениться. Отклонение этого нового значения от начального называют нестабильностью (иногда непостоянством срабатывания).

Разрывная мощность — это максимально допустимая мощность в цепи, разрываемой контактами. Разрывную мощность указывают, как правило, при индуктивной нагрузке для переменного тока (в вольт-амперах и для постоянного тока в ваттах). Иногда вместо этого показателя используют максимально допустимую силу тока.

Допустимое напряжение определяется сопротивлением пробой электрической изоляции токоведущих частей.

### 3. Регуляторы

Регуляторы наиболее полно характеризуются своей статической и динамической характеристикой. В технической характеристике, кроме основных показателей, для статических регуляторов обычно указывается также диапазон пропорциональности (неравномерность) регулятора, т. е. изменение регулируемой величины, необходимое для перемещения РО из одного крайнего положения в другое. Если имеется механизм настройки диапазона пропорциональности, то указываются возможные пределы настройки.

Регуляторы, имеющие в качестве регулирующего органа клапан, характеризуются пропускной способностью  $K_v$  — расходом жидкости (в  $\text{м}^3/\text{ч}$ ) плотностью  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , пропускаемой клапаном при перепаде давления на нем  $0,1 \text{ МПа}$ . В технической характеристике указывают условную пропускную способность  $K_{vy}$ , т. е. пропускную способность при полном открытии клапана. Иногда дается максимальная действительная пропускная способность для жидкости или газа, на которые рассчитан регулятор, при номинальных давлениях на входе и выходе, а также максимальное открытие клапана и условный диаметр прохода.

Погрешность пропорциональных регуляторов характеризуют максимальной зоной нечувствительности (гистерезисом). Вследствие зазоров между деталями прибора и наличия сил трения после изменения знака входного параметра  $X$  некоторое

изменение численного значения  $X$  не вызывает изменения выходного параметра. Максимальное изменение  $X$ , на которое может не реагировать выходной параметр, называют зоной нечувствительности (гистерезисом).

Для усилителей в технических характеристиках указывают коэффициент усиления, пределы его регулировки (если она предусмотрена конструкцией), источник энергии, допустимые пределы изменения его параметров и потребляемую мощность.

Для исполнительных механизмов обязательно указывают источник энергии, потребляемую мощность, допустимые пределы изменения параметров источника энергии и данные по РО (например, пропускная способность клапана при максимальном, среднем и минимальном открытии).

### Вопросы:

1. Расскажите про диапазон.
2. Срок службы приборов.
3. Приведите пример холодопроизводительности машины.
4. Чем характеризуется погрешность пропорциональных регуляторов.

### Тема: Манометры показывающие и записывающие

#### План:

1. Трубочато-пружинные манометры.
2. Манометры дифференциальные двустрелочные.

#### 1. Трубочато-пружинные манометры

Прибор для измерения давления — манометр — представляет собой чувствительный элемент, преобразующий изменение давления в перемещение, соединенный с передаточным механизмом, стрелкой и шкалой.

В холодильных машинах обычно применяют трубочато-пружинные манометры (рис. 26, а). Стрелка манометра показывает нуль, когда, измеряемое давление равно атмосферному. При повышении давления трубка 1 разогнется и займет новое положение (показано пунктиром). Тяга 2 повернет зубчатый сектор 3 вокруг оси против часовой стрелки, а маленькая шестеренка 4 (трибка), на которой укреплена стрелка манометра, повернется по часовой стрелке показывая давление по шкале. Для устранения свободного хода (люфта) в зубчатом зацеплении трибки с сектором имеется упругая спиральная пружинка 5 (волосок). Внутренний конец волоска крепится кosi трибки, а внешний — к неподвижной опоре

Манометр показывает разность между абсолютным давлением в сосуде ( $P_{абс}$ ) и атмосферным (барометрическим) давлением ( $B$ ). Поэтому показание по манометру называют избыточным давлением ( $P_{изб}$ ): Эти давления связаны соотношением

$$P_{абс} = P_{изб} + B$$

Манометры градуируются в кгс/см<sup>2</sup>, Для технических измерений приближенно (с погрешностью 2%) можно принять, что 1 кгс/см<sup>2</sup> л  $\approx 10^5$  Па = 100 кПа = 0,1 МПа.

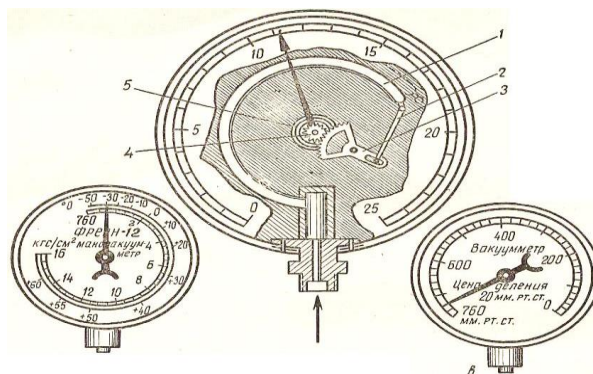


Рис. 26. Трубочато-пружинный манометр

## 2. Манометры дифференциальные двустрелочные

Для измерения разности давлений в холодильных машинах выпускают манометры дифференциальные двустрелочные (типа МДП4-СМ-Т). Большое давление Б через трубчатую пружину, тягу и сектор 6 поворачивает стрелку 2. Меньшее давление М через свою трубчатую пружину и сектор 5 вращает подвижную шкалу 4, которая, как и стрелка 2, своим указателем 1 показывает давление по неподвижной шкале 3. Разность давления Б — М читается на подвижной шкале по отклонению стрелки 2 от указателя 1. Эти манометры удобны, например, для определения разности давлений в масляной системе и паров аммиака или фреона в картере компрессора.

Некоторые марки наиболее употребительных в холодильной технике манометров и мановакуумметров указаны в табл. 2.

Таблица 2

Марка	Холодильный агент	Диапазон измерений, кгс/см <sup>2</sup>
ОБМВ1-100бф ОБМВ1-100 бф	Ф-12	—1—0—15
АМВУ1-160	Ф-22, Ф-13	—1—0—24
АМУ 1-160	Аммиак	—1—0—15
МДП4-СМ-Т	»	0—25
	Ф-12; аммиак	—1—0—9

Класс точности этих приборов 1,5. Кроме шкалы давлений, они имеют температурную шкалу, которая показывает температуру насыщенного пара при соответствующих давлениях.

Записывающие манометры выпускаются на базе показывающих манометров. Вместо шкалы они имеют круговую (дисковую) диаграмму, которая приводится во вращение синхронным электродвигателем (тип МТС-711) или часовым механизмом (МТС-712).

Время одного оборота диаграммы 8 или 24 ч. Аналогичную конструкцию имеют самопишущие мановакуумметры МВТС-711 и МВТС-712 со шкалой —1 —0 — 5 или —1 — 0 — 15 кгс/см<sup>2</sup>.

## Вопросы:

1. Расскажите об устройстве трубчато-пружинного манометра.
2. Расскажите об устройстве дифференциального двустрелочного манометра.
3. Какие марки манометров употребляют в холодильной технике?
4. Что вместо шкалы применяют в записывающих манометрах?

## Тема: Реле давления

### План:

1. Электроконтактные манометры (ЭКМ).
2. Одноблочные реле давления.
3. Импульсное реле давления РД61.

### 1. Электроконтактные манометры (ЭКМ)

Электроконтактные манометры (ЭКМ). Реле этого типа (рис. 27,а) представляет собой показывающий манометр с двумя передвижными электрическими контактами. При повышении давления контакт стрелки С замыкает верхний контакт В. При понижении давления на величину дифференциала (примерно  $0,1 \text{ кгс/см}^2$ ) контакт В размыкается; минимальная величина дифференциала определяется силой магнита, который установлен на подвижном контакте для резкого размыкания. При дальнейшем снижении давления замыкается нижний контакт Я. В некоторых модификациях контакты Я и В включаются поочередно при повышении или при понижении давления.

Провода от предельных контактов и от стрелки выведены на клемную панель, на которой имеется еще клемма для заземления корпуса прибора.

В зависимости от электрической схемы включения электроконтактный манометр можно использовать как двухпозиционное или трех позиционное реле давления. При двухпозиционном включении обычно используют оба подвижных контакта: при замыкании контакта В пилу чается исполнительное устройство, а при замыкании контакта Н оно отключается. Такая схема позволяет регулировать дифференциал изменением положения контактов В и Н в диапазоне почти всей шкалы.

Низкая разрывная мощность контактов (10 В·А) не позволяет включать ЭКМ непосредственно в цепь катушки магнитных пускателей. Поэтому их включают через промежуточное реле по схемам, исключающим работу контактов при размыкании. В схеме, показанной на рис. 27,б, при повышении давления контакт В включает реле 1Р, которое дает команду исполнительному механизму (на схеме не показан) и одновременно замыкает свои контакты 1Р-1 и 1Р-2. Контакт 1Р-1 шунтирует контакт В, поэтому при размыкании контакта В цепь реле 1Р не прерывается: ток идет по цепи 1 — 1Р-1 — 2Р-1 — 1Р — 2, и контакт В не пригорает. При снижении давления на величину общего дифференциала замыкается контакт Н и срабатывает реле 2Р, которое контактом 2Р-1 отключает исполнительное реле 1Р, а реле 1Р в свою очередь контактом 1Р-2 обрывает цепь питания 2Р. Поэтому при размыкании контакта Н тока в цепи 1 — Н — 1Р-2 — 2Р — 2 уже нет.

Защиту контактов при размыкании можно осуществить и без дополнительного реле (2Р), как показано на рис. 27, в. При замыкании контакта В срабатывает испол-

нительное реле Р, которое одновременно контактом Р-1 становится на самопитание, а контактом Р-2 подготавливает себе шунтирующую цепь. В момент размыкания контакт В реле Р питается через свой контакт Р-1. При замыкании контакта Яток проходит по шунтирующей цепи 1 — Н — Р-2 — Р — 2. Поэтому ток, проходящий через катушку реле Р, резко падает, и оно отключается, размыкая контакты Р-2 и Р-1. При размыкании контакта Н в шунтирующей цепи тока уже нет.

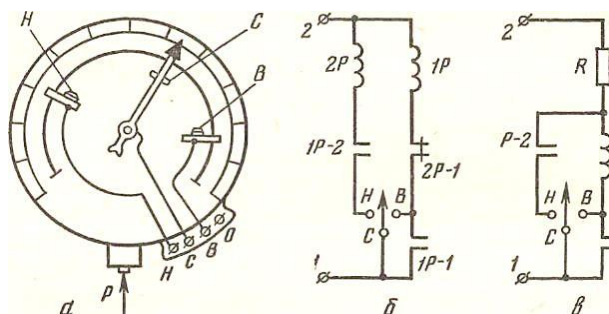


Рис. 27. Электрoкoнтaктный мaнoмeтр  
 а) сxeмa зaщиты при рaзмькaнии: б) с двумя рeлe, в) с oдним рeлe

## 2. Oднoблoчные рeлe дaвлeния

Эти рeлe выпycкaются двyx типoв: низкoгo дaвлeния (РД<sub>н</sub>), у кoтoрых кoнтaкты рaзмькaются при пoнижeнии дaвлeния, и высoкoгo дaвлeния (РД<sub>в</sub>) с рaзмькaниeм кoнтaктoв при пoвышeнии дaвлeния. РД<sub>н</sub> oбычнo иcпoльзуются в мaлых хoлoдильных мaшинaх для пoддeржaния зaдaннoгo дaвлeния в иcпaритeлe и cooтвeтствeннo трeбуeмoй тeмпeрaтурe в шкaфу или кaмeрe. В мaшинaх срeднeй и бoльшoй хoлoдoпрoизвoдитeльнoсти эти рeлe служaт для зaщиты oт пoнижeннoгo дaвлeния. РД<sub>в</sub> иcпoльзуются для зaщиты oт высoкoгo дaвлeния (oтключaют кoмпрeссoр при oпaснoм дaвлeнии).

Рeлe низкoгo дaвлeния типa РД-1Б -01 (рис. 28) coстoит из слeдующих oснoвных узлoв: чувствитeльнoгo элeмeнтa (cильфoн 20), зaдaющeгo устрoйствa (пружинa 8 и винт б), элeмeнтa срaвнeния (рычaг 22), систeмы рычaгoв и рeгулирующeгo oргaнa (элeктричeские кoнтaкты 14). Имeeтся узeл нaстрoйки диффeрeнциaлa (винт 2 и пружинa 23). С пoвышeниeм дaвлeния кoнтaкты зaмькaются.

Рaссмoтрим пoдрoбнee рaбoту прибoрa. Извeстнo, чтo у цилиндричeских пружин сжaтиe (или рaстяжeниe) прoпoрциoнaльнo нaгрузкe (прoизвeдeнию дaвлeния нa плoщaдь cильфoнa). Еcли пружинa ужe пeрeдвaритeльнo сжaтa, тo дoпoлнитeльнoгo сжaтиa нe прoиcхoдит, пoкa усилии нe стaнeт бoльшe силы пeрeдвaритeльнoгo сжaтиa. Нa рис. 28 этo учaстки  $r_8$  (для пружинy 8) и  $r_{23}$  (для пружинy 23). Угoл пoвoрoтa  $\phi$  рычaгa 22 прoпoрциoнaльн сжaтиe пружинy 8.

В нaчaльнoм coстoянии oснoвнaя пружинa 8 сжaтa. Пeрeдвaритeльнoe нaтяжeниe ee  $r_8$  бoльшe, чeм суммaрнaя силa вcпoмoгaтeльнoй пружинy 21 и дaвлeния  $p$  нa дoнышкo cильфoнa 20. Пoэтoму рычaг 17 oпущeн вниз и, нaжимaя лeвым кoнцoм нa вилкy рычaгa 22, упирaeтся в выступ кoрпyсa 1. С рычaгoм 17 шaрнирнo сoединeн рычaг 9, кoтoрый пoд вoздeйствиeм пружинy 18, нaвитoй нa oсь  $O_3$ , прижaт к винтy 16. Пружинa 12 пeрeключaтeлa рaстянута, и coстaвляющaя силy в тoчкe  $O_5$  пoвoрa-

чивает рычаг 13 вокруг оси  $O_6$  влево. Вилка рычага 13 вращает рычаг 10 вокруг оси  $O_7$  по часовой стрелке до упора в винт 11, размыкая контакты, 14 и 15. Пружина дифференциала 23 растянута, и вилка рычага 22, упираясь в выступ, не воздействует на рычаг 17.

При повышении давления на входе после преодоления силы предварительного натяжения  $p_8$  пружины 8 шток 19 начнет сжимать пружину 8, поворачивая рычаг 17 на угол  $\varphi$ . При давлении  $p_A$  рычаг 17 упрется в верхний выступ вилки 22 и движение прекратится, пока давление не возрастет до величины  $p_B$ , преодолев силу предварительного натяжения пружины дифференциала 23. Дальнейшее возрастание давления преодолевает суммарную силу сжатой пружины 8 и растянутой пружины 23. При давлении  $p_2$  ось  $O_4$  на конце рычага 9 переходит за линию  $O_5 — O_6$  и пружина переключателя 12 обеспечит резкое замыкание контактов 14 и 15.

При понижении давления на входе пружины 8 и 23, преодолевая усилие пружины 21 и оставшегося давления, поворачивают рычаги 17 и 9 в обратном направлении. Когда вилка рычага 22 дойдет до упора, верхний выступ вилки перестает воздействовать на рычаг 17. Сила  $p$  становится больше силы сжатой пружины 8. Снижение давления от  $p_B$  до  $p_A$  не вызывает поворота рычага 17. Далее работает только пружина 8. При снижении давления от  $p_A$  до  $p_1$  рычаг 17 отойдет от верхнего выступа вилки 22 и повернувшись до положения  $\varphi_1$ , отведет ось  $O_4$  левее линии  $O_5 — O_6$  и разомкнет контакты.

Таким образом, на размыкание контактов воздействует только пружина 8, а на замыкание — пружины 8 и 23. С уменьшением натяжения пружины 8 вращением винта 6 снижается давление выключения  $p_1$  но настолько же снижается и давление включения  $p_2$ , т. е. величина дифференциала  $\Delta p = p_2 — p_1$  не изменяется.

Изменение дифференциала осуществляется натяжением пружины 23 винтом дифференциала 2 за счет давления включения  $p_2$ . При этом выключение  $p_1$  не изменяется.

При вращении винтов дифференциала 2 и диапазона 6 гайки 5 и 7, имеющие выступы с прорезями, направляющей для которых служит шкала 4, перемещаются вверх или вниз, указывая стрелками значение дифференциала и давление выключения. Пластина 5 фиксирует положение винтов после регулировки.

В случае несовпадения значений давления выключателя, указанного на шкале, с фактическим (по манометру) используют юстировочный винт 16, которым изменяют угол между рычагами 17 и 9. При совпадении указанных давлений винт 16 закрепляют и пломбируют. Обычно это делают на заводе или при ремонте прибора. Аналогично винтом 11 изменяют начальный зазор между контактами 14 и 15, т. е. величину дифференциала, пока она не совпадет со значением, указанным на шкале. Этот винт тоже пломбируют.

Реле типа РД-1Б и РД-2Б имеют брызгозащищенное исполнение. Реле РД-1ВМ-01 и РД-2ВМ-03, — взрывозащищенные и защищенные от агрессивной среды (категории РВ и ВЗГ), могут применяться на аммиачных установках, на угольных и сланцевых шахтах. Реле РД-3К (корабельное) имеет водозащищенное исполнение; контактная группа выполнена на базе микропереключателя. Остальные — реле общего назначения. Конструкция РД-5 значительно проще, так как у него нерегулируемый дифференциал.

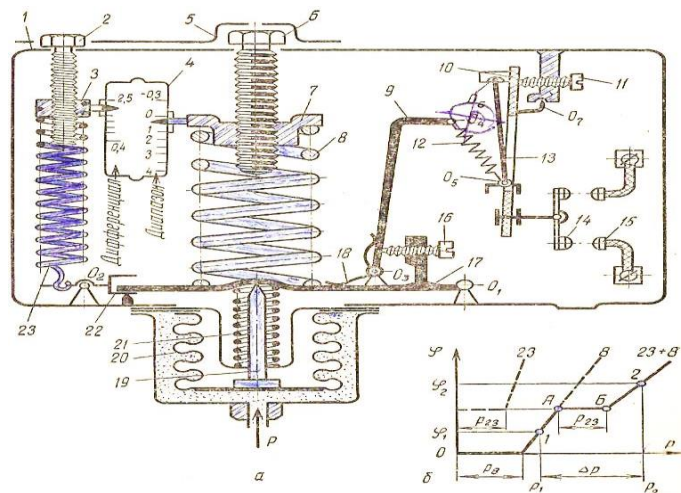


Рис. 28. Реле давления РД-1Б-01

### 3. Импульсное реле давления РДБ1

Для точного поддержания давления в пределах  $p_{изб} = 0,1-3 \text{ кгс/см}^2$  с минимальным дифференциалом  $0,01-0,02 \text{ кгс/см}^2$  предназначено и м п у л ь с н о е р е л е д а в л е н и я РД-61 (рис. 29).

При повышении давления  $p$  доньшко 11 сильфона 10 через гайку 9 нажимает на втулку 8. Пружина 3 сжимается и перемещает гайку 2, резьбовую втулку 6 и гайку дифференциала 5, которая дополнительно сжимает пружину дифференциала 4. При этом рычаг импульсного контакта ИК, вращаясь вокруг оси  $O_3$ , разрывая контакт  $K_4$  и замыкает контакт  $K_3$ .

При понижении давления сила пружин 3 и 4 перемещает гайку 9 вправо, разрывая контакт  $K_3$ , но когда резьбовая гайка 6 упрется в выступ корпуса 7, пружина 4 прекратит воздействие на перемени пне контакта ИК. Дальнейшее перемещение гайки 9 вправо и замыкание контакта  $K_4$  осуществляется лишь пружиной диапазона 3.

При замыкании контакта  $K_4$  мгновенный ток пройдет через катушку 2К электромагнитного переключателя по цепи  $K_1 - K_4 - K_6 - K_2$  (рис. 29). Верхний электромагнит 15 притянет якорь 13, и текстолитовая вилка якоря 13 электромагнита повернет рычаг 12 с подвижными контактами вокруг оси  $O_2$  по часовой стрелке. Вспомогательным контакт ВК разомкнет  $K_в$ , обесточив катушку 2К, и замкнет  $K_5$ , подготовив к работе катушку 1К. Одновременно с переключением вспомогательных контактов ВК произойдет и переключение основных контактов (разомкнётся  $K_с$ ). Для отключения компрессора при понижении давления нагрузка Н (катушка пускателя) подключается к клеммам  $K_1$  и  $K_8$ .

Перекидная пружина 14 увеличивает резкость размыкания контактов ВК. и ОК и фиксирует якорь электромагнита после переключения контактов в новом положении при обесточенных катушках 1К и 2К.

Таким образом, катушки 1К и 2К работают лишь доли секунды при переключении контактов ИК и остальное время обесточены. Ток через контакты ИК в момент их размыкания не проходит, поэтому для них не требуется механизм резкого размыкания, что и позволяет до минимума снизить дифференциал.

Диапазон давлений отключения нагрузки регулируется гайкой 2 (при снятой крышке прибора), которая, скользя по шпонке направляющей 1, изменяет натяжение пружины 3. Дифференциал увеличивается гайкой 5, сжимающей пружину 4.

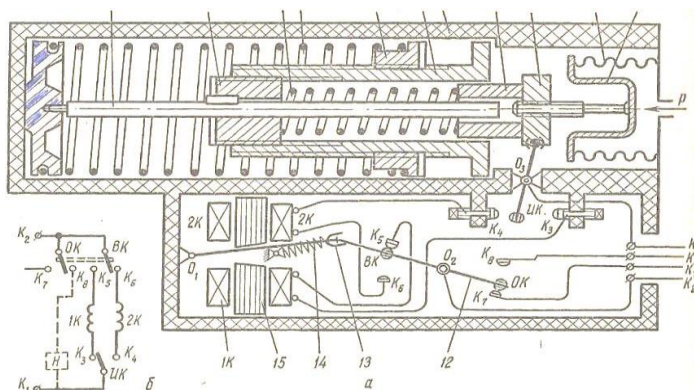


Рис. 29. Импульсное реле давления РД-61: а — схема конструкции; б — принципиальная электрическая схема.

### Вопросы:

1. Устройство электроконтактного манометра.
2. Расскажите об реле низкого давления.
3. Дайте техническую характеристику одноблочного реле.

### Тема: Двухблочные реле давления

#### План:

1. Реле давления РД-1.
2. Реле давления РД-3-01.

#### 1. Реле давления РД-1

Эти реле представляют собой сочетание реле низкого давления (РДн) и реле высокого давления (РДв), заключенных в одном корпусе; оба реле воздействуют на один электрический контакт.

Одно из первых двухблочных реле давлений, широко применяемое до настоящего времени бесшкальное реле типа РД-1 (рис. 30). Его применяют в малых фреоновых машинах.

Реле низкого давления соединено со всасывающим вентилем компрессора. Пар фреона через отверстие в штуцере поступает внутрь кожуха 1 и омывает наружную поверхность сильфона 2. Этот пар сжимает сильфон. Доньшко сильфона перемещается вправо, и шток 4 передает усилие на двуплечий рычаг 5. В этом же направлении действует сжатая пружина 3. Рычаг 5, преодолевая усилие пружины 7, поворачивается по часовой стрелке вокруг оси  $O_1$  и тяга 6, шарнирно укрепленная на длинном плече рычага, опускается. На верхнем конце тяги имеется загнутый зуб, который заходит в прямоугольный паз рамки 8. Когда тяга перемещается вниз, зуб упирается в пластину дифференциала 9 и вся рамка вместе с токонесущей пластиной 11, проворачиваясь вокруг своей оси, опускается до тех пор, пока не замкнутся контакты 12. Во время работы компрессора давление в испарителе понижается. Сила



растянутой пружины 7 становится больше силы давления пара на сильфон и силы сжатой пружины 3. Двуплечий рычаг начинает поворачиваться против часовой стрелки; тяга идет вверх, пока не упрется своим зубом в верхнюю кромку паза рамки 8. Преодолевая последнее усилие притяжения токонесущей пластины к постоянному магниту 13, пружина 7 обеспечивает размыкание электрических контактов. Регулировка давления выключения производится винтом Н. При вращении винта Н по часовой стрелке натяжение пружины 7 увеличивается, что повышает давление включения и выключения (на одинаковую величину).

Дифференциал регулируется внутренним винтом Д. При повороте винта Д по часовой стрелке пластина дифференциала 9 подымается и зазор между нею и верхней кромкой паза рамки уменьшается, снижая  $p_{вкл.}$  Винт Д находится подтоком, поэтому регулировку дифференциала необходимо производить отверткой с изолированной рукояткой или выключать общий рубильник.

Реле высокого давления служит для отключения компрессора при чрезмерно высоком давлении. Пар высокого давления, попадая в кожух 14, сжимает сильфон 15. Дюнышко сильфона перемещается вправо и через шток 16 передает усилие на Т-образный рычаг 17, который может вращаться вокруг своей оси  $O_3$ . Когда давление пара станет выше силы сжатой пружины 18, рычаг поворачивается против часовой стрелки и конец рычага, к которому прикреплена перекидная растянутая пружина 20, поднимается до тех пор, пока не перейдет ось ударника 19 (положение  $O_4$ ). В этот момент составляющая силы растянутой перекидной пружины будет стремиться повернуть ударник относительно своей опоры  $O_5$  уже не против, а по часовой стрелке. Своим выступом ударник толкает текстолитовую планку, укрепленную на конце токонесущей пластины 11, и разрывает электрическую цепь.

При срабатывании РД<sub>В</sub> токонесущая пластина поворачивается, не вместе с рамкой, как это происходило при выключении контактов РД<sub>Н</sub> а относительно неподвижной теперь рамки. При этом опускается только плоская пружина 10.

Регулирование давления срабатывания РД<sub>В</sub> производится изменением силы сжатия пружины гайкой В.

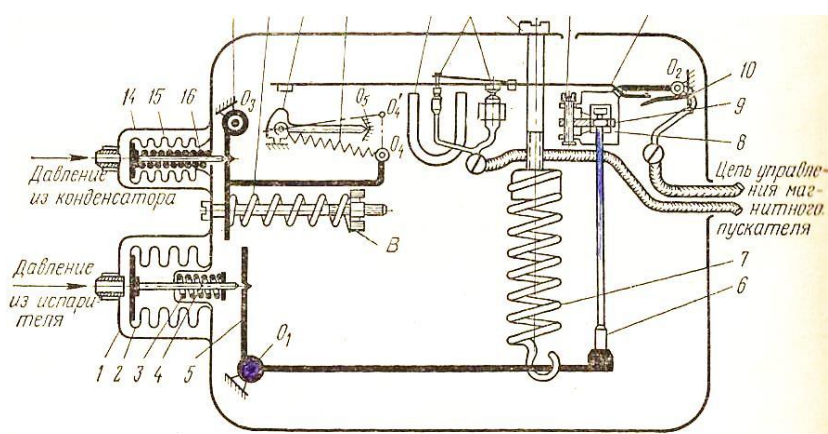


Рис. 30. Реле давления РД-1

## 2. Реле давления РД-3-01

Реле давления РД-3-01 (рис. 31) объединяет, как и РД-1, реле низкого и высокого давления, но имеет ряд преимуществ:

- 1) наличие шкал, показывающих установленное давление выключения и значение дифференциала РД<sub>Н</sub> (шкалы 6 и 7) и установленное давление выключения РД<sub>В</sub> (шкала 14);
- 2) более широкий диапазон регулирования;
- 3) безопасность регулирования дифференциала;
- 4) наличие пылезащищенного корпуса;
- 5) универсальность (для Ф-12 и Ф-22).

Механизм РД<sub>Н</sub> по конструкции и принципу действия аналогичен РД-1Б-0Ц. При повышении давления в испарителе сильфон 1 сжимается и, преодолевая усилие пружины 8, поворачивает рычаг 2 вокруг оси  $O_3$  по часовой стрелке. Когда левый конец рычага 2 коснется верхнего выступа вилки рычага 3, движение рычагов приостановится, пока сила давления  $p_1$  не станет достаточной, чтобы преодолеть совместное усилие пружин 8 и 4. При дальнейшем повышении давления  $p_1$  рычаг 2 поворачивается, пока укрепленный на нем пружиной 18 и винтом 17 рычаг 10 не замкнет электрический контакт микропереключателя 11. При понижении давления  $p_1$  усилие пружин 4 и 8 поворачивает рычаги 2 и 10 против часовой стрелки. Когда рычаг 3 упрется в выступ-ограничитель, рычаг 2 отойдет от верхнего выступа вилки рычага 3. Таким образом, пружина 4 на давление размыкания контактов влияния не оказывает.

Если во время работы компрессора давление нагнетания  $p_2$  стало выше установленного, то сильфон 16 сожмется и рычаг 15, преодолев усилие пружины 13, повернется вокруг оси  $O_4$  и верхним выступом нажмет на рычаг 10. Последний, преодолев усилие пружинки 18, повернется вокруг оси  $O_2$  влево и разомкнет контакты микропереключателя.

Регулирование диапазона и дифференциала РД<sub>Н</sub> осуществляется соответственно винтами 9 и 5 путем натяжения пружины 8 и 4. Диапазон РД<sub>В</sub> регулируется винтом 12. Положение винта 17 устанавливают на заводе и пломбируют. Правильная установка его обеспечивает соответствие между фактическим давлением и давлением выключения РД<sub>Н</sub>, которое указывает стрелка на шкале 7.

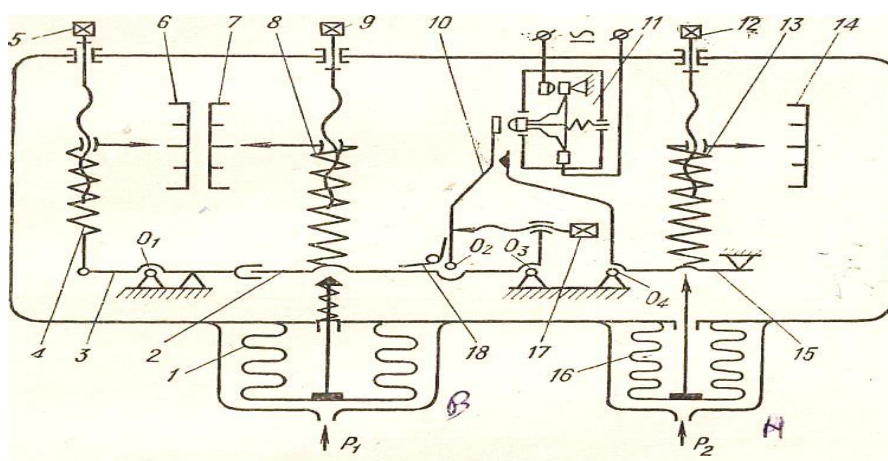


Рис. 30. Реле давления РД-3-01

**Вопросы:**

1. Устройство и принцип работы реле давления РД-1.
2. Устройство и принцип работы реле давления РД-3-01.

## Тема: Реле разности давлений

### План:

1. Реле разности давлений типа РКС.
2. Техническая характеристика реле.

### 1. Реле разности давлений типа РКС

Реле РД-4А-01 и РД-4А-02 предназначены для аммиачных установок. Сильфоны у них изготовлены из нержавеющей стали, не поддающейся воздействию аммиака. Схема работы их аналогична реле РД-3-01. Исполнение приборов взрывобезопасное. При нарушении герметичности сильфона аммиак благодаря разделяющей мембране не попадает внутрь прибора, где возможна искра при размыкании контактов, а через небольшое отверстие из камеры сильфона выходит в атмосферу.

В холодильных машинах реле разности давлений нашли широкое применение для защиты компрессором в случае нарушения работы масляного насоса. Когда разность давлений на нагнетательной стороне насоса и всасывающей стороне (давление в картере) становится меньше допустимого значения (0,8—2 кгс/см<sup>2</sup>), реле размыкает электрические контакты и останавливает компрессор. Их называют еще реле контроля смазки (РКС).

Реле типа РКС (рис. 32) имеют два сильфона 1 и 8, воздействующие на общий рычаг 2. В нижний сильфон 1 (плюсовой) - подается более высокое давление, чем в верхний 8 (минусовой). Когда разность этих давлений становится выше силы сжатой пружины 3, рычаг 2 поворачивается вокруг оси  $O_4$  по часовой стрелке. В этом же направлении вращается и рычаг 9, соединенный с ним шарнирно под определенным углом. Угол между рычагами фиксируется винтом 15 и пружиной 16. Поворот рычага 9 вызывает перемещение конца пружины 10 вправо. Когда конец пружины пересечет ось переключающего поводка 12, составляющая сила растянутой пружины начнет вращать поводок вокруг шарнира  $O_2$  против часовой стрелки. Поводок, увлекая за собой контактную планку 13, вызывает резкое замыкание контактов 14.

Заданная разность давлений регулируется вращением винта 7. Когда гайка 4 опускается, сжимая пружину 3, разность давлений увеличивается, значение ее указывается стрелкой 5 на шкале 6.

Дифференциал — не регулируемый. Требуемое значение его устанавливается при сборке винтом 11.

Когда разность давлений становится меньше заданной, контакты размыкаются, с увеличением этой разности на величину дифференциала контакты замыкаются.

### 2. Техническая характеристика реле

Технические характеристики реле типа РКС приведены в таблице 3. Реле РКС-1Б имеют брызгозащищенное исполнение, РКС-1А — для помещений класса В16, РКС-1ВМ — взрывобезопасное исполнение. Эти реле могут быть использованы и для контроля за водяными, рассольными и аммиачными насосами, останавливая их при недостаточной разности давлений. Разрывная мощность контактов при напряжении 220 В у всех реле равна 300 В·А.

Таблица 3 - Технические характеристики реле РКС

Реле разности давлений	Диапазон настройки разности давлений, кгс/см <sup>Г</sup>	Дифференциал, кгс/см <sup>2</sup>	Предельно допустимое давление, кгс/см <sup>2</sup>		Рабочая среда
			в сильфонных блоках	разность давлений	
РКС-1Б	0,2—1,8	0,3	12	6	Фреон
РКС-1А-01	0,2—1,8	0,4	16	16	Аммиак
РКС-1А-02	0,5—3,5	0,4	16	16	»
РКС-1ВМ	0,2—1,8	0,35—1,2	16	6	Фреон, аммиак
		(регулируемый)			

**Вопросы:**

1. Схема работы реле разности давления.
2. Устройство реле разности давления.
3. Расскажите техническую характеристику.

**Тема: Регуляторы давлений**

**План:**

1. Регуляторы давления «до себя».
2. Регуляторы давления «после себя».

**1. Регуляторы давления «до себя»**

В регуляторах давления изменение регулируемого давления обычно преобразуется в перемещение клапана. Изменение расхода газа или жидкости прямо или косвенно влияет на регулируемое давление

Перемещение клапана в регуляторах может быть плавным или двухпозиционным. В соответствии с этим различают плавные регуляторы давления (ПРД) и двухпозиционные (ДРД). Наибольшее распространение получили плавные регуляторы давления.

В зависимости от взаимного расположения клапана и емкости, в которой регулируется давление, различают три группы регуляторов: регуляторы давления «до себя»; регуляторы давления «после себя»; косвенные регуляторы давления.

Регуляторы давления «до себя» поддерживают постоянное давление до клапана. При повышении давления расход увеличивается, что приводит к снижению давления. Эти приборы иногда устанавливают на выходе из испарителя, чтобы обеспечить заданное давление и соответственно температуру кипения.

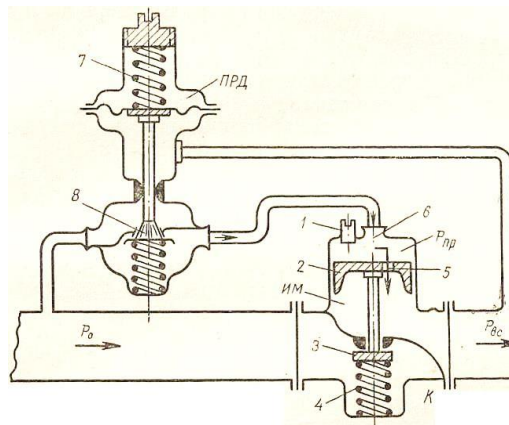


Рис. 33. Регулятор давления всасывания непрямого действия

## 2. Регуляторы давления «после себя»

Регуляторы давления «после себя» поддерживают заданное давление после клапана. Их используют с целью: а) ограничить повышение давления всасывания для защиты электродвигателя компрессора от перегрузки; прибор устанавливают на всасывающей линии перед компрессором; б) предохранить компрессор от резкого понижения давления в картере, что может принести к вспениванию и выбросу масла из компрессора; для осуществления функции прибор устанавливают на байпасной линии, соединяющей сторону нагнетания и всасывания; в) регулировать заполнение испарителя холодильным агентом (барорегулирующий вентиль).

Из косвенных регуляторов давления наибольшее применение получили регуляторы давления конденсации (водорегулирующие вентили ВРВ). При повышении давления конденсации они увеличивают подачу воды в конденсатор, поддерживая заданное давление конденсации.

Регулятор давления	Регулирование давления	Диаметр условного прохода, мм	Диапазон настройки средних поддерживаемых давлений $P_{изб}$ кгс/см <sup>3</sup>	Диапазон пропорциональности, кгс/см <sup>2</sup>	Пропускная способность по Ф-12 (кгс/см <sup>2</sup> ), кг/ч
АДК-15	«До. себя»	15	0,5—3,5	0,3	78
АД-20	» »	20	0,9—3,3	—	125
АД-40М	«После себя»	40	0,35—2	0,2	500

### Вопросы:

1. Перечислите группы регуляторов.
2. С какой целью используют регуляторы давления «после себя».
3. Какие регуляторы давления получили наибольшее применение.

## Тема: Термометры показывающие и записывающие

### План:

1. Жидкостные термометры .
2. Дилатометрические термометры.
3. Манометрические термометры.
4. Термоэлектрические термометры.

## 1. Жидкостные термометры

Для измерения температуры на холодильных установках применяют жидкостные термометры, dilatометрические, манометрические термометры, термометры сопротивления и термоэлектрические термометры. В главе II были рассмотрены чувствительные элементы, преобразующие изменение температуры в другие параметры. Кроме этих элементов термометры имеют еще шкалу или комплектуются вторичным прибором для измерения электрических величин, причем шкала последних также градуируется в единицах температуры.

Жидкостные термометры. Эти термометры, как наиболее простые и дешевые, находят в холодильной технике широкое применение. Техническая характеристика наиболее употребительных жидкостных термометров.

При выборе термометра необходимо обращать внимание на диапазон шкалы и цену деления. Нижний предел измерения у ртутных термометров ограничен точкой замерзания ртути ( $-39^{\circ}\text{C}$ .) Для измерения более низких температур применяют спиртовые или толуоловые термометры. Точность измерения определяется ценой деления термометра. Для эксплуатационных измерений подходят термометры с ценой деления  $0,5-1^{\circ}\text{C}$ . Однако для измерения небольшой разности температур (например, при нагреве воды в конденсаторе, охлаждении рассола в испарителе) требуются термометры с ценой деления  $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$ , так как при нагреве воды, например на  $4^{\circ}\text{C}$ , ошибка измерения в  $1^{\circ}$  на входе в конденсатор и  $1^{\circ}$  на выходе из него даст относительную погрешность измерения  $2:4 = 50\%$ .

При заказе термометров надо указать полное его обозначение и номер стандарта. Например: «термометр А№2-0,5-220-160, ГОСТ 2823—59». Буква А означает «прямой» (изогнутые термометры для холодильных установок почти не применяются), № 2 — диапазон шкалы (от  $-35$  до  $50^{\circ}\text{C}$ ), 0,5 - цена деления, 220 - длина шкалы, 160 - длина погружаемой части (удобна также длина 80 и 100 мм).

Для измерения температуры в шкафах и прилавках на предприятиях общественного питания ртутными термометрами пользоваться не следует, так как попадание ртути в пищевые продукты может вызвать отравление. И вообще стеклянные термометры требуют очень осторожного обращения с ними.

## 2. Dilатометрические термометры

В dilatометрических термометрах тепловое расширение твердых тел преобразуется в перемещение стрелки, показывающей на шкале измеряемую температуру. Однако коэффициент линейного расширения твердых тел меньше, чем жидкостей. Поэтому точность измерения у dilatометрических термометров ниже. Кроме того, конструктивно они сложнее, чем жидкостные.

Dilatометрические термометры удобно применять для измерения температуры в шкафах и прилавках, где не требуется высокая точность измерения ( $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) и применение жидкостных термометров нежелательно.

Для автоматической записи температуры в охлаждаемом объекте и наружной температуры воздуха на малых установках применяют метеорологический термограф М-16 с биметаллическим чувствительным элементом (рис. 34). Часто его дополняют устройством для регистрации цикличности работы компрессора (термограф — циклограф).

Термограф состоит из барабана 2, который приводится в движение часовым механизмом с суточным или недельным заводом, биметаллической пластины 8, укрепленной на кронштейне 6, и стрелки 3, ось которой рычагом 5 соединена с подвижным концом пластины 8. Все узлы собраны в пластмассовом корпусе 10 и закрыты крышкой 1, стремя стеклянными сторонами. Сменное перо на стрелке заполняется специальными густыми чернилами; на барабане укрепляется лента.

Через 15-20 мин после подключения на ленте появляется горизонтальная линия (термограмма). Если запись по термограмме расходится с фактической измеряемой температурой, то, вращая винт 7, перемещают перо, пока не достигнуто совпадения действительной и записываемой температур.

Пределы показаний термографа М-16 от  $-35$  до  $+45^{\circ}\text{C}$ ; основная погрешность измерения  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ; габариты 140 x 340 x 200 мм.

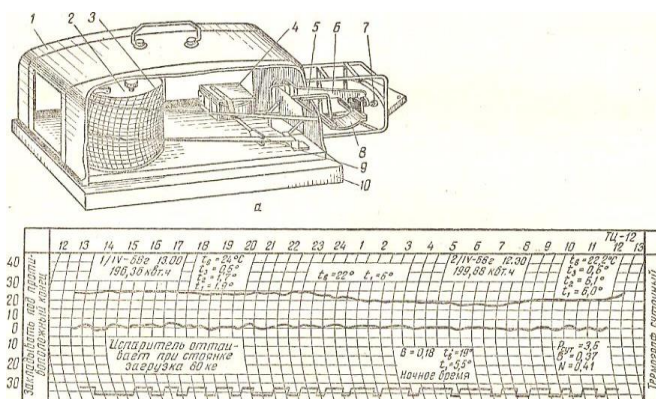


Рис. 34. Термограф-циклограф: а - общий вид

### 3. Манометрические термометры

Простейший манометрический термометр представляет собой манометр, к входу которого припаяна на капиллярная трубка с термобаллоном, наполненным газом, жидкостью или твердым адсорбентом. Шкала градуируется в  $^{\circ}\text{C}$ . Газовые манометрические термометры заполняются азотом при давлении  $10-35 \text{ кгс/см}^2$  и имеют равномерную шкалу ( $0-300$  или  $0-400^{\circ}\text{C}$ ). Конденсационные манометрические термометры заполняются жидкостью с низкой температурой кипения: углекислотой (шкала от  $-60$  до  $0^{\circ}\text{C}$ ), фреоном-12 (от  $-20$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ), хлорметилом ( $0-150^{\circ}\text{C}$ ) и бензолом ( $100-250^{\circ}\text{C}$ ). Шкалы у них неравномерные, сильно сжатые вначале. Показывающие термометры этого типа (ТПГ) имеют класс точности 1 и 1,5. Они могут иметь электроконтакты для сигнализации. Их удобно использовать в торговом холодильном оборудовании, чтобы контролировать температуру в шкафах, не открывая дверцы. В самопишущих термометрах ТПГ круговая диаграмма приводится в движение синхронным электродвигателем либо часовым механизмом.

Термометром сопротивления называют прибор, преобразующий изменения температуры в соответствующие изменения электрического сопротивления. Он состоит из чувствительного элемента — металлического или полупроводникового терморезистора с защитной и присоединительной арматурой и вторичного прибора, который преобразует изменение сопротивления в перемещение стрелки. Вторичный прибор включает в себя электрическую схему для преобразования изменения сопротивле-

ния в изменение силы тока или напряжения и устройство для преобразования активных электрических величин в перемещение стрелки.

Наибольшее распространение получили медные и платиновые термометры сопротивления (ТСМ и ТСП).

Термометры сопротивления	Номинальное сопротивление при 0°C, Ом	Обозначение градуировки	Диапазон измерения, °C	
			от	до
ТСП	10	Гр. 20	0	650
»	46	» 21	—200	500
»	100	» 22	—200	500
ТСМ	53	» 23	—50	180
»	100	» 24	—50	180

Термометры сопротивления градуируются при сопротивлении подводящих проводов 5 или 10 Ом. Если при измерении температуры фактическое сопротивление проводов меньше градуировочного, то вводят дополнительное сопротивление; при большой длине проводки, чтобы сопротивление не превысило градуировочного, применяют провода увеличенного сечения.

Термометры сопротивлений отличаются большой точностью (до 0,1°C) и стабильностью показаний. Динамические свойства их определяются постоянной времени. У термометров с большой тепловой инерцией (типа БИ) она не превышает 4 мин, со средней тепловой инерцией (СИ) 80 с и малой (МИ) — 9 с. Сравнительно большая их инерционность мешает уловить быстрые изменения температуры. Габариты термометров сопротивления не позволяют использовать их для измерения температуры в труднодоступных местах.

Полупроводниковые термометры сопротивления – термисторы – по сравнению с медными и платиновыми термометрами сопротивления имеют ряд преимуществ:

- 1) более высокую чувствительность, что позволяет упростить схему вторичного прибора;
- 2) меньшую инерционность (постоянная времени у них 0,1-50 с);
- 3) компактность;
- 4) большое начальное сопротивление (несколько тысяч Ом), что позволяет увеличить сопротивление соединительных проводов более чем в 5 раз (для проводки применяют телефонный кабель диаметром 0,5 мм). Область применения термисторов непрерывно расширяется.

Недостаток термисторов — неустойчивость номинальных значений их сопротивлений, поэтому погрешность измерений составляет не менее  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Для устранения погрешностей, связанных с изменением общего сопротивления вследствие изменения температуры в подводящих проводах, термометры сопротивления подключают к вторичному прибору по так называемой трехпроводной схеме. В этой схеме изменение температуры вызывает одновременное изменение сопротивления двух подводящих проводов, находящихся в соседних плечах моста, что не отражается на точности измерений. Для большей точности измерений лучше применять схему равновесного моста, работающего по компенсационному методу. При изменении температуры и соответственно сопротивления  $R_t$  стрелка нуль-



гальванометра НГ отклоняется от нуля. Переменным сопротивлением  $R_3$  добиваются, чтобы стрелка снова вернулась на нуль (нулевое положение фиксируется значительно точнее, чем другие положения на шкале). Рукоятка  $R_3$  связана со стрелкой шкалы вторичного прибора.

Для дистанционного измерения температуры в нескольких камерах применяют многолочные переключатели (ПМТ), которые позволяют поочередно подключать термометры сопротивлений, установленные в камерах, к одному вторичному прибору.

#### 4. Термоэлектрические термометры

Термоэлектрические термометры. Чувствительным элементом термоэлектрического термометра является термопара. Термо-э.д.с., создаваемая термопарой, зависит почти пропорционально от разности температур спаев и от материалов выбранной пары.

Термопара	Термо-э.д. с. термопар (в мВ) при температуре, °С				
	-200	-100	0	100	200
Медь-константан	-5,54	-3,35	0	4,28	9,29
Хромель-алюмель	-5,75	-3,49	0	4,10	8,13
Железо-константан	-8,27	-4,82	0	5,40	11,0

Промышленные термопары имеют длину от 0,2 до 3,2 м. Рабочий конец термопары обычно соединяют сваркой. Электроды термопары 1 и 2 изолируют фарфоровыми бусами или соломкой 4. Для защиты от химического воздействия и механических повреждений термопару помещают в металлический чехол 3.

Инерционность термопар зависит от диаметра термоэлектродов и от защитной арматуры. По инерционности технические термопары делятся на три группы: БИ (время нагрева 2,5-8 мин), СИ (1,5-2,5 мин), МИ (менее 1,5 мин).

При измерении свободные концы термопары С помещают в термостат 7, где поддерживается температура 0°С. Для удлинения термопары к ней подсоединяют компенсационные провода 5 и 6, термоэлектрические свойства которых такие же или близки соответственно термоэлектродам 1 и 2. От свободных концов С подсоединение к вторичному прибору осуществляют медными проводами 8.

В качестве вторичного прибора применяют милливольтметры или потенциометры. Милливольтметры магнитоэлектрической системы, как показывающие и самопишущие, так и сигнализирующие (трех-позиционные), в комплекте с термопарой (термометрический комплект) имеют класс точности 1-1,5.

#### Вопросы:

1. Для чего предназначен жидкостной термометр.
2. Расскажите устройство дилатометрического термометра.
3. Дайте определение термометру сопротивления.
4. Назовите достоинства и недостатки термометров сопротивления.
5. На какие группы инерционности делятся технические термометры.

## Тема: Электронный самопишущий мост ЭМП-209М2

### План:

1. Схема самопишущего моста ЭМП-209М2 .
2. Электронный потенциометр ЭПП-09М2.

### 1. Схема самопишущего моста ЭМП-209М2

Этот прибор применяют на крупных холодильниках для одновременной записи температур в нескольких камерах. Мост ЭМП-209М2 (рис. 35) может иметь до 24 термометров сопротивления ( $R_{t_1}$ ,  $R_{t_2}$  и т. д.), которые поочередно переключателем П подключаются к измерительному мосту М. Переключатель приводится в действие синхронным двигателем СД, который одновременно вращает барабан с ленточной диаграммой ЛД, прижимает каретку К через окрашенную ленту к диаграмме и поворачивает колесико с цифрами, дающее отпечаток на диаграмме номера измеряемой точки.

Равновесие моста (равенство напряжений в точках а и б) возможно только при условии  $R_1 R_3 = R_2 R_4$ . Сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  подбирают так, чтобы при среднем (по шкале) значении температуры ( $t$  соответствующем сопротивлению  $R_t$ ) движок реохорда  $R_3$  находился в среднем положении. Тогда изменение температуры и  $R_t$  приводит к нарушению равновесия, на вход усилителя подается напряжение  $U_a - U_b$  и реверсивный двигатель РД, обмотки которого являются выходной нагрузкой усилителя, начинает вращаться, передавая движение через систему шестерен и гибкий трос каретке К. Одновременно двигатель перемещает движок реохорда  $R_3$  пока мост снова не придет в равновесие. Подаваемое на усилитель напряжение станет равным нулю, двигатель остановится и каретка К. займет положение, соответствующее измеряемой температуре.

Для позиционного регулирования температуры в одной из точек приборы типа ЭМП-209М2 могут снабжаться тремя ртутными контактами и задающим устройством, которое позволяет регулировать дифференциал в пределах 1-20% диапазона показаний моста.

Реверсивный двигатель РД может не только перемещать каретку для записи температуры, но и приводить в действие любой другой исполнительный механизм, регулирующий температуру в объекте. Прибор в этом случае превратится в астатический регулятор температуры.

В настоящее время выпускается много различных модификаций электронных мостов типа ЭМП. Комплекуются они платиновыми термометрами сопротивления (градуировки 21 и 22). Они имеют шкалы:

$-200 \div -70^\circ \text{C}$ ;  $-120 \div +30^\circ \text{C}$ ;  $-100 \div +50^\circ \text{C}$  и  $-90 \div +50^\circ \text{C}$ . Число точек измерения—1, 3, 6, 12 и 24. Погрешность измерения  $\pm 0,5\%$  от диапазона измерений. Ширина ленты для записи 275 мм. Габариты 507 x 483 x 387. Масса 50 кг.

Аналогичные малогабаритные мосты МСР-1 и МСР-2 имеют ширину ленты 160 мм и дополнительный регулирующий контакт. Габариты 300 x 400 x 287 мм. Масса около 20 кг. Эти мосты выпускают и в искробезопасном исполнении, пригодные для взрывоопасных помещений (модель ЭМП-109ИМЗ).

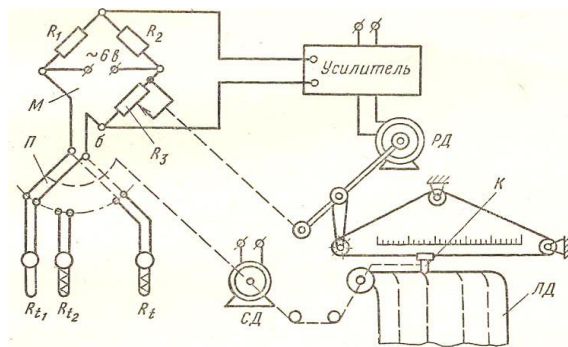


Рис. 64. Упрощенная схема самопишущего уравновешенного моста

Рис. 35. Упрощенная схема самопишущего уравновешенного моста ЭМП-209М2

## 2. Электронный потенциометр ЭПП-09М2

Электронные автоматические потенциометры служат для измерения температуры при помощи термопар, а также могут быть использованы для измерения и регулирования других параметров, если чувствительный элемент преобразует этот параметр в э. д. е., величина которой близка по значению э. д. е., создаваемой термопарой. Схема прибора показана на рис. 36.

Мост питается от источника постоянного тока (батарея БП). Сопротивления плеч моста подобраны так, что разность потенциалом в точках А и Б (при заданной средней температуре в объекте) равны э. д. с. термопары  $E_T$ , но направлена в обратную сторону. При изменении температуры э. д. с. термопары будет больше (или меньше) потенциала  $U_{AB}$ . Этот сигнал рассогласования ( $E_T - U_{AB}$ ) подается на электронный усилитель УЭ, который приводит во вращение репер сивный двигатель РД. Двигатель перемещает каретку К по шкале и движок реостата R. Когда новое значение потенциала  $U_{AB}$  станет равным новому значению  $E_T$ , двигатель остановится и каретка с указателем покажет по шкале значение измеряемой температуры (э. д. с.).

Для проверки силы тока, проходящего через плечи моста, переключатель  $\Pi_K$  автоматически через определенные интервалы времени опускается вниз (К— контроль). Падение напряжения на сопротивлении  $R_t$  должно быть равно э. д. с. нормального элемента (батарея НЭ). Если батарея питания не дает требуемой силы тока, падение напряжения  $U_{бг}$  будет меньше, чем  $U_{нэ}$ . Это отклонение через усилитель вызовет вращение двигателя, и подключенный к нему на время контроля движок реостата изменит сопротивление  $R_b$ , пока сила тока не примет заданного значения. После этого переключатель  $\Pi_n$  переключается на измерение (И).

Величина рассогласования при контроле может быть значительно больше э. д. с. термопары при измерении. Для уменьшения напряжения, подаваемого на вход усилителя при контроле, добавлено сопротивление  $R_b$  (делитель напряжения).

Приборы выпускают в различных модификациях, которые могут работать с чувствительными элементами, создающими э. д. с. 0-20; 0-50; 0-100.

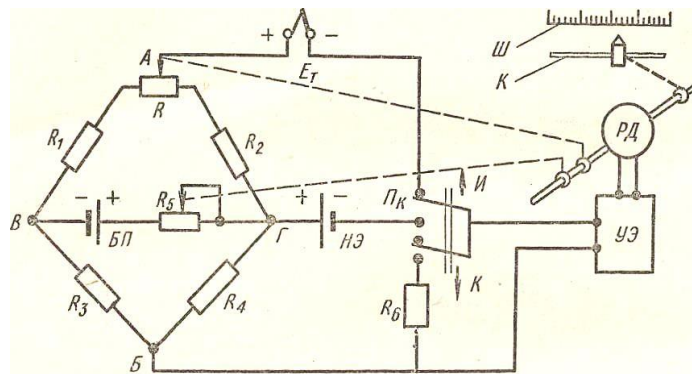


Рис. 65. Измерительная схема одноточечного потенциометра ЭПП-09М2.

Рис. 36. Измерительная схема одноточечного потенциометра ЭПП-09М2

### Вопросы:

1. Устройства ЭМП-209М2.
2. Перечислите точки измерения.
3. Для чего служат а ЭМП-09М2.
4. Принцип работы ЭМП-09М2.

### Тема: Реле температуры

#### План:

1. Ртутно-стеклянные реле типа ТК.
2. Реле температуры биметаллические типы ДТКБ.

#### 1. Ртутно-стеклянные реле типа ТК

Реле типа ТК (термометр контактный) представляет собой ртутный термометр, в капиллярной трубке которого впаяны проволочные контакты. Нижний контакт (нулевой) всегда касается ртути, верхние (рабочие) – только при соответствующем повышении температуры. Выпускается несколько модификаций этих реле.

Р е л е ТК-1 и ТК-4 не имеют шкалы. Рабочие контакты впаявают в места шкалы, которые соответствуют заданным температурам замыкания. Реле ТК-1 и ТК-2 имеют по одному рабочему контакту, ТК-3 и ТК-4 – по два . Допускается увеличение температуры выше верхней расчетной на  $30^{\circ}\text{C}$ . Реле ТК-1 и ТК-3 имеют прямую нижнюю часть, ТК-2 и ТК-4 – изогнутую под углом  $90^{\circ}$ .

У реле ТК-1 —ТК-4 диапазон температуры размыкания  $-5 \div +70$  или

$0-100^{\circ}\text{C}$ , дифференциал (нерегулируемый)  $0,2^{\circ}\text{C}$ , погрешность 1 или 2% от диапазона. Разрывная мощность контактов  $2\text{В} \cdot \text{А}$ . Диаметр корпуса 5 мм. Масса 0,1-0,2 кг. Длина  $L = 50 \div 80$  мм для шкалы  $-5 \div +70^{\circ}\text{C}$  и  $90 - 130$  (с интервалом 10 мм) — для шкалы  $0-100^{\circ}\text{C}$ . Длина нижней части моделей ТК-2 и ТК-4 — соответственно 50-100 и 50-300 мм.

Р е л е ТК-5 в отличие от указанных выше имеет шкалу. Число рабочих контактов - от одного до трех. Нижняя часть может быть прямая или изогнутая под углом  $135$  и  $90^{\circ}$ . Диапазон температуры размыкания (в  $^{\circ}\text{C}$ ):  $0-50$ ;  $0-100$ ;  $0-200$ ;  $0-300$  и  $80-180$ . Цена деления (соответственно): 1; 0,5 или 1; 2; 5 и  $1^{\circ}\text{C}$ .

Дифференциал равен  $0,2^{\circ}\text{C}$  (нерегулируемые). Разрывная мощность контактов  $2\text{ В} > \text{А}$ , допустимое напряжение  $6\text{ В}$ . Диаметр ножки  $9\text{ мм}$ , длина-85, 130, 180, 230, 380, 430 и  $530\text{ мм}$ .

При вращении магнита 1 головка 2 винта 3 поворачивается (следует за магнитом 1) и овальная гайка 4 перемещается внутри овальной трубки вверх или вниз. На этой гайке укреплен вольфрамовый проводок 5, нижний конец которой устанавливается на требуемой высоте. При повышении температуры ртуть 6 достигает проводки 5 и замыкает цепь нулевого и рабочего контакта. В отличие от ТК-6 в модели ТК-8 магнит имеет защитный кожух.

Приборы имеют две шкалы: нижняя служит для измерения температуры, а верхняя для настройки на заданную температуру. Приборы выпускаются с диапазоном  $6-50$ ,  $0-100$ ,  $50-150$ ,  $100-200$  и  $200-300^{\circ}\text{C}$ . У первого диапазона цена деления  $1^{\circ}\text{C}$ , у других  $2^{\circ}\text{C}$ . Допустимая погрешность равна цене деления. Другие показатели характеристики такие же, как и у модели ТК-5.

Основное преимущество ртутно-стеклянных контактных термометров — простота конструкции и малый дифференциал ( $0,2^{\circ}\text{C}$ ). Применение их ограничено по следующим причинам:

- 1) приборы с нижним рабочим контактом на минусовые температуры не выпускаются;
- 2) необходимость установки промежуточного реле из-за малой разрывной мощности контактов;
- 3) потребность в трансформаторе из-за низкого допустимого напряжения.

## 2. Реле температуры биметаллические типы ДТКБ

Чувствительным элементом реле ДТКБ (рис. 37) служит спиральная биметаллическая пластина 1. При повышении температуры конец пластины с подвижным контактом 8 перемещается вверх, замыкая верхний контактный винт 7. В некоторых моделях имеется второй контактный винт 7, который замыкается при понижении температуры. Постоянные магниты 6 обеспечивают резкость размыкания контактов.

Регулировка прибора на заданную температуру включения достигается поворотом оси  $O_2$ , на которой имеется съемная рукоятка. Кулачок 3 поворачивает при этом рычаг 2. Это вызывает поворот всей спиральной пластины и изменение расстояния между контактами. При увеличении расстояния между контактным винтом 7 (верхним) и контактом 8 потребуются более высокая температура для их замыкания. На оси  $O_2$  укреплен подвижный шкалам. Деление шкалы, оказавшееся против неподвижной стрелки 5, показывает настройку температуры выключения.

Дифференциал прибора зависит от силы притяжения биметаллической пластины к магниту. Это усилие регулируется изменением зазора между магнитом и пластиной, который имеется при замкнутом положении контактов. При повороте винта 7 в стойке 9 (соответственно верхнего или нижнего) по направлению к контакту 8 зазор между контактами уменьшится, а между магнитом и пластиной увеличится, что вызывает уменьшение дифференциала. Для уменьшения дифференциала можно также отодвинуть магнит от пластины и укрепить его гайкой в новом положении.

Цена делений у приборов со шкалой  $10$  и  $20^{\circ}\text{C}$  равна  $1^{\circ}$ , у приборов со шкалой  $30^{\circ}$  она равна  $2^{\circ}\text{C}$ .

Дифференциал регулируется от 2 до 8° С. Разрывная мощность контактов при 220 В равна 50 В·А. Эти реле надежно работают в сравнительно сухих помещениях.

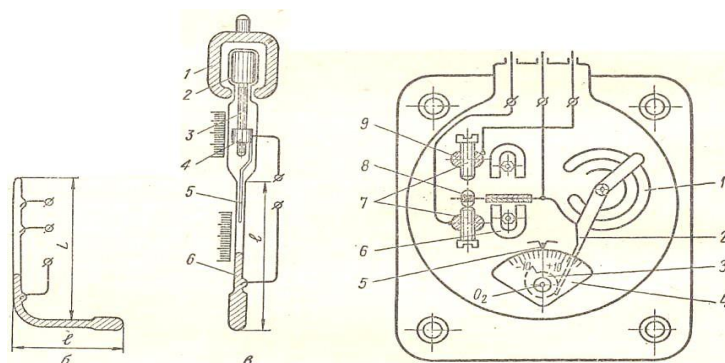


Рис. 37. Реле температуры типа ДТКБ

### Вопросы:

1. Устройство ртутно-стеклянного термометра.
2. Чем отличается реле ТК-1 от ТК-5.
3. Устройство ДТКБ.

## Тема: Манометрические реле температуры

### План:

1. Электронный термометр типа ЭКТ.
2. Реле температуры типа ТР.
3. Реле температуры типа АРТ-2.

### 1. Электронный термометр типа ЭКТ

Приборы этого типа обычно выпускаются на базе одноблочных реле давлений. Для этого сильфонную коробку соединяют капиллярной трубкой с термобаллоном, заполненным легкокипящей жидкостью или газом с твердым адсорбентом. С повышением температуры давление в замкнутой системе (термобаллон-трубка - сильфон) растет и передается на рычажный механизм реле.

Чувствительным элементом у них является термобаллон, заполненный жидкостью (у ЭКТ-1) или газом (у ЭКТ-2) и соединенный капиллярной трубкой с трубчатой пружиной манометра. ЭКТ, как и ЭКМ, представляет собой трехпозиционное реле. Статическая характеристика его дана на рис. 38.

Диапазон температур размыкания зависит от наполнителя: с углекислотой от -60 до 0 °С; с фреоном-12 от -20 до 40° С; с хлор- метилом 0-60 и 0-100; с бензолом 50-150, 60-200 и 100-250; с газообразным азотом 0—300 и 0—400 °С. Общий дифференциал регулируется в пределах шкалы. Частный дифференциал равен 0,5°С. Основная погрешность 2,5% от диапазона. Разрывная мощность контактов 10 В·А. Длина капилляра от 1,6 до 10 м.

### 2. Реле температуры типа ТР

Конструкция реле ТР-1 и ТР-1Б аналогична реле давления РД-1Б. У реле температуры ТР-2Б в отличие от ТР-1Б повышение температуры приводит к размыканию

контактов. Реле этого типа выпускаются также во взрывобезопасном исполнении (ТР-ІВМ) и в морском исполнении (ТР-5М). Реле ТР-5М имеет переключающийся контакт с тремя выводными клеммами. Термобаллон его может быть гладким (для жидкой среды) или оребренным (для воздуха). Тип термобаллона надо указывать при заказе прибора.

Реле ТР-2А-06ТМ предназначено для отключения фреоновых и аммиачных компрессоров при опасном повышении температуры нагнетания. Может применяться во взрывоопасных помещениях класса В-16. Имеет морское и тропическое исполнение.

Разрывная мощность контактов при переменном напряжении 220 В равна 300 В · А.

### 3. Реле температуры типа АРТ-2

При повышении температуры капиллярной трубки 1 (она заменяет термобаллон) доньшко сильфона 2 перемещается вверх, преодолевая усилие пружины 16. Выступ на доньшке сильфона поворачивает рычаг 4; тяга 5 поднимается и, нажимая на винт дифференциала 7, поворачивает рычаг 6 вокруг оси против часовой стрелки. Когда конец  $O_3$  плоской пружины 13 перейдет за линию  $O_2-O_4$ , пружина 13 опрокинется вправо и конец ее  $O_4$ , опускаясь, поведет за собой рычаг 14 вокруг оси  $O_2$ , пока подвижные контакты 15 не замкнут электрическую цепь. Схема изменения усилий перекидной пружины 13. При понижении температуры пружина 16 отождмет вниз доньшко сильфона и под действием пружины 3 тяга 5 отведет рычаг 6 вниз. Когда ось  $O_3$  опустится ниже линии  $O_2-O_4$  контакты действием пружины 13 резко разомкнутся.

Дифференциал прибора регулируется только при изготовлении. Винт 7 устанавливают так, чтобы свободный ход зуба тяги 5 обеспечивал требуемый дифференциал (обычно 7-8° С), и затем пломбируют (головку винта закрашивают).

Температуру выключения (и соответственно включения) регулируют изменением натяжения пружины 16. При повороте рукоятки 9 нижний зуб штока 10 скользит по винтообразному срезу и шток перемещается вверх или вниз через шайбу с выступом 12, воздействующую на пружину 16. При повороте рукоятки 9 По часовой стрелке на один оборот (из положения «Выкл» в положение «Холод») температура выключения понижается примерно на 8°С (от -8 до -16° С). При необходимости дополнительно понизить температуру выключения надо снять рукоятку 9 и повернуть отверткой (диаметром 2 мм) винт диапазона 11 против часовой стрелки.

При повороте рукоятки в положение «Выкл.» зуб 8 отводит выступ рычага 6 вправо, обеспечивая принудительное размыкание контактов.

Длина капиллярной трубки примерно 50 см. Ее крепят к испарителю, а сам прибор — на лицевой панели холодильника.

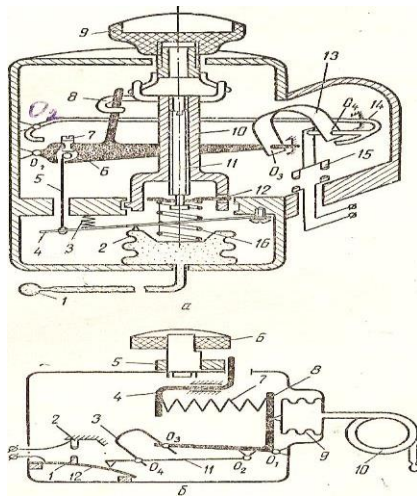


Рис. 38. Конструктивная схема реле температуры для домашних холодильников:  
а – АРТ-2.

### Вопросы:

1. От чего зависит диапазон размыкания.
2. Для чего предназначено реле ТР-2А-06ТМ.
3. Принцип работы реле температуры АРТ-2.

### Тема: Полупроводниковые реле температуры

#### План:

1. Двух позиционное реле ПТР-2.
2. Трех позиционное реле ПТР-3.

#### 1. Двух позиционное реле ПТР-2

Измерительный мост питается переменным напряжением 6 В. Задающее переменное сопротивление выбрано так, чтобы при среднем его значении и заданной температуре мост находился бы в равновесии ( $R_1 R_3 = R_2 R_4$ ). При повышении температуры сопротивление  $R_1$  падает и равновесие нарушается, на вход усилителя  $U_c$  подается сигнал. Усиленный сигнал подается на фазочувствительный усилитель ФУс. При повышении температуры фаза подаваемого сигнала сдвигается с фазой, питающей ФУ с, сигнал усиливается, подается на триггер Т и выходное реле Р, включенное в цепь триггера, при температуре  $t_{ср}$  срабатывает. Выходные контакты реле Р-1 и Р-2 размыкают или замыкают внешнюю цепь, а контакт Р-3, разомкнувшись, подключает к  $R_1$  дополнительное сопротивление  $R_d$ . Если  $R_d=0$  (движок в нижнем положении), то температура отпущения реле  $t_{отп}$  ненамного ниже  $t_{ср}$ , т. е. дифференциал минимальный. Когда  $R_d \neq 0$  мост при размыкании Р-3 перенастраивается, т. е. равновесие моста наступает при более низкой температуре, что соответствует увеличению дифференциала/

Приборы ПТР-2 выпускают в двух вариантах: в варианте А реле срабатывает при повышении температуры, в варианте Б — при понижении. В варианте Б в отличие от А изменяется фаза напряжения, питающего мост, и контакт Р-3, шунтирующий



$R_d$ , является замыкающим. Величина  $t_{ср}$  в обоих вариантах практически одинаковая (она и указывается на шкале).

Диапазон регулирования температуры срабатывания ПТР-2-02 от  $-30$  до  $-5^\circ \text{C}$ ; ПТР-2-03 от  $-15$  до  $+15$ ; ПТР-2-04 — от  $5$  до  $35$  и ПТР-2-05 от  $30$  до  $60^\circ \text{C}$ . Основная погрешность  $\pm 1^\circ \text{C}$ . Дифференциал регулируется от  $0,5$  до  $5^\circ \text{C}$ .

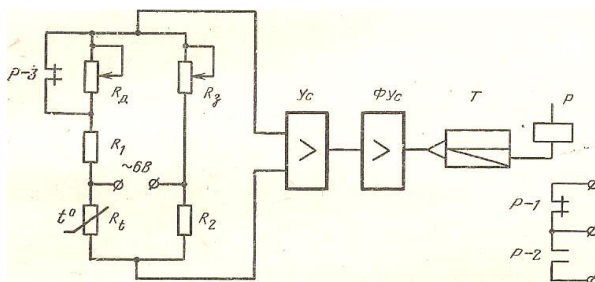


Рис. 39. Упрощенная схема полупроводникового реле температуры ПТР-2.

## 2. Трех позиционное реле ПТР-3

Если температура находится в заданных пределах, то оба реле отпущены и контакты 1Р-2 и 2Р-2 замыкают цепь «Норма». При повышении температуры до  $t_{ср1}$  срабатывает реле 1Р и контакт 1Р-1 замыкает цепь «Выше», к которой обычно подключают исполнительный механизм, обеспечивающий снижение температуры. При снижении температуры на частный дифференциал  $\Delta t_v$  реле 1Р отпускает («Норма»). При дальнейшем снижении температуры до  $t_{ср2}$  т. е. на общий дифференциал, срабатывает реле 2Р.

Устройство ПТР-3 незначительно отличается от ПТР-2. При отклонении температуры от заданной, определяемой сопротивлением  $R_3$ , на выходе Моста появляется переменное напряжение  $U_M$  (рис. 40). Когда амплитуда его превысит значение постоянного напряжения (точка 1), которое запирало транзистор усилителя  $Ус$  и определялось уставкой сопротивления  $R_A$ , на входе в усилитель будет подано напряжение  $U_{ВХ} = U_M - U_0$ . После усиления сигнал подается на фазочувствительный усилитель ФУс. Коллекторная цепь усилителя имеет две ветви, которые питаются однополупериодными импульсами от разных диодов, смещенными на  $180^\circ$ . Поэтому при повышении температуры разбаланс моста по фазе совпадает с первой ветвью и сигнал подается на первый триггер 1Т. При понижении температуры амплитуда  $U_M$  падает, затем меняет знак, т. е. смещается по фазе на  $180^\circ$ .

и в точке 2 снова отпирает входной усилитель, но попадает уже на вторую ветвь ФУс, и срабатывают второй триггер 2Т и 2Р.

Величина общего дифференциала регулируется сопротивлением от  $0,5$  до  $5^\circ \text{C}$ .

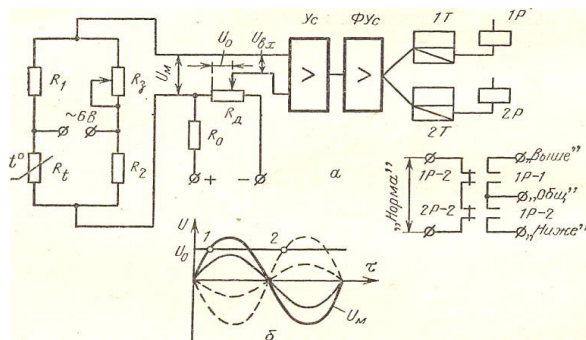


Рис. 40. Полупроводниковое трехпозиционное реле температуры ПТР-3:  
 а -упрощенная схема; б -схема изменения напряжения на входе в усилитель ПТР-3.

**Вопросы:**

1. Принцип работы ПТР-2.
2. Устройство ПТР-3.
3. Чем отличается ПТР-2 от ПТР-3.

**Тема: Регуляторы перегрева (ТРВ)**

**План:**

1. ТРВ с внутренним выравниванием.
2. Статическая характеристика.
3. Переходная характеристика ТРВ.

**1. ТРВ с внутренним выравниванием**

ТРВ (рис. 41,а) воспринимает разность между температурой термобаллона  $T_6$  (чувствительный элемент), преобразуя ее в давление, и давлением после клапана 5 (давление «после себя»). Эта разность давлений воспринимается мембраной 7, которая одновременно является вторым чувствительным элементом и элементом сравнения. При повышении разности давлений (соответствующей перегреву пара) мембрана 7 прогибается вниз и через толкатели 6 сжимает пружину 3 (задающее устройство), пропорционально открывая клапан 5 (регулирующий орган).

Принципа действия ТРВ. Жидкий холодильный агент (например, фреон-12) из ресивера поступает в ТРВ. При проходе через кольцевое сечение между седлом и клапаном 5 фреон дросселируется и его давление резко падает от  $p_k$  до  $p_0$ , которое поддерживается компрессором в испарителе. При дросселировании до давления  $p_0$  (точка А) часть жидкого фреона превращается в пар. Далее парожидкостная смесь проходит по трубкам испарителя и в результате теплопритока концентрация пара по степенно увеличивается. В какой-то точке Б вся жидкость прекратится в насыщенный пар с температурой  $t_0$ . На участке Б-В пар перегревается до  $t_{\text{вых}}$ . Под действием этой разности давлений мембрана 7 прогибается вниз и через толкатели 6 нажимает на иглодержатель 4, открывая клапан 5 до тех пор, пока усилие сжатой пружины 3 не уравнивает давление на мембрану.

Заданное начальное значение перегрева, обеспечивающее требуемое открытие клапана, устанавливается соответствующим натяжением пружины 3. При повороте винта 1 гайка 2 поднимается по прорезям в корпусе и сжимает пружину 3.

## 2. Статическая характеристика

Статическая характеристика ТРВ, показывающая зависимость его производительности от перегрева при определенном (номинальном) значении  $t_0$  показана на рис. 41, б.

Минимальный перегрев, который начинает вызывать перемещение клапана (точка 1) называют перегревом начала открытия (иногда «закрытым перегревом»,  $\theta_3$ ). Изменение перегрева, обеспечивающее номинальную производительность, обычно равно 4-5 °С (не регулируется). Полный (рабочий) перегрев, соответствующий данному открытию клапана, складывается из закрытого перегрева и изменения перегрева. Таким образом, чтобы обеспечить номинальную производительность ( $\theta_{ном}$ ) при ослабленной пружине, рабочий перегрев в испарителе, равный  $\theta_{ном}$ , должен быть  $2 + 5 = 7^\circ \text{C}$ , а при затянутой (на N оборотов) пружине  $10 + 5 - 15^\circ \text{C}$  (кривая 1-4). Диапазон пропорциональности ДП = 4 - 1 несколько больше, чем  $\theta_{ном}$  (в паспорте прибора не указывается).

С увеличением тепловой нагрузки установившийся режим может наступить только при условии большей подачи жидкости через ТРВ. Из статической характеристики видно, что это возможно лишь при большем перегреве, т. е. испаритель будет заполнен меньше. С увеличением давления на входе в ТРВ ( $p_k$ ) пропускная способность его увеличивается и требуемая производительность его будет обеспечена при меньшем перегреве. Таким образом, ТРВ, как всякий пропорциональный регулятор, неизбежно дает статическую ошибку, однако ошибка эта невелика и практически не ухудшает работу испарителя.

## 3. Переходная характеристика ТРВ

Переходная характеристика ТРВ (рис. 41, в) существенно отличается от идеальной характеристики пропорционального регулятора, показанной пунктиром. При ступенчатом увеличении перегрева клапан сначала резко открывается и только после нескольких колебаний принимает новое установившееся значение. Такое резкое увеличение перегрева возникает, например, при включении компрессора, так как давление в испарителе сразу падает и разность  $p_{тб} - p_0$  возрастает. Поэтому при включении компрессора ТРВ сразу открывается, через некоторое время колебания затухают и режим устанавливается. Работу ТРВ в переходном периоде можно наблюдать по периодическому обмерзанию и оттаиванию трубопровода на выходе из испарителя. После остановки компрессора давление в испарителе возрастает, разность давлений ( $p_{тб} - p_0$ ) уменьшается и при  $\Delta p$ , соответствующей перегреву закрытия, клапан закрывается.

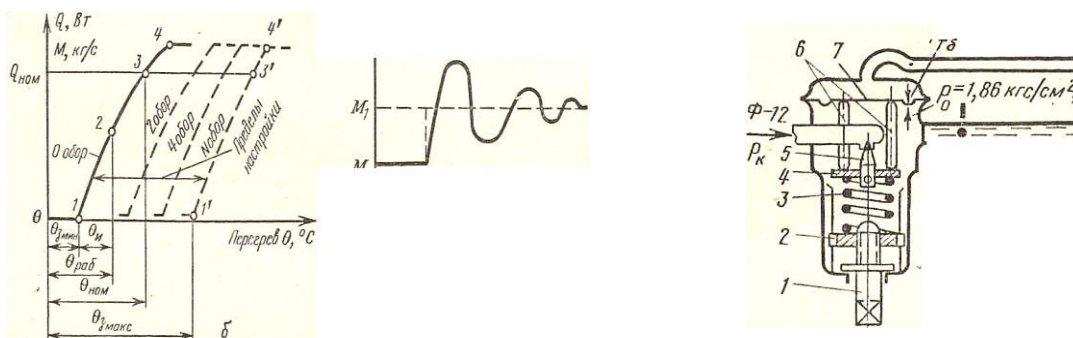


Рис. 41. Терморегулирующий вентиль:

а – схема работы; б – статическая характеристика; в – переходная характеристика.

### Вопросы:

1. Устройство и принцип работы ТРВ.
2. Расскажите о статической характеристике.
3. Принцип работы переходной характеристики ТРВ.

### Тема: ТРВ с внешним выравниванием

#### План:

1. Устройства ТРВ с внешним выравниванием.
2. Техническая характеристика ТРВ с внешним выравниванием.

### 1. Устройства ТРВ с внешним выравниванием

При большом гидравлическом сопротивлении в испарителе давление на выходе ниже, чем на входе. Температура кипения и перегретого пара на выходе становится ниже. Давление в термобаллоне снижается. Следовательно, тот же перегрев вызывает теперь меньшую разность давлений и клапан прикрывается. Обеспечить требуемое открытие клапана можно только при увеличенном перегреве, т. е. при недостаточно заполненном испарителе. Поэтому, когда падение давления в испарителе более  $0,2 \text{ кгс/см}^2$ , применяют ТРВ с внешней уравнивающей трубкой (рис. 42). Благодаря диафрагме 10 под мембрану 7 попадает давление не со стороны входа ( $p_d$ ), а со стороны выхода испарителя — по уравнивающей трубке 9. Поскольку давление на выходе более низкое, то разность давлений, воздействующая на мембрану, при том же значении перегрева будет больше. Диафрагма позволяет также предусмотреть на выходе из ТРВ дополнительное дроссельное сечение 11, что разгружает основной клапан (уменьшая перепад давлений на него) и позволяет увеличить его диаметр. Увеличенное давление под диафрагмой (перед дросселем 11) позволяет также использовать ТРВ с внешним выравниванием для питания нескольких параллельных секций испарителя. Кроме того, подача под мембрану перегретого пара (с места выхода испарителя) уменьшает переохлаждение мембраны и возможную конденсацию над ней пара из термобаллона.

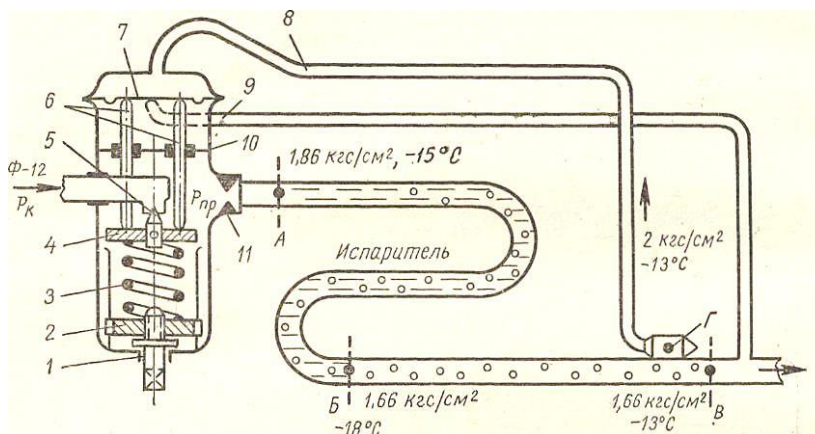


Рис. 42. Схема ТРВ с внешним выравниванием: ; — винт регулирования перегрева начала открытия; г — гайка; 3 — пружина; 4 — иглодержатель; 5 — клапан; 6 — тол-

катели; 7 — мембрана; 8 — капиллярная трубка; 9 — уравнивательная трубка; 10 — диафрагма; 11 — дроссельное сечение

## 2. Техническая характеристика ТРВ с внешним выравниванием

Технические характеристики выпускаемых у нас ТРВ приведены в таблице.

Таблица 4 - Технические характеристики ТРВ

Терморегулирующие вентили	Номинальные условия, °С			Перегрев начала открытия (регулируемый)	Диапазон температур кипения, °С
	$t_0$ ,	$t_k$	$\theta_{ном.}$ при $\theta_{змии}$		
ТРВ-0,5М; 1М; 2М; 4М; 7М;	-15	+30	6—7	2—10	От -30 до +10
ТРВК-0,5; 1; 2.	-15	+30	8—10	2—8	» — 30 » +10
12ТРВ-6,3; 10; 16; 26; 40; 63; 100	-15 +5	+30	5-6 10	1,5-16	» — 30 ; +10
12ТРВ-12	+ 10	+30	5—7	2—7	» — 30 » +20
ТРВК-20; 100; ТРВ-160 Ф ТРВ-ЮТ		+40		1,5-10	

Буквы В и Н в конце (после номинальной производительности) означают для верхней или нижней ступени. Термобаллон ТРВ заполняется тем же агентом, для работы с которым он предназначен; для аммиачных ТРВ термобаллон заполняют фреоном-22. Буква Т в марке означает тропическое исполнение, буква Ф – наличие фильтра.

Цифры после названия марки указывают номинальную холодопроизводительность в тыс. ккал/ч при номинальных условиях.  $Q_{НОМ}$  составляет 50-90%  $Q_{макс}$ , которая соответствует полному открытию клапана.

Номинальная производительность ТРВ определяется диаметром дроссельного отверстия в седле клапана. В некоторых ТРВ иностранных фирм имеется специальный шпindel с четырьмя разными отверстиями: требуемая производительность устанавливается простым поворотом шпинделя. Это некоторое усложнение конструкции создает удобство при эксплуатации.

### Вопросы:

1. Из чего состоит ТРВ с внешним выравниванием.
2. Какая температура кипения у перегретого пара на выходе из ТРВ.
3. Расскажите о технической характеристике ТРВ.

### Тема: Указатели уровня

#### План:

1. Визуальные указатели.
2. Дистанционные указатели.

## 1. Визуальные указатели

В испарителях и других сосудах, где жидкость кипит при низких температурах, непосредственное наблюдение за уровнем через клингерные стекла затруднительно (стекла обмерзают, замазываются изнутри, уровень кипящей жидкости точно не фиксируется), а на аммиачных установках и опасно из-за возможного нарушения герметичности. Поэтому вместо клингерных стекол на холодильниках начали применять специальные указатели уровней.

В визуальном указателе уровня ВУУ-2 (рис. 43) поплавковая камера 1 из магнитной стали нижним и верхним патрубками присоединяется к испарителю или другому сосуду, где измеряется уровень, по принципу сообщающихся сосудов. Положение поплавка 2 определяет уровень. Три шпильки 4 служат направляющими поплавка, так что зазор между поплавком и правой образующей трубы не превышает 1—1,5 мм. Пары проходят слева от поплавка, не увлекая его за собой. Для уменьшения парообразования от теплопритоков служит изоляция 3.

Справа от поплавковой камеры на шарнирах 5 укреплена стеклянная трубка 6, заполненная незамерзающей жидкостью, с магнитным указателем 7, который имеет постоянный магнит 9 и колесики 8, перекатывающиеся в диаметральной плоскости по внутренним стенкам трубки. Жидкость состоит из двух компонентов — денатурата и глицерина. Соотношение их подбирают так, чтобы плотность смеси дала выталкивающую силу, равную весу магнитного указателя. Таким образом, шарик-поплавок при перемещении увлекает за собой магнитный указатель, который указывает высоту уровня.

Чтобы проверить магнитную связь указателя с поплавком, стальным предметом отводят указатель вверх или вниз на 10—15 мм и резко убирают. Стрелка указателя должна вернуться в прежнее положение. Если указатель оторвался от поплавка, то этим же способом снова обеспечивают сцепление указателя с поплавком.

Для очистки от снега стеклянную трубку отводят от поплавковой камеры, протирают и смазывают маслом ХА-30.

Диапазон наблюдения определяется типом указателя: А — 400 мм; Б — 600 и В — 800 мм. Точность измерения  $\pm 5$  мм. Температура измеряемой жидкости от  $-50$  до  $60^\circ \text{C}$ . Давление измеряемой жидкости от  $-1$  до  $18 \text{ кг/см}^2$ .

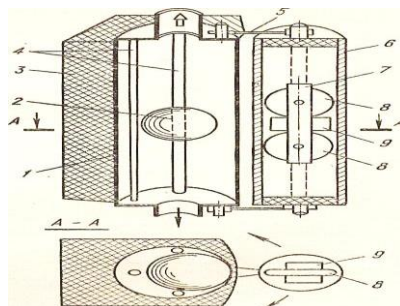


Рис. 43. Визуальный указатель уровня жидкости ВУУ-2

## 2. Дистанционные указатели

Применение гампсометров для дистанционного измерения уровня жидкости неизбежно приводит к загрязнению служебных помещений парами ртути.

Надежнее в этом отношении дистанционный указатель уровня ДИУ-400 (рис. 44). ДИУ-400 состоит из индуктивного датчика с шариковым поплавком и электромагнитного логометра. Поплавковая камера датчика по принципу сообщающихся сосудов соединена с испарителем или другим сосудом. При изменении уровня шарик-поплавок входит в верхнюю или нижнюю индуктивные катушки ( $K_1$ ,  $K_2$ ) с переменным числом витков по высоте. Изменение индуктивного сопротивления воспринимается электромагнитным логометром. Катушки  $W_1$  и  $W_4$  у него намагничивающие, а  $W_3$  и  $W_2$  — размагничивающие.

При среднем положении поплавка стрелка находится в середине шкалы (отметка 200 мм). Диапазон измерения уровня 400 мм; класс точности 4%. Температура контролируемой среды от  $-50$  до  $+50^\circ\text{C}$ .

Исполнение прибора взрывобезопасное (для помещений класса В-16) и для судовых условий. При подсоединении датчика к сосуду на паровой и жидкостной линии следует ставить вентили, позволяющие снимать датчик без удаления жидкости из сосуда. Датчик соединяется с логометром медным трехжильным кабелем с сечением жил не менее  $1\text{ мм}^2$  на расстоянии не более 500 м.

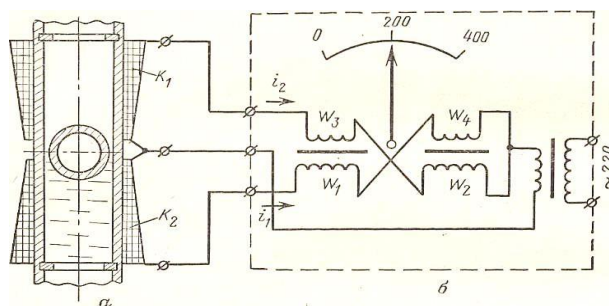


Рис. 80. Дистанционный измеритель уровня ДИУ-400:

Рис. 44. Дистанционный измеритель уровня а – датчик; б – электромагнитный логометр.

### Вопросы:

1. Устройство визуального указателя уровня.
2. Как проверить магнитную связь указателя с поплавком .
3. Устройство дистанционного указателя.

### Тема: Реле уровня

#### План:

1. Реле уровня ПРУ-5.
2. Реле уровня МЭСУ-1К.

#### 1. Реле уровня ПРУ-5

Полупроводниковое реле уровня ПРУ-5 (рис. 45, а) состоит из индуктивного датчика и блока, преобразующего изменение индуктивности в замыкание или размыкание контактов выходного реле. Среднее положение уровня определяется высотой установки датчика. При повышении уровня поплавков перемещается, увеличивая индуктивное сопротивление верхней катушки  $L_1$  и уменьшая сопротивление нижней катушки  $L_2$ .

Катушки  $L_1$ ,  $L_2$  и сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  образуют мост переменного тока. При изменении уровня разбаланс моста подается через выпрямитель  $V_1$ , состоящий из четырех диодов, на триггер  $T$ . В цепь триггера включено выходное реле  $P$ , имеющее два переключающих контакта для управления исполнительными механизмами.

Переменное сопротивление  $R_2$  позволяет в небольших пределах изменять нижний уровень срабатывания. Дифференциал (нерегулируемый) равен 35 мм. Контролируемой средой может быть аммиак, фреоны при температуре от  $-50$  до  $+50^\circ\text{C}$ , а также вода, рассол и другие жидкости плотностью более  $580\text{ кг/м}^3$ . Рабочее давление — не более  $20\text{ кгс/см}^2$ .

ПРУ-5 допускается применять во взрывоопасных помещениях класса В-16. Модификация датчика ПРУ-5СЗГ имеет взрывозащищенное исполнение (категория СЗГ).

## 2. Реле уровня МЭСУ-1К

В малогабаритном электронном сигнализаторе уровня (корабельном) с одним датчиком (рис. 45, б) измерительным элементом служит металлический стержень 1, емкость которого относительно корпуса изменяется в зависимости от уровня жидкости (емкостные элементы уровня см. с. 85). Корпус датчика 2 изолирован от стержня сальником 3 (резиновое уплотнение). Для защиты от коррозии (в аммиачной среде) стержень 1 покрывают полиэтиленом или фторопластом.

В анодную цепь триода 1П (двойной триод 6Н1П) включено выходное реле  $P$  (МКУ-48). Питание анодной цепи осуществляется от трансформатора через выпрямитель  $D$  (ДГЦ-27). Емкость  $C_3$  сглаживает пульсацию тока.

Анодный ток, проходя через индуктивную катушку  $L_b$  наводит в катушке  $L_2$  (имеющей с первой общий сердечник) э. д. е., которая уменьшает положительный потенциал на сетке и запирает ее. При отсутствии тока в анодной цепи положительный потенциал, подаваемый на сетку через сопротивление  $R_u$  снова увеличится и откроет лампу. Таким образом, в цепи возникают колебания высокой частоты (400—500 кГц) и реле  $P$  не срабатывает. Контур  $L_1$ - $L_2$ - $C_2$ - $C_4$ - $C$  настраивают так (переменной емкостью  $C_4$ ), чтобы он имел собственные колебания той же частоты (в резонанс с генератором). При повышении уровня, когда жидкость соприкоснется со стержнем датчика, емкость  $C$  (между стержнем и корпусом) увеличится на 2—3 пФ, так как диэлектрическая постоянная у жидкости выше, чем у пара. При этом резонанс нарушается, происходит срыв высокочастотных колебаний, анодный ток резко возрастает и выходное реле  $P$  срабатывает. Контакты выход Реле типа ЭСУ-2М и ЭСУ-2А имеют по два емкостных датчика и по два выходных реле. Это позволяет увеличить дифференциал, установив датчики на соответствующей высоте.



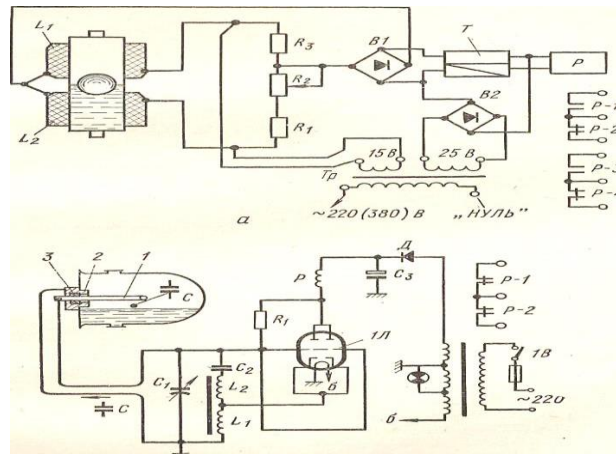


Рис. 45. Реле уровня: а — ПРУ-Б, б — МЭСУ-1К (МЭСУ-1В)

### Вопросы:

1. Устройство ПРУ-5.
2. Где применяют ПРУ-5.
3. Принцип работы МЭСУ-1.
4. Как определяют диапазон регулирования среднего положения.

### Тема: Указатели расхода жидкостей и газов

#### План:

1. Реле расхода.
2. Реле протока РП-67.

#### 1. Реле расхода

Реле расхода (рис. 46) состоит из диафрагмы 1, дифференциального реле давления ДРД и соединительных трубок с вентилями.

Чувствительный элемент ДРД имеет две мембранные коробки 7 и 10, ввернутые в разделительный диск 3. Полость мембраны и соединительного канала заполнена дистиллированной водой. Полости между крышками 4 и 5 и разделительным диском 3 заполнены жидкостью, расход которой измеряют.

При увеличении расхода жидкости давление перед диафрагмой 1 ( $p_1$ ) станет больше, чем давление после нее ( $p_2$ ). Мембрана 10 сожмется, вытеснив часть воды в мембранную коробку 7. Жесткий центр 9 нажмет при этом на флажок 8 и повернет торсионный вал б, на другом конце которого имеется рычаг 12 через тягу 13 и сектор 14 рычаг 12 поворачивает трибку 15 со стрелкой 2. Пружина скручивания возвращает стрелку на нуль, когда давление  $p_1 = p_2$ . Палец 16, укрепленный на одной оси со стрелкой, поворачивает рычаг 17, и, когда ось  $O_1$  пружины 18 перейдет за линию  $O_2 - O_3$ , рычаг 19 резко повернется и замкнет контакт 20.

Заданная разность давлений (и расход), при которой замыкаются контакты, устанавливается поворотом пальца 16 относительно стрелки (специальным ключом).

У реле условный проход диафрагм 14, 25, 40, 50, 60, 80, 100, 125, 150, 200 мм. Пределы настройки 30—90% от максимального расхода. Дифференциал 20% от

максимального перепада. Допустимая погрешность  $\pm 5\%$  от верхнего предела. Разрывная мощность  $150 \text{ В} \cdot \text{А}$ . Инерционность не более 5 с. Масса 10 кг.

Для проверки нулевого положения стрелки перекрывают вентили  $B_1$  и  $B_2$  и открывают  $B_3$ , выравнивая давления. Если жидкость, расход которой измеряется, представляет собой агрессивную среду, то между диафрагмой и ДРД включают два разделительных сосуда 21.

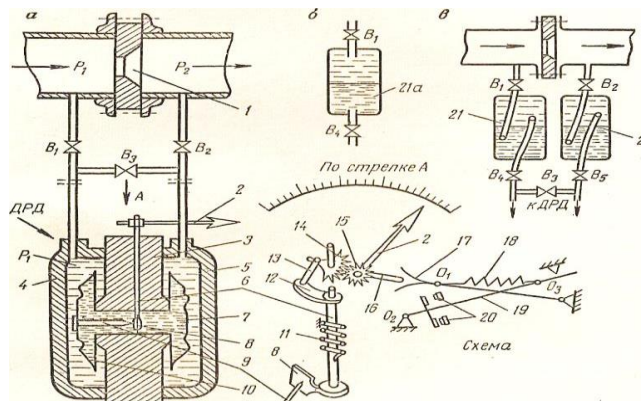


Рис. 46. Реле расхода РРК: а — кинематическая схема; б — подключение РРК к агрессивной среде; в — упрощенная конструкция разделительного сосуда.

## 2. Реле протока РП-67

Этот прибор служит для размыкания электрических контактов при понижении давления воды. Понижение давления может быть вызвано прекращением или резким уменьшением протока воды, охлаждающей цилиндры компрессора или конденсатор.

Реле устанавливают на сливе воды. Перед реле протока (например, па входе в конденсатор) ставят вентиль В (рис. 47). Этот вентиль и насадка 5 позволяют в широких пределах регулировать давление в корпусе 1 и соответственно расход воды, при котором отключается компрессор.

В этом реле насадка 5 выполняет роль диафрагмы — чем больше расход воды, тем больше разность давлений до насадки и после нее, но здесь давление после диафрагмы (на выходе) равно атмосферному. Разность давлений воспринимается мембраной 2, которая нажимает на шток микровыключателя 3, замыкающий контакты 4 в пусковой цепи компрессора.

Выводные контакты реле герметизированы. Оно может применяться на фреоновых и аммиачных установках. При избыточном давлении воды менее  $0,4 \text{ кгс/см}^2$  контакты реле всегда разомкнуты. Максимальный расход воды РП-67 при избыточном давлении воды на входе  $3 \text{ кгс/см}^2$  равен  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $D_u = 19 \text{ мм}$ ).

Реле протока РП-67 — это по существу реле давления. Поэтому в закрытых системах (при обратном водоснабжении), где нельзя создать достаточный местный напор давления, следует применять реле расхода. На рис. 88, б показана схема реле расхода на герконах. С уменьшением расхода заслонка 2 притягивается к магниту 1 и шунтирует его. Контакты геркона 3 при этом размыкаются.

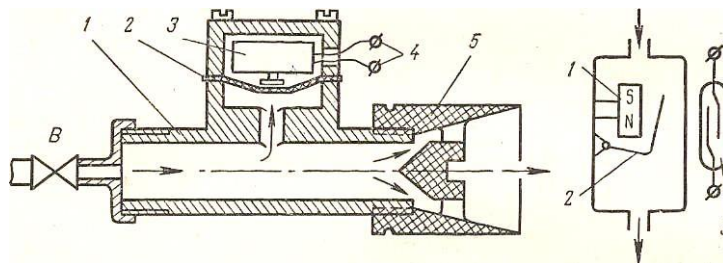


Рис. 47. Реле протока РП-67 (а) и реле расхода на герконах (б).

### Вопросы:

1. Где применяют реле расхода.
2. Устройство реле расхода.
3. Принцип работы реле расхода.
4. Для чего служит РП-67.
5. Устройство РП-67.

## Тема: Электромагнитные (соленоидные) вентили

### План:

1. Запорные электромагнитные вентили.
2. Переключающие электромагнитные вентили.

Наиболее широкое применение получили запорные электромагнитные вентили. При подаче напряжения на катушку электромагнита они открывают клапан; это «нормально закрытые» вентили. Иногда применяют «нормально открытые» вентили: при подаче напряжения клапан у них закрывается.

Реже применяют переключающие вентили. Они служат для изменения направления потока жидкости или газа (например, при оттаивании испарителей горячим паром).

По принципу действия электромагнитные вентили разделяют на вентили прямого действия, непрямого действия и комбинированные. В вентилях прямого действия клапан перемещается только под действием силы электромагнита. В вентилях непрямого действия для открытия и закрытия клапана используется энергия протекающей жидкости или газа (разность давлений до клапана и после него). В вентилях комбинированного действия используют как силу электромагнита, так и давление рабочей среды.

### 1. Запорные электромагнитные вентили

Наиболее просты по конструкции запорные вентили прямого действия (рис. 48). Сердечник 2 с клапаном 1, закрывающим проходное сечение, расположен внутри трубки 6 из немагнитной стали, на которую надета катушка электромагнита 4, сверху закрытая легким кожухом 5. При подаче напряжения катушка электромагнита 4, преодолевая силу разности давлений жидкости и силу пружины 3, втягивает сердечник 2, который перемещается вверх, и клапан 1 из специальных сортов резины, впрессованный в сердечник, отрываясь от седла, открывает проход жидкости. При снятии напряжения пружина 3 сажает клапан на седло; давление жидкости на

клапан обеспечивает плотное закрытие. Эти вентили выпускаются с диаметром условного прохода 6-10 мм. При больших диаметрах возрастает сила давления жидкости на клапан и требуются электромагниты большой мощности.

Электромагнитные вентили комбинированного действия бывают поршневого и мембранного типов. Рассмотрим принцип действия поршневого электромагнитного вентиля (рис.48). При отсутствии тока разгрузочный (управляющий) клапан 5 перекрывает центральное отверстие в поршне-клапане 6. Поступающая жидкость через калиброванное отверстие 9 в поршне-клапане 6 или по специальной канавке вдоль образующей поршня попадает в полость Б над поршнем 6. Давление жидкости и вес клапана обеспечивают плотное его закрытие.

При появлении тока в катушке 1 сердечник 2 втягивается в катушку и, ударя по корончатой гайке 4, открывает разгрузочный клапан 5. Жидкость из верхней полости поршня 6 стекает через центральное отверстие и давление ее падает. Под действием силы электромагнита и давления жидкости, поступающей снизу (из полости А), поршень перемещается вверх до полного открытия.

Катушка 1 отделена от жидкостной полости трубкой 3 из немагнитного материала. Винт 8 служит для принудительного открытия клапана. Для лучшего уплотнения в основном клапане предусмотрена резиновая прокладка, которая прилегает к латунному седлу 7.

Центральное отверстие в поршне не должно быть намного больше калиброванного отверстия 9 (или площади сечения продольной канавки), иначе клапан будет очень быстро закрываться (менее чем за 0,3 с) и произойдет недопустимое повышение давления в трубопроводе до вентиля (свыше 16—20 кгс/см<sup>2</sup>), что может вызвать гидравлический удар и разрыв трубопровода.

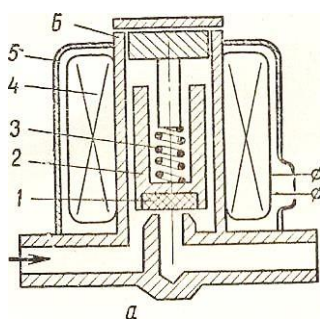


Рис. 48. Вентиль прямого действия

## 2. Переключающие электромагнитные вентили

Эти вентили применяют в малых холодильных машинах и автономных кондиционерах для переключения холодильной машины в режим теплового насоса.

При переключении режима вентиль направляет сжатый в компрессоре горячий пар не в конденсатор, а в испаритель, а компрессор начинает отсасывать пары не из испарителя, а из конденсатора.

Рассмотрим подробнее принцип действия АПР (рис. 49). АПР имеет электромагнит 11, поршень 13, связанный с основным клапаном 4, и самодействующие клапаны 1 и 2 на общем штоке. На схеме показано положение АПР при обычном режиме: сжатый пар через полости Г и В нагнетается в конденсатор, а отвод пара из ис-

парителя идет через полость Б в компрессор. В полостях Б, А, Д и Е — давление всасывания; в полостях В и Г — давление нагнетания. Клапан 2 разностью давлений  $p_B - p_B$  прижат влево, а клапан 4 — вправо. При подаче напряжения на катушку электромагнита 11 сердечник, сжимая пружину 10, перемещает поджимаемый пружиной 7 управляющий клапан 8 вправо.

Трубка 9 закрывается, а трубка 6 открывается, и давление нагнетания по трубке 12 подается на поршень 13. Шток 5 начинает сжимать пружину 3, и при определенном усилии основной клапан оторвется от седла. Освободившись от воздействия разности давлений  $p_G - p_D$  клапан 4 под действием сжатой пружины 3 резко переместится влево и перекроет полость В. Сжатый пар попадет в полость Д и далее по обводной трубе в полость А. Зазор между клапаном 1 и цилиндрическим корпусом небольшой, поэтому давление сжатия  $p_A$  возрастает и становится больше давления конденсации  $p_B$ . За счет разности давлений  $p_D - p_B$  клапаны 1 и 2 перемещаются вправо и сжатый пар из полости А пойдет в испаритель, а пар из конденсатора через полости В и Б будет отсасываться компрессором (этот режим показан пунктирными стрелками).

Автоматические переключатели АПР-15, АПР-25 и АПР-32 (цифра указывает диаметр условного прохода на линии всасывания, мм) предназначены для работы на фреоне-12 и фреоне-22. Температура рабочей среды от  $-30$  до  $-120^\circ\text{C}$ . Разность между давлением нагнетания и всасывания, обеспечивающая переключение клапана, должна быть не менее  $2,5 \text{ кгс/см}^2$ ; потеря давления всасываемого пара (при  $t_n - 30^\circ\text{C}$ ) не более  $0,03 \text{ кгс/см}^2$ . Напряжение питания 12 В при постоянном токе и 220 В при переменном.

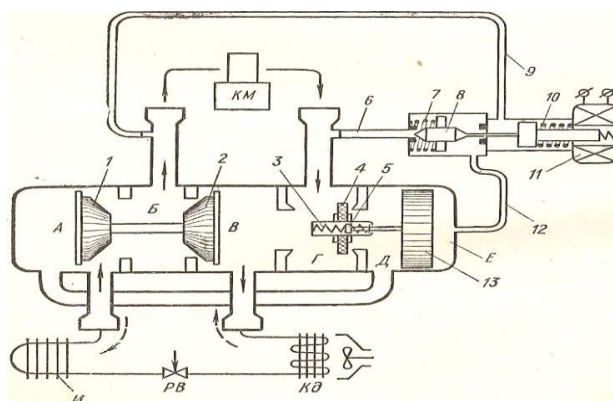


Рис. 49. Автоматический переключатель режимов АПР.

### Вопросы:

1. Электромагнитные вентили по принципу действия делятся.
2. Устройство запорного электромагнитного вентиля.
3. Расскажите принцип действия АПР.

### Тема: Реле концентрации газообразного холодильного агента

#### План:

1. Сигнализатор паров аммиака СПА-2.
2. Автоматический газоанализатор фреона УРАС-2.

## 1. Сигнализатор паров аммиака СПА-2

При повышении концентрации паров аммиака в помещении до 0,04 мг/л прибор СПА-2 дает световой сигнал и включает вентилятор. Если концентрация аммиака продолжает повышаться и достигает 0,4 мг/л («аварийный предел»), прибор дает аварийный сигнал и отключает холодильную установку.

СПА-2 состоит из датчика и электронного блока. Датчик (рис. 50, а) имеет две ячейки — рабочую Я<sub>р</sub> и контрольную Я<sub>к</sub>. Насос Н подает в эти ячейки слабый раствор соляной кислоты. Электромагнитный мембранный компрессор К<sub>м</sub> засасывает через фильтр Ф воздух с парами аммиака из контролируемого помещения и прогоняет его через рабочую ячейку Я<sub>р</sub>. При поглощении паров аммиака слабым раствором кислоты электрическое сопротивление раствора изменяется. Раствор далее очищается ионообменной смолой от ионов аммиака и снова подается насосом в ячейки. Производительность компрессора связана следящей схемой с количеством раствора, проходящего через рабочую ячейку.

Ячейки Я<sub>р</sub> и Я<sub>к</sub> с сопротивлениями R<sub>1</sub> и R<sub>2</sub> составляют измерительный мост. Сигнал разбаланса моста (рис. 50, б) подается на усилители 1Ус и 2Ус, имеющие выходные реле (типа МКУ-48) 1Р и 2Р. Усилитель 2Ус имеет всего один каскад усиления, поэтому на слабый сигнал он не реагирует. При повышении концентрации аммиака до «санитарной нормы» срабатывает лишь выходное реле 1Р, которое контактом 1Р-1 дает сигнал, а контактом 1Р-2 включает вентилятор. И только при дальнейшем повышении концентрации аммиака через усилитель 2Ус включается реле 2Р, дающее аварийный сигнал и остановку машин.

Переменные сопротивления и R<sub>3</sub> позволяют соответственно менять концентрацию срабатывания реле 1Р и 2Р.

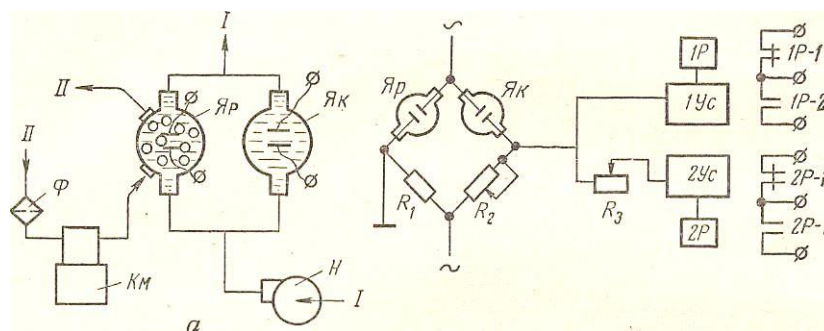


Рис. 50. Упрощенная схема сигнализатора паров аммиака СПА-2:

а — датчик; б в датчик с электронным блоком; 1—1—линия циркуляции сорбента (слабый раствор соляной кислоты); II—II — циркуляция анализируемого воздуха с парами аммиака.

## 2. Автоматический газоанализатор фреона УРАС-2

Нарушение герметичности фреоновых холодильных машин приводит к потере их работоспособности и утечке дорогостоящего агента. Особенно важно обеспечить герметичность в судовых установках, которые работают при постоянной вибрации и ударных нагрузках.

Напряжение от сети через стабилизатор 1 подается к двум последовательно включенным спиральям 3 — источникам инфракрасного излучения. Луч А проходит через рабочую измерительную камеру 1Р, а луч Б — через контрольную камеру К<sub>к</sub>. Частота собственных колебаний молекул фреона совпадает с диапазоном частот инфракрасных лучей. Часть энергии лучей уходит на возбуждение колебательного движения молекул фреона, т. е. часть спектра в камере К<sub>р</sub> пропадает. Контрольная камера заполнена азотом, энергия лучей в ней не теряется.

Оба луча попадают в приемное устройство 7, разделенное мембраной 8 на две камеры Л и Б. Камеры заполнены фреоном, поглощающим энергию инфракрасных лучей в определенной полосе спектра.

Камера А, в которую лучи попадают из рабочей камеры, поглощает меньше энергии, чем камера Б. Возникающая разность температур создает разность давлений  $p_B - p_A$ . Мембрана 8 прогибается вправо, изменяя емкость конденсатора, состоящего из мембраны 8 и противо-электрода 9. Обтюратор 4, вращаясь от электродвигателя 2, создает периодическое и синфазное излучение. Поэтому колебание емкости также периодическое. Батарея 10 и сопротивление 11 преобразуют переменное изменение емкости в переменное напряжение, которое через усилитель и выпрямитель 12 передается на измерительный прибор или во внешнюю цепь. Диафрагма 6 предназначена для грубой настройки нулевой точки.

При наличии в воздухе примесей газов, которые поглощают часть спектра примерно в том же диапазоне, как и фреон (например, CO<sub>2</sub>), результаты измерений будут искажены. Для устранения этой погрешности в схеме имеется фильтр 5. Обе камеры его наполнены основным мешающим газом (например, CO<sub>2</sub>). При этом разность поглощения энергии в рабочей и контрольной камерах будет снова зависеть только от концентрации фреона в воздухе.

### **Вопросы:**

1. Устройство сигнализатора паров.
2. К чему приводит нарушение герметичности фреоновых холодильных машин.
3. Принцип работы УРАС-2.

### **Тема: Реле времени и программ реле**

#### **План:**

1. Пневматические реле времени РВП.
2. Ступенчатый импульсный прерыватель СИП-01.

Исполнительные механизмы в схемах автоматизации часто приходится включать не одновременно, а в определенной последовательности. В этих случаях каждый механизм может включаться отдельным своим реле времени через определенные интервалы или же одним общим программным (многоцепным) реле.

При подаче на вход реле электрического сигнала (ток, напряжение) замыкание или размыкание электрических контактов на выходе происходит с некоторой выдержкой времени, которую обычно можно регулировать.

По принципу действия реле времени бывают пневматические, тепловые, электромеханические, электронные и др.

## 1. Пневматические реле времени РВП

Схема РВП дана на рис. 51. При подаче напряжения на катушку 2 сердечник 3 мгновенно втягивается, сжимая пружину 11. При этом выступ 1, нажимая на поворотный рычаг, размыкает контакт РВ-1 и замыкает РВ-2, т. е. контакты РВ-1 и РВ-2 срабатывают мгновенно, как у обычного промежуточного реле. Переключение контактов РВ-3 и РВ-4 происходит который изменяет площадь дроссельного отверстия 7) в широких пределах (от 0,4 до 180 с). Реле типа РВП выпускаются на напряжение 12, 24, 36, 127, 220 и 380 В.

Тепловое реле времени типа ТРВ-ІВМ. При подаче напряжения на клеммы  $K_1$  и  $K_3$  (рис. 51) ток проходит по спирали 1, которая через слой изоляции 4 намотана на биметаллическую пластину 3. При нагревании биметаллическая пластина 3 (левая) прогибается, замыкая контакт 2 в выходной цепи (клеммы  $K_3$  и  $K_4$ ). Для компенсации температурных погрешностей правая пластина 3 также выполнена из биметалла. Поэтому при повышении температуры окружающей среды прогибаются обе пластины и расстояние между контактами 2 не изменяется. Чтобы обе пластины имели одинаковую жесткость, на правую пластину 3 намотана ложная спираль 5 (ток через нее не проходит).

Время нагревания пластины (выдержка времени) зависит от силы тока в спирали 1 и определяется сопротивлением  $R$ . Например при  $R = 1$  кОм выдержка времени 30 с, при 2 кОм — 15 с. Допустимый ток через контакты 2 не более 0,5 А; питающее напряжение 220 В.

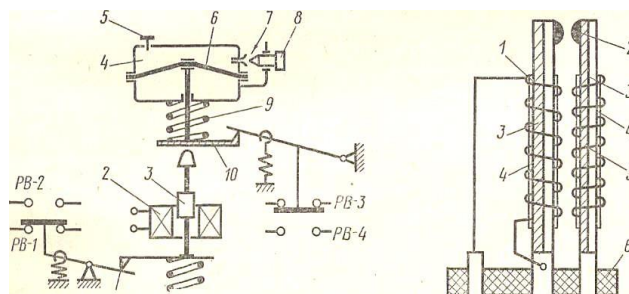


Рис. 51. Реле времени

## 2. Ступенчатый импульсный прерыватель СИП-01

Этот прибор представляет собой разновидность программных реле. В реле времени каждому изменению на входе соответствует одноразовое изменение на выходе. В программных реле при подаче напряжения на вход выходные контакты непрерывно замыкаются и размыкаются через определенные интервалы времени, установленные программой.

На рис. 52 показана кинематическая схема СИП-01. Прибор включает: микродвигатель Д с редуктором (5, 6) кулачок, собранный из дисков 2 и 3, ось 9, на которой укреплены ртутные выключатели РВ-1 и РВ-2 и коромысло 1 ось с мальтийским крестом 7 и диском И. Пружина 10 стремится повернуть ось с меркоидами и при этом разомкнуть РВ-1 и замкнуть РВ-2. Но поворот оси возможен только в том случае, если левый палец коромысла 1 войдет в паз кулачка 2, 3, а правый в один из



пазов диска 11. В положении, показанном на рис. 100, повороту коромысла 1 препятствует только выступ диска 11. Палец 8 шестерни 6 заходит в пазы мальтийского креста 7 и через равные интервалы времени поворачивает крест 7 и диск 11 на определенный угол. Когда один из пазов диска 11 встанет против пальца коромысла, разрешая его поворот, то при попадании левого пальца в прорезь кулачка коромысло 1 повернется, разомкнув РВ-1 и замкнув РВ-2.

Длительность замыкания контакта РВ-2 (и соответственно размыкания РВ-1) определяется величиной впадины кулачка. Поворачивая сектор 3 относительно сектора 2 и затем фиксируя их совместное положение винтом 4, можно получить длительность импульсов 1, 2, 3, 4, 5, 6 или 7 с. Продолжительность периода подачи импульса (длительность всего цикла) может быть 15, 30, 60 и 120 с; для изменения ее надо отвернуть, винт 12, повернуть диск 11 на нужное деление и снова укрепить его винтом 12.

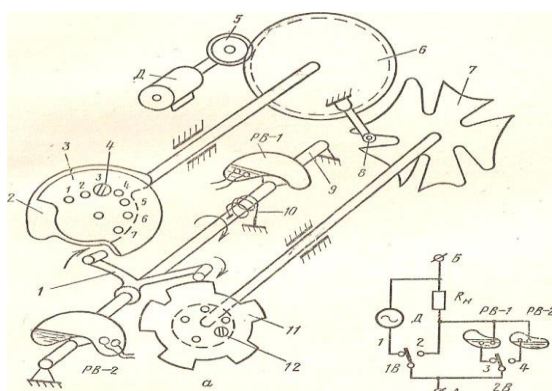


Рис. 52. Схема ступенчатого импульсного прерывателя

### Вопросы:

1. Какие по принципу действия бывают реле времени.
2. Расскажите принцип работы РВП.
3. От чего зависит время нагревания пластины.
4. Устройство СИП-01.

### Тема: Условные обозначения в схемах автоматизации

#### План:

1. Буквенные условные обозначения.
2. Графические изображения элементов принципиальных схем.

Автоматизация производственных процессов развивается в двух направлениях: первое — создание систем локальной автоматизации технологических процессов, которые обеспечивают стабилизацию заданных рабочих режимов путем поддержания постоянными или изменяющимися по заданной программе параметров процесса; второе — создание автоматизированных систем управления технологическими процессами и производством в целом с применением вычислительной техники.

Автоматизацию производственных процессов в зависимости от поставленных задач подразделяют на частичную, комплексную и полную.

Частичная автоматизация (отдельных производственных процессов, устройств, элементов оборудования) реализуется простыми техническими средствами без сложной подготовки автоматизируемого оборудования и процессов.

Комплексная автоматизация проводится на участке, в отделе, цехе, которые функционируют как единый взаимосвязанный автоматизированный комплекс, т. е. при участии людей. Комплексная автоматизация возможна при высокоразвитом производстве с совершенной технологией и при прогрессивных методах управления с применением надежного производственного оборудования, действующего по заданной или саморегулирующейся программе. При комплексной автоматизации функции человека состоят в контроле и управлении работой комплекса.

Полная автоматизация предусматривает передачу всех функций управления и контроля производством автоматическим системам управления. Полностью автоматизируют рентабельно устойчивые производства, режимы работы которых практически неизменны. Особенно важна полная автоматизация в условиях, опасных для жизни и здоровья человека.

При автоматизации технологических процессов в мясной и молочной промышленности применяют локальные системы различных классов, в том числе автоматические системы измерения, контроля, регулирования, управления оборудованием; автоматизированные системы управления технологическими процессами.

В верхней части окружности наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора.

В нижней части окружности указывают позиционное обозначение (цифровое или буквенно-цифровое), служащее для нумерации комплекта измерения или регулирования (при упрощенном способе построения условных обозначений) или отдельных элементов комплекта (при развернутом способе построения условных обозначений).

Порядок расположения буквенных обозначений в верхней части (слева направо) следующий: основная измеряемая величина, обозначение, уточняющее (если необходимо) основную измеряемую величину; функциональный признак на приборе. Функциональные признаки также располагают в определенном порядке. Указывают только те функциональные признаки, которые используют в данной системе. Пример построения условного обозначения прибора для измерения, регистрации и автоматического регулирования перепада давления приведен на рис. 53.

В некоторых случаях для обозначения первичных преобразователей и приборов, позиционные обозначения которых состоят из большого числа знаков, применяют графические обозначения в виде эллипса.

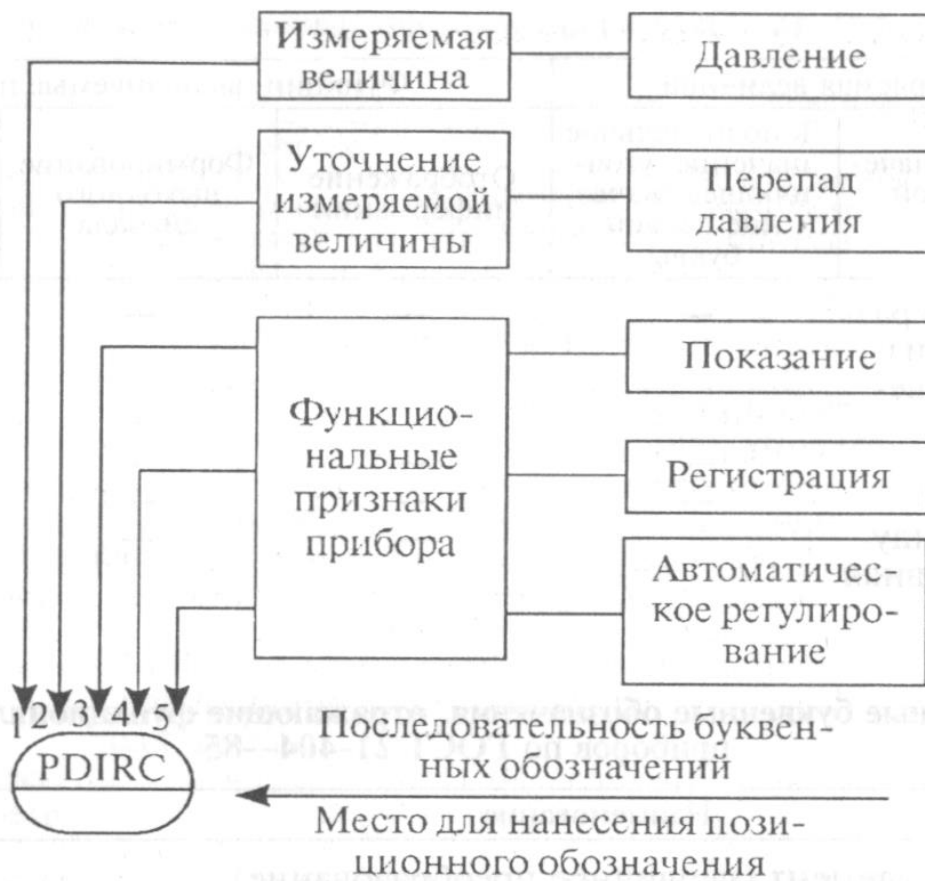






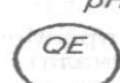
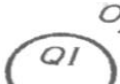

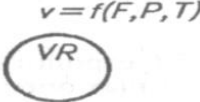


Рис. 53. Пример построения условного обозначения прибора для измерения, регистрации и автоматического регулирования перепада давления

# 1. Буквенные условные обозначения

## 6. Примеры построения условных обозначений по ГОСТ 21-404—85

Буквенное условное обозначение	Характер прибора	Обозначения
А (сигнализация)	<p>Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите (кнопка со встроенной лампочкой, ключ управления с подсветкой и т. д.)</p> <p>Прибор для измерения массы продукта показывающий, с контактным устройством, установленный по месту (например, устройство электронно-тензометрическое или сигнализирующее)</p> <p>Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите (вторичный показывающий прибор с сигнальным устройством). Буквы Н и L обозначают сигнализацию верхнего и нижнего уровня</p>	
		
		
Е (первичное преобразование)	<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту (термометр термоэлектрический, термометр сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра)</p> <p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту (диафрагма, сопло, труба Вентури, датчик индукционного расходомера)</p> <p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту (например, датчик электрического или емкостного уровнемера)</p>	
		
		
Q (справа от изображения прибора указать наименование или символ измеряемой величины)	<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту (например, датчик рН-метра)</p> <p>Прибор для регулирования и измерения качества продукта показывающий, установленный по месту (например, газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дыхательных газах)</p> <p>Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, регулирующий, установленный на щите (например, вторичный самопишущий прибор регулятора концентрации серной кислоты в растворе)</p>	
		
		
U (измерение разнородных величин)	<p>Прибор для измерения нескольких разнородных регистрирующих величин, установленный по месту (например, самопишущий дифманометр-расходомер с дополнительной записью давления и температуры пара). Буква может быть использована для обозначения прибора, измеряющего несколько разнородных величин</p>	

Для обозначения величин, не предусмотренных данным стандартом, могут быть использованы резервные буквы. При этом многократно применяемые величины следует обозначать одной и той же резервной буквой. Для одноразового или редкого применения можно использовать букву X. Если применяют резервные буквы, то на схеме их необходимо расшифровать. Не допускается в одной и той же документации применение одной резервной буквы для обозначения разных величин. Условные обозначения с применением дополнительных букв составляют следующим образом: на первом месте ставят букву, обозначающую измеряемую величину; на втором – одну из букв, уточняющих величину: Е; D; К; Y.

Например, первичные измерительные преобразователи температуры (термометры термоэлектрические, термометры сопротивления и др.) обозначают ТЕ, пер-

вичные измерительные преобразователи расхода (сужающие устройства расходомеров, датчики индукционных расходомеров) – FE, бесшкальные манометры с дистанционной передачей показаний – PT, бесшкальные расходомеры с дистанционной передачей – FT.

Первая буква в обозначении каждого прибора, входящего в комплект средств автоматизации, – это наименование измеряемой комплектом величины. Например, для измерения и регулирования температуры первичный измерительный преобразователь следует обозначать TE, вторичный регистрирующий прибор – TR, регулирующий блок – TC.

Запорную и регуливающую арматуру (задвижки, заслонки, шиберы), применяемую в системах автоматизации и заказываемую по технической части проекта, изображают в соответствии с действующими стандартами. Подвод линий связи к символу прибора допускается изображать в любой точке окружности (сверху, снизу, сбоку).

Если необходимо показать передачу сигнала, на линии связи можно нанести стрелки. Условные или графические обозначения выполняют линиями толщиной 0,5-0,6 мм, а горизонтальную разделительную черту внутри обозначения и линии связи – толщиной 0,2-0,3 мм.

Всем приборам и средствам автоматизации, изображенным на целый комплекс отдельных элементов, установок или агрегатов, которые дают полное представление о связях между всеми элементами управления, блокировки, защиты и сигнализации этих установок или агрегатов.

Любая ПЭС независимо от степени сложности сочетает отдельные достаточно простые электрические цепи, которые в данной последовательности выполняют типовые операции: передачу командных сигналов от органов управления или измерения к исполнительным устройствам, усиление или размножение командных сигналов, их сравнение, блокировку и т. п. К элементарным цепям могут быть также отнесены типовые схемы включения измерительных приборов различного назначения.

ПЭС должна обеспечивать оптимальные условия работы оперативного персонала, чтобы операции, производимые им при управлении, были упрощены, сокращено число органов управления, должен быть простой и быстрый выбор необходимого режима работы и т. д. Решая вопросы экономичности схемы, необходимо учитывать не только капитальные вложения, но и ежегодные эксплуатационные расходы.

Надежность схемы определяется ее способностью безотказно выполнять свои функции в течение определенного интервала времени в заданных режимах. Это требование обеспечивается применением в схемах надежных элементов, резервированием ответственных цепей схемы, организацией автоматического контроля неисправностей схемы. В аварийных режимах должны быть обеспечены безопасность обслуживающего персонала и предотвращение дальнейшего развития аварии.

ПЭС проектируют таким образом, чтобы ее эксплуатация в производственных условиях была предельно простой, требовала минимум затрат труда и внимания обслуживающего персонала, обеспечивала возможность проведения ремонтных и наладочных работ с соблюдением необходимых мер безопасности.

Любую ПЭС следует выполнять четко и компактно. Графическое оформление схемы должно способствовать наилучшему восприятию ее содержания.

ПЭС разрабатывают обычно в следующем порядке:

- на основании схемы автоматизации (СА) составляют технические требования к ПЭС;







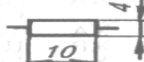



- разрабатывают условия и последовательность действия элементов схемы; каждое из заданных условий действия схемы изображают в виде:
  - элементарных цепей, отвечающих данному условию действия;
  - элементарные цепи объединяют в общую схему;
  - выбирают аппаратуру и электрический расчет параметров отдельных элементов (сопротивлений обмоток реле, нагрузки контактов и т. п.);
  - вильностей работы при повреждениях элементарных цепей или контактов;
  - рассматривают возможные варианты решения и принимают окончательную схему применительно к имеющейся аппаратуре.

В состав проекта автоматизации технологических процессов входят принципиальные электрические схемы управления, регулирования, измерения, сигнализации и питания, которые выполняют на основе требований Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). ЕСКД регламентирует правила выполнения схем, условные графические и буквенно-цифровые обозначения элементов схем, маркировки цепей.

Каждому электрическому элементу, изображенному на принципиальной электрической схеме автоматизации, присваивают буквенный код, который характеризует наименование прибора или аппарата и его функциональное значение.

Для удобства пользования принципиальной электрической схемой желательно, чтобы обозначение аппарата или прибора было простым. При разработке принципиальных электрических схем автоматизации технологических процессов чаще всего применяют буквенно-цифровые обозначения аппаратов и приборов. При наличии в схеме нескольких аппаратов с одинаковыми буквенными обозначениями порядковый номер аппарата ставят после буквенного обозначения.

## 2. Графические изображения элементов принципиальных схем

Наименование	Обозначение
	<i>По ГОСТ 2.747—68</i>
Корпус	
Заземление	
Элемент нагревательный	
Статор электрической машины	
Ротор электрической машины	
Предохранитель плавкий	
Резистор	
Конденсатор	
Катушка индуктивности, обмотка	
Обмотка трансформатора	

Для облегчения чтения схем условные обозначения допускается пропорционально увеличивать или уменьшать. Их можно также поворачивать в горизонтальном и вертикальном направлениях на 90 или 180°. Элементы фильтров или схем мостов изображают под углом 45° по отношению к горизонтальной оси.

Условные графические обозначения и наименование элементов, не предусмотренных ГОСТом, указывают в отдельной таблице над штампом. Элементы приборов для измерения неэлектрических величин (температуры, давления и т. д.) изображают в виде окружности диаметром 8 мм с указанием номера позиции по схеме автоматизации. Номер позиции при горизонтальном начертании элементов управления проставляют над графическим обозначением, а при вертикальном — с правой стороны от него. Над контактами регулирующих приборов указывают характер контакта (максимальный, минимальный, нормальный).

Элементы электромеханических устройств (реле, контакторы, пускатели и т. п.) обозначают прямоугольниками: для реле — со сторонами 9х6 мм, для контакторов и пускателей — 4х5 мм.

Кроме рассмотренных элементов на электрических схемах показывают контакты коммутационных устройств, связывающих вторичные приборы с исполнительными устройствами.

Позиционные обозначения элементов на схеме проставляют рядом с условными графическими изображениями (с правой стороны или над ними). Если на схеме имеется несколько одинаковых групп элементов, соединенных параллельно или последовательно, допускается изображать только крайние группы, показывая связи между ними штриховыми линиями.

Принципиальные пневматические схемы разрабатывают на базе функциональных схем автоматизации.

Принципиальные пневматические схемы в зависимости от сложности могут быть выполнены в виде блок-схем, развернутых (элементных) и полных схем.

При выполнении схемы графический материал располагают с левой стороны листа, а текстовой — с правой. В центре листа рекомендуется давать графический материал, поясняющий основную схему (например, диаграммы, графики и т. п.). Технологическое оборудование, а также внутренние схемы вторичных приборов и регуляторов на таких схемах не показывают. Цепи пневмоавтоматики рекомендуется располагать аналогично принципиальным электрическим схемам.

### **Вопросы:**

1. Графические изображения элементов принципиальных схем.
2. Буквенные условные обозначения.

### **Тема: Регулирование подачи жидкого хладагента в испарительную систему**

**План:** 1. Система автоматизации рассольных насосов.

Автоматизация испарительной системы с промежуточным теплоносителем. В состав испарительной системы охлаждения холодильной установки с промежуточным теплоносителем (рассолом) входят рассольные охлаждающие батареи или воздухоохладители, испаритель для охлаждения рассола, отделитель жидкости или за-

щитный ресивер, группа рассольных насосов, приборный щит, электроаппаратура, схема автоматизации.

Система автоматизации испарительной системы данного типа обеспечивает выполнение следующих функций: автоматическое управление работой рассольными насосами, регулирование температуры воздуха в холодильных камерах, регулирование температуры рассола, регулирование подачи холодильного агента в испаритель, подачу светового сигнала об отклонении уровня жидкого холодильного агента в испарителе и отделителе жидкости за установленные предельные значения.

### **1. Система автоматизации рассольных насосов**

Система автоматизации рассольных насосов (рис. 54) состоит из рассольных насосов (ниже рассмотрен пример группы из трех насосов), электроаппаратуры, автоматических приборов, приборного щита, схемы автоматизации.

Система автоматического управления работой рассольных насосов обеспечивает автоматическое включение первого рассольного насоса. По команде на пуск хотя бы одного охлаждающего прибора холодильной установки, автоматическое включение второго рассольного насоса по сигналу реле температуры при повышении температуры рассола выше Установленного значения, автоматическое включение третьего (резервного) рассольного насоса при аварийной остановке любого из рабочих Насосов, подачу сигнала, разрешающего пуск компрессора, в систему автоматического управления компрессорным агрегатом, подачу сигнала аварийной остановке рассольного насоса; автоматическую остановку Рассольных насосов при выключении из работы всех охлаждающих приборов, автоматическое отключение компрессорного агрегата и подачу светового сигнала при остановке всех рассольных насосов. Система автоматического управления рассольными насосами состоит из реле давления (по числу рассольных насосов), датчики которых подключены к линии нагнетания между насосом и обратным клапаном соответствующего насоса; реле температуры рассола, датчик которого установлен на нагнетательной линии насосов; обратных клапанов (по числу насосов), устанавливаемых на нагнетательной линии каждого насоса.

Система автоматического управления работой рассольных насосов предусматривает возможность выбора любой последовательности включения насосов и возможность работы любого из насосов в качестве резервного.



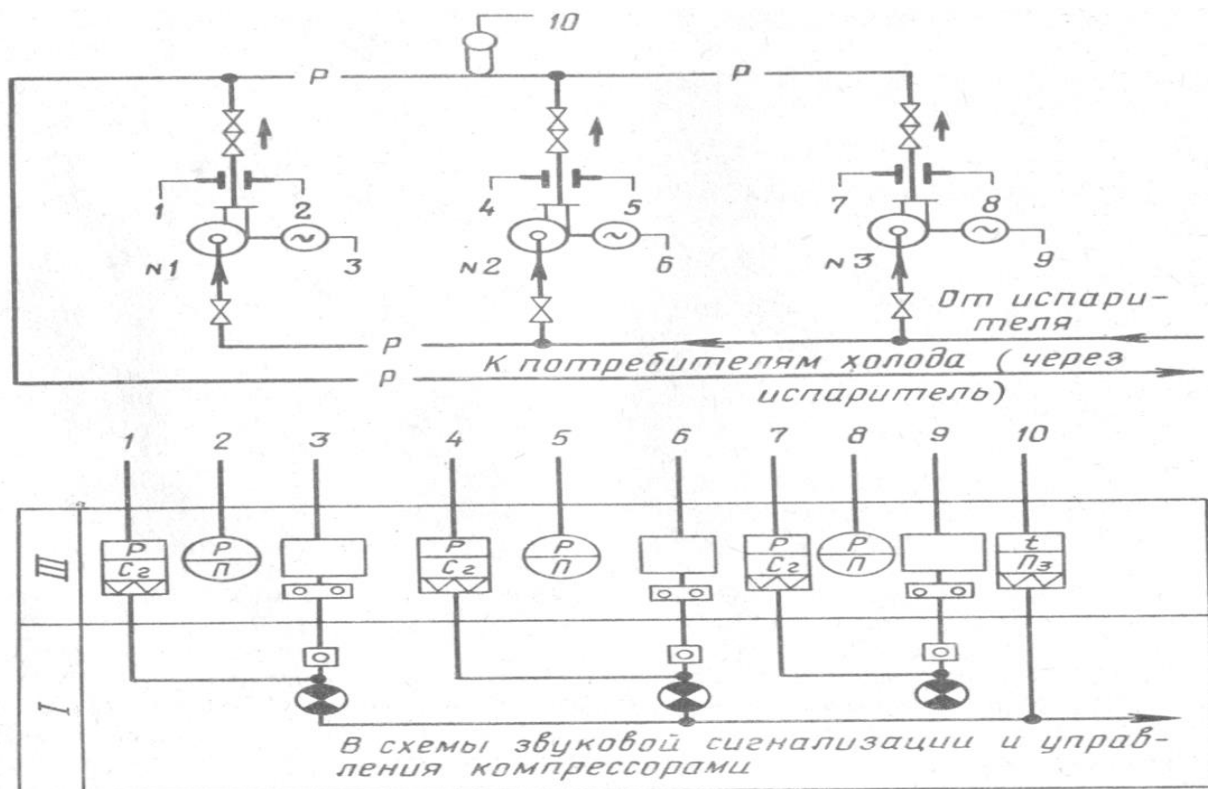


Рис. 54. Система автоматизации рассольных насосов

## Тема: Теоретические основы холодильной технологии

План: 1. Холодильная технология.

### 1. Холодильная технология

Требуется разработка долгосрочной научно-технической программы развития холодильной промышленности. Наиболее эффективным ори обработке и хранении продуктов питания является холодильное консервирование.

Холодильная технология продуктов питания представляет собой отрасль науки, которая изучает рациональные и научно обоснованные способы использования холода в пищевой промышленности сохранения сырья и продуктов питания.

Технологические аспекты холодильного консервирования требуют знания научно обоснованных методов проведения процессов охлаждения, замораживания, размораживания, продолжительности обработки, температурно-влажностных режимов при транспортировании и хранении пищевой продукции. Чрезвычайно важным представляется изучение научно обоснованных методов снижения потерь пищевой продукции при холодильной обработке и хранении. Необходимы знания о применении дополнительных к холоду средств. Это использование регулируемых и модифицированных газовых сред, экологически безопасных биологических и синтетических препаратов, влияющих на физиологические и технологические свойства пищевых продуктов, упаковочных материалов. Совершенствование и создание новых технологий холодильной обработки и хранения совместно с другими методами консервирования позволят решить задачу сохранения качества с учетом особенностей изменений пищевого сырья и готового конечного продукта.

Научно-технические разработки в области холодильной технологии должны учитывать структуру холодильного хозяйства нашей страны. Она включает холодильники агропромышленного комплекса (сельское хозяйство, перерабатывающие отрасли, молочная и мясная промышленность, плодоовощная отрасль), рыбного хозяйства (судовое и береговое), государственного резерва, холодильный транспорт (автомобильный, железнодорожный, речной и морской), а также холодильники для оптовой, розничной торговли и бытовые холодильники. Основной задачей производственных и распределительных холодильников является регулирование ритмичности и сезонности поставок сырья и продукции.

Сегодня особое внимание уделяется изучению всех звеньев холодильной цепи, начиная с предварительного охлаждения и заканчивая длительным хранением замороженных продуктов, осуществляемым на производственных площадях и емкостях базисных и распределительных холодильников. Совершенствование технологий холодильного консервирования продуктов питания предполагает техническое перевооружение холодильных предприятий за счет применения современных высокоэффективных машин, аппаратов, приборов и сооружений, предназначенных для производства искусственного холода.

### **Вопросы:**

1. Что собой представляет холодильная технология продуктов питания.
2. Какие методы технологических процессов вы знаете.
3. Что включает агропромышленный комплекс .

### **Тема: Сырье и его химический состав**

#### **План:**

1. Химический состав.
2. Классы ферментов.

#### **1. Химический состав**

Химический состав пищевых продуктов разнообразен по качественному и количественному содержанию отдельных компонентов. Он определяется структурой и составом образующих их тканей; Пищевые ингредиенты, поступая в организм человека, преобразуются в результате сложных биохимических превращений и являются строительным и энергетическим материалом, обеспечивающим его жизнедеятельность. Следует иметь в виду, что для обеспечения нужд организма человека вместе с пищевыми продуктами в него должны поступать вещества, не синтезируемые в организме человека в процессе обмена веществ. Продукты питания должны не только удовлетворять потребности человека в основных питательных веществах и энергии, но и выполнять профилактические и лечебные функции. Химический состав идентичных пищевых продуктов не является постоянным. Это результат их индивидуальных биологических особенностей. Содержание химических веществ овощей, плодов, ягод и грибов изменяется в процессе роста и развития растений и зависит от климатических, метеорологических и почвенных условий произрастания, вида, сорта, степени зрелости, сроков уборки, товарной (предварительной) обработки, режимов и продолжительности хранения. Состав и свойства продуктов животного проис-

хождения определяются условиями кормления, возрастом, средой обитания, сезонностью и другими факторами.

Все вещества, входящие в состав пищевых продуктов, подразделяются на две группы: органические и неорганические. К первой группе относятся углеводы, азотистые вещества, липиды, органические кислоты, витамины, фенольные соединения, ко второй — вода и минеральные вещества.

Углеводы. Эти органические соединения являются наиболее распространенными. Их содержание в растениях составляет до 90%, а в организме человека и животных — около 2% в пересчете на сухое вещество.

Углеводы подразделяют на два класса: моносахариды и полисахариды.

Белки — наиболее важные в биологическом отношении и сложные по химической структуре вещества. Они являются основным материалом, из которого построены клетки, ткани и органы живого организма, и служат источником энергии. С веществами белковой природы связаны основные процессы жизнедеятельности — пищеварение, сокращение мышц, способность к росту и размножению ит. д. При окислении в организме 1 г белка выделяется 16,7 кДж энергии. Суточная потребность взрослого человека в белках составляет 80... 100 г. Белки подразделяют на два класса: простые (протеины) и сложные (протеиды). Простые белки — это макромолекулярные полимеры аминокислот. При низких температурах ферменты замедляют свое действие, но, как правило, не разрушаются. Максимум активности ферментов наблюдается в слабнокислой, нейтральной и слабощелочной среде. Ферменты обладают специфичностью действия, т. е. — каждый фермент действует на вполне определенное вещество, ограниченное число веществ или определенный тип химической связи в молекуле вещества. Повышенная активность ферментов и разнообразие происходящих биохимических процессов наблюдаются в плодах и овощах из-за высокого содержания в них воды.

## 2. Классы ферментов

Выделяется шесть основных классов ферментов:

1. Оксидоредуктазы (окислительно-восстановительные ферменты) — ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции.

2. Трансферазы (ферменты переноса). Они катализируют перенос целых атомных группировок, например остатков фосфорной кислоты, остатков моносахаридов и аминокислот, аминных или метальных групп от одного соединения к другому.

3. Гидролазы — ферменты, катализирующие расщепление различных сложных органических соединений при участии воды на более простые. Подобное расщепление называется гидролизом, а соответствующие ферменты — гидролазами.

4. Лиазы — ферменты, катализирующие реакции негидролитического отщепления каких-либо групп от субстратов; при этом образуются двойные связи (или происходит присоединение группы к двойной связи).

5. Изомеразы (ферменты изомеризации). Эти ферменты катализируют превращения органических соединений в их изомеры.

6. Лигаза (синтетаза) — катализирующие соединения двух молекул, связанные с расщеплением пирофосфатной связи в АТФ или других нуклеозидтрифосфатах.

Перечисленные шесть классов ферментов подразделяются на подклассы и еще более мелкие группы. По установленной классификации каждый фермент, кроме тривиального названия, имеет рациональное название и шифр, состоящий из четы-

рех цифр. В шифре первая цифра означает класс, вторая — подкласс, третья — под-под-класс, четвертая цифра обозначает данный конкретный фермент.

### **Вопросы:**

1. Что входит в состав пищевых продуктов.
2. На какие классы подразделяются углеводы.
3. Перечислите основные классы ферментов.

## **Тема: Технология охлаждения продуктов животного происхождения**

### **План:**

1. Процесс охлаждения.
2. Продолжительность процесса охлаждения.

### **1. Процесс охлаждения**

Процесс охлаждения продуктов животного происхождения по ряду признаков практически не отличается от охлаждения продуктов растительного происхождения в первую очередь это касается теплофизической стороны данного процесса, рассматриваемого как комплексный перенос тепла и массы. Для разноименных продуктов эти процессы имеют много общего. Например, гидроохлаждение птицы и рыбы в определенной степени проводится подобно охлаждению не которых фруктов, а воздушное охлаждение яйца в таре, установленной в камере в виде штабеля, во многом схоже с охлаждением аналогично затаренных растительных продуктов.

Конкретные способы и технологические режимы охлаждения для каждой группы животных продуктов определяют с учетом криоскопической температуры, особенностей их состава, свойств, микроструктуры, биохимических процессов, а также целевого назначения и экономичности.

Способы охлаждения: двух- и трехстадийное с применением переменных параметров воздушной среды, воздушное при повышенном давлении, вакуумное, гидроаэрозольное, с использованием электрофизических способов, глубокое в среде инертных газов и снегообразного диоксида углерода.

### **2. Продолжительность процесса охлаждения**

Продолжительность охлаждения зависит от состава, строения, характера поверхности (гладкая или шероховатая), массы, формы, размеров, начальной и конечной среднеобъемной температуры продукта, а также вида (газ, жидкость или твердое вещество) и характерных параметров (температура и скорость движения) охлаждающей среды, определяющих величину коэффициента теплоотдачи от продукта к среде.

Чем плотнее, охлаждающая среда и больше скорость ее движения, тем больше величина коэффициента теплоотдачи. Для охлаждения продуктов животного происхождения по возможности применяют воздушную среду. Продолжительности процесса охлаждения достигается увеличением скорости движения воздуха, которое достигает 1...2 м/с для мяса и 3...4 м/с для тушек птицы. Ускорение охлаждения за

счет увеличения скорости движения воздуха приводит к интенсификации испарения влаги с поверхности продукта и, как следствие, большой усушке.

Более высокие скорости движения воздуха не приведут к заметному сокращению продолжительности процесса, а лишь увеличат усушку продукции.

Усушку мяса при охлаждении можно сократить путем повышения относительной влажности воздуха в камере до 95...98% в начальный период процесса с последующим ее постепенным снижением до 90...92%.

Продолжительность охлаждения значительно сокращается, если в качестве охлаждающего агента вместо воздушной применить жидкую среду, используя погружной, оросительный или гидроаэрозольный способы.

Например, охлаждение мясных полутуш распыленной водой с температурой 1 °С сокращает продолжительность процесса в 4 раза по сравнению с охлаждением при той же температуре в воздухе. Однако охлаждение неупакованного мяса водой приводит к увлажнению поверхности, в результате чего ухудшается товарный вид мяса (происходит обесцвечивание поверхности и набухание), а также наблюдается дополнительная потеря белковых и экстрактивных веществ из продукта за счет экстрагирования их жидкостью. Срок хранения такого мяса значительно сокращается.

### **Вопросы:**

1. Какие способы охлаждения вы знаете.
2. Как достигается продолжительность процесса охлаждения.
3. Как можно сократить усушку мяса при охлаждении.
4. Приведите пример охлаждения мясных полутуш.

## **Тема: Охлаждения мяса**

### **План:**

1. Воздушное охлаждение.
2. Одностадийный способ охлаждения мяса.
3. Двухстадийный способ охлаждения мяса.

При охлаждении температура мяса снижается от 36...37 °С до конечной среднеобъемной температуры 4...0 °С. Ограничение верхнего предела температуры охлажденного мяса 4 °С обусловлено тем, что при более высокой температуре возможен быстрый рост микрофлоры, в том числе — сальмонелл, которые активно развиваются в области температур 7...45 °С. Нижний предел конечной температуры ограничивается криоскопической температурой мясного сока, которая в зависимости от вида и состава мяса колеблется в пределах от —0,6 до —1,3 °С. Льдообразование при понижении температуры ниже криоскопической приведет к значительным, отчасти необратимым изменениям, снижающим качество мяса.

### **1. Воздушное охлаждение**

Воздушному охлаждению туши или полутуши подвергают в камерах и туннелях, специально оборудованных подвесными путями и системой регулирования режима холодильной обработки. Охлаждение мяса в воздухе проводят одно-, двух- и трехстадийным а также программными способами.

Интенсификация процесса и сокращение продолжительности охлаждения достигаются понижением температуры и увеличением скорости движения воздуха в камере.

## 2. Одностадийный способ охлаждения мяса

Одностадийным называют такой способ охлаждения мяса, при котором понижение его температуры с начальной до конечной  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  осуществляется в одной камере, т. е. в одну стадию. Медленный одностадийный способ охлаждения мяса при температуре воздуха  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и скорости его движения  $0,1\text{...}0,2\text{ м/с}$  имеет ряд недостатков. Одним из главных недостатков этого способа является большая продолжительность процесса, составляющая для различных видов мяса  $28\text{...}36$  часов. Кроме того, из-за значительных потерь влаги. При ускоренном режиме охлаждения температуру в камере устанавливают близкой к криоскопической, равной  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а скорость движения воздуха — не менее  $0,5\text{ м/с}$ . Продолжительность охлаждения туш говядины, свинины и баранины в среднем составляет  $20\text{...}24$  часа. При быстром способе понижение температуры воздуха до  $-3\text{...}-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и увеличение скорости его движения до  $1,0\text{...}2,0\text{ м/с}$  сокращает продолжительность охлаждения говядины до  $12\text{...}16$  ч, свинины — до  $10\text{...}13$  ч (таблице)

Таблица 5

Способ охлаждения	Параметры воздуха, среднее значение за процесс		Температура мяса, $^{\circ}\text{C}$		Продолжительность охлаждения, ч, не более
	температура, $^{\circ}\text{C}$	скорость движения (не менее), м/с	начальная, не ниже	конечная	
<b>Г о в я д и н а</b>					
Одностадийный:					
— медленный	2	0,1...0,2	35	4	28...36
— ускоренный	0	0,3...0,5	35	4	20...24
— быстрый	-3...-5	1,0...2,0	35	4	12...16
Двухстадийный:					
— быстрый:					
I стадия	-4...-5	1...2	35	10...15	8...10
II стадия	— I...—1,5	0,1	10...15	4	8...10
— сверхбыстрый:					
I стадия	—10...12	1...2	35	15...18	6...7
II стадия	—1...1,5	0,1	15...18	4	10...12
<b>С в и н и н а</b>					
Одностадийный:					
— медленный	2	0,1...0,2	35	4	28...36
— ускоренный	0	0,3...0,5	35	4	20...24
— быстрый	-3...-5	1,0...2,0	35	4	10...13
Двухстадийный:					
— быстрый:					
I стадия	-5...-7	1...2	35	10...15	6...8
II стадия	-1...-1,5	0,1...0,2	10...15	4	6...8
сверхбыстрый:					
I стадия	-10...-15	1...2	35	18...22	4...5
II стадия	-1...-1,5	0,1...0,2	18...22	4	10...15

при медленном и ускоренном способе охлаждения в зависимости от категории мяса усушка для говядины составляет 1,60... 1,75%, свинины — 1,36...1,50, баранины (козлятины) — 1,70...1,72%. При быстром способе усушка сокращается и для этих видов мяса величина ее соответственно составляет 1,40...1,57, 1,18...1,30, 1,51...1,57%. Одной из причин, сдерживающей интенсификацию одностадийного охлаждения мяса путем снижения температуры и увеличения скорости движения воздуха является опасность подмораживания продукта.

### 3. Двухстадийный способ охлаждения мяса

При двухстадийном способе понижение температуры мясных туш и полутуш осуществляется сначала в камере интенсивного охлаждения при низкой температуре воздуха, равной —4...—15 °С, и его интенсивной циркуляции (1,0-2,0 м/с). Первая стадия процесса завершается при приближении температуры поверхности продукта  $t_n$  к криоскопической. Вторая стадия процесса (доохлаждение) производится при более высокой температуре — 1...—1,5 °С и скорости движения воздуха не более 0,1-0,2 м/с до достижения в центре продукта требуемой температуры  $t$ . При доохлаждении температура мяса выравнивается по всему объему полутуши до конечной температуры.

Доохлаждение может проводиться в камерах хранения мяса. Использование двухстадийного охлаждения позволяет сократить продолжительность процесса в камере интенсивного охлаждения в 2...3 раза, что равным образом увеличивает их производительность. По сравнению с традиционным одностадийным способом, усушка сокращается на 20...30%. Быстрое снижение температуры поверхности мяса до 0...1 °С замедляет развитие микрофлоры, что обеспечивает высокую стабильность сырья при хранении.

Применяют также способы электростимуляции, выдержку мяса в период предварительного охлаждения при температуре 10... 15 °С в течение 10... 12 ч или механическое растяжение мышечных волокон.

Современные предприятия используют также многостадийные методы охлаждения, которые существенно интенсифицируют процесс. К ним относятся трехстадийный и программный способы охлаждения. Эти способы на различных стадиях процесса также предусматривают переменные параметры охлаждающего воздуха.

По технологическому принципу различают камеры охлаждения непрерывного и циклического действия. Камеры непрерывного действия применяются, главным образом, для осуществления первой стадии двухстадийного охлаждения. Камеры охлаждения представляют собой теплоизолированные помещения по отечественным нормативам шириной 6 м и длиной до 24 м, оборудованные охлаждающей системой и подвесными путями. Высота камер равна строительной высоте этажа, а их ограждения являются частью ограждающих конструкций холодильника. Вместимость камер охлаждения составляет 15...45.

Принцип работы:

Воздухоохладитель 1 нагнетает воздух через воздуховод 2 постоянного статического давления, который располагается по всей площади камеры над подвесным путем 3. В нижней части воздуховода имеются щелевые сопла 4, выполненные в виде пирамиды с углом раскрытия 22° и располагающиеся на одинаковом расстоянии друг от друга. Скорость движения воздуха на выходе из сопел составляет 6... 10 м/с.

Это позволяет обдувать полутуши мяса в зоне бедренной части 5 со скоростью не менее 1 м/с. Далее тепленый воздух поступает в воздухоохладитель, проходя всасывающий канал 6 и дефлектор 7, поворачивающий поток воздуха на 90° в направлении всасывающего окна воздухоохладителя 1.

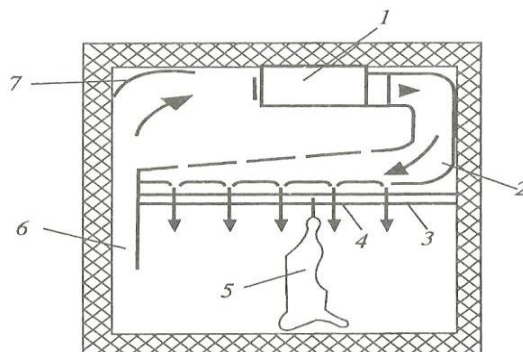


Рис. 55. Схема камеры холодильной обработки с подвесными воздухоохладителями

### Вопросы:

1. Расскажите про способы воздушного охлаждения.
2. Всколькo раз сокращается продолжительность охлаждения при быстром способе.
3. При какой  $t$  происходит охлаждение при двухстадийном способе.
4. Расскажите схему камеры холодильной обработки с подвесными воздухоохладителями.

## Тема: Охлаждения мяса птицы

### План:

1. Воздушное охлаждение.
2. Охлаждение тушек птицы в чистой ледяной воде.
3. Комбинированный способ охлаждения.

Мясо птицы является наиболее скоропортящимся по сравнению с другими видами сырья животного происхождения.

Птицу охлаждают воздухом, водоледяной смесью, ледяной водой (погружением, орошением или их комбинацией), диоксидом углерода, азотом, а также комбинированным гидроаэрозольно-испарительным способом.

### 1. Воздушное охлаждение

Воздушное охлаждение характеризуется самой большой продолжительностью процесса. Воздушное охлаждение птицы, упакованной в тару или без нее, осуществляют в камерах или туннелях при температуре 0...—6 °С, естественной или принудительной циркуляции воздуха. Продолжительность охлаждения от температуры 25 °С до температуры в толще грудной мышцы птицы 4 °С составляет от 12 (для кур) до 36 ч.

Интенсивно протекает процесс охлаждения в камерах туннельного типа. При температуре воздуха —4...—6 °С и скорости его движения 3...4 м/с в зависимости от



массы и упитанности птицы продолжительность охлаждения составляет 6...8 ч. В аппаратах туннельного типа на многоярусных тележках при температуре воздуха  $-8^{\circ}\text{C}$  и скорости его движения 2...3 м/с кур охлаждают до температуры 2...3  $^{\circ}\text{C}$  в течение 4...5 ч, гусей и индеек — 6...8 ч.

Воздушное охлаждение применяют только для тушек после сухой ошипки и тепловой обработки, в противном случае мясо обезвоживается (усушка составляет 1...2% общей массы продукта), тушки птицы приобретают синеватый оттенок и теряют товарный вид. В случае повреждения эпидермиса при машинной очистке поверхности тушек поврежденные места после воздушного охлаждения приобретают коричневатую-красную окраску.

Для сокращения усушки рекомендуется проводить охлаждение тушек птицы в подвешенном состоянии сначала до температуры 15...20  $^{\circ}\text{C}$  орошением водой, а затем воздухом при температуре  $-4...-6^{\circ}\text{C}$  и скорости его движения 3...4 м/с до конечной среднеобъемной температуры продукта.

## 2. Охлаждение тушек птицы в чистой ледяной воде

Способ погружного охлаждения тушек птицы в чистой ледяной воде или в водолеяной смеси является достаточно эффективным с точки зрения условий теплообмена, затрат труда, продолжительности и технологичности процесса. Водолеяную смесь получают путем добавления в водопроводную воду чешуйчатого льда, а ледяную воду — путем ее охлаждения в специальных установках или барботированием через воду диоксида углерода или азота с низкими температурами. Температура водолеяной смеси и ледяной воды составляет 2...0  $^{\circ}\text{C}$ . Конструктивно аппараты погружного охлаждения отличаются способом загрузки, транспортировки и выгрузки тушек птицы.

Автоматизированный аппарат для охлаждения тушек птицы методом погружения представлен на рис 56. Продолжительность охлаждения, в зависимости от вида и упитанности птицы, а также типа применяемого аппарата, составляет от 20 мин до 1 ч. При охлаждении ледяной водой тушки птицы приобретают лучший товарный вид, поскольку кожа и подкожная ткань тушек адсорбирует до 5...10% воды, в результате чего их масса увеличивается, форма округляется. Кожа на тушках становится светлой, чистой, исчезают пятна от ушибов, кровоизлияний и красноватая окраска кожи, образующаяся при жестких режимах шпарки.

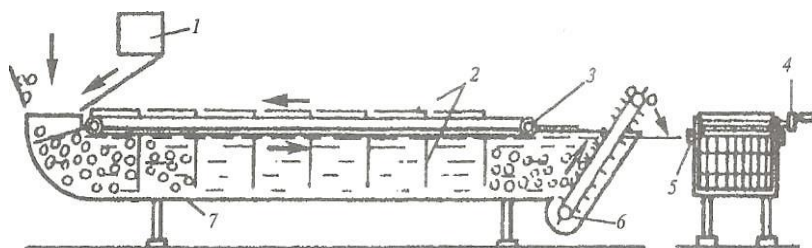


Рис. 56. Автоматизированный аппарат для охлаждения тушек птицы методом погружения

Погружной метод охлаждения птицы имеет ряд существенных недостатков:

1. Вода в ванне охладителя постоянно загрязняется остатками содержимого зоба и кишечника тушек птицы. Несмотря на то, что вода в ванне частично сменяется и очищается, сохраняется вероятность перекрестного обсеменения тушек патогенными микроорганизмами, которые могут стать причиной заболевания потребителей. Обработка охлаждающей воды антисептическими веществами или ультразвуковым излучением не дает полной гарантии отсутствия перекрестного обсеменения тушек.

2. Поглощение тушками птицы влаги приводит к повышению кислотности жира и, как следствие, снижению стойкости мяса при хранении.

3. Частичное вымывание из тушек экстрагирующихся питательных веществ снижает пищевую ценность мяса.

4. Энергетический потенциал ледяной воды и водоледяной смеси используется не полностью, что повышает энергозатраты на процесс охлаждения.

5. Высокий расход дорогостоящей питьевой воды.

### **3. Комбинированный способ охлаждения**

Охлаждают орошением водой в течение 10...15 мин, в зависимости от вида птицы, и затем доохлаждают до температуры в толще грудной мышцы

0...4 °С погружением на 25...35 мин в ванну с ледяной водой.

Преимущество такого способа заключается в том, что при воздушном доохлаждении из продукта не только удаляется влага, полученная на стадии водяного охлаждения, но и одновременно происходит дополнительный отвод тепла при ее испарении.

Достоинства современного водяного и воздушного охлаждения реализованы в комбинированном гидроаэрозольно-испарительном способе охлаждения птицы. Данный способ предусматривает сочетание обдува тушек холодным воздухом с периодическим нанесением на их поверхность капельно-жидкой влаги определенной степени дисперсности с помощью форсунок.

По сравнению с воздушным способом охлаждения, темп охлаждения у гидроаэрозольно-испарительного способа больше за счет испарения напыленной влаги, не происходит усушка продукта. В случае использования данного способа как первой стадии понижения температуры тушек перед замораживанием потери сока при размораживании мяса птицы уменьшаются и не превышают 1,8%.

#### **Вопросы:**

1. Перечислите способы охлаждения мяса птицы.
2. При какой температуре происходит воздушное охлаждение.
3. Устройство автоматизированного аппарата для охлаждения птицы.
4. Преимущества комбинированного способа.

#### **Тема: Гидроаэрозольное охлаждение**

#### **План:**

1. Схема работы аппарата.
2. Достоинства гидроаэрозольного охлаждения.

## 1. Схема работы аппарата

Принципиальная схема работы аппарата для гидроаэрозольно-испарительного охлаждения тушек птицы представлена на рис. 57. В аппарате воздух, охлажденный испарителями воздухоохладителей, из всасывающего канал-воздуховода 8 центробежными вентиляторами подается в напорный канал-воздуховод 2, из которого через щелевые сопла 4 направляется в зону подвесок для тушек птицы 6. Далее теплый воздух поступает в зону теплообменных поверхностей испарителей воздухоохладителя, которые расположены в нижней части аппарата, что облегчит дренирование конденсата и талой воды с их поверхности.

Процесс охлаждения при температуре около  $0^{\circ}\text{C}$  проходит на длине, составляющей 60...65% от технологической длины аппарата, а при температуре около  $-7^{\circ}\text{C}$  (второй контур) – соответственно, 35...40%.

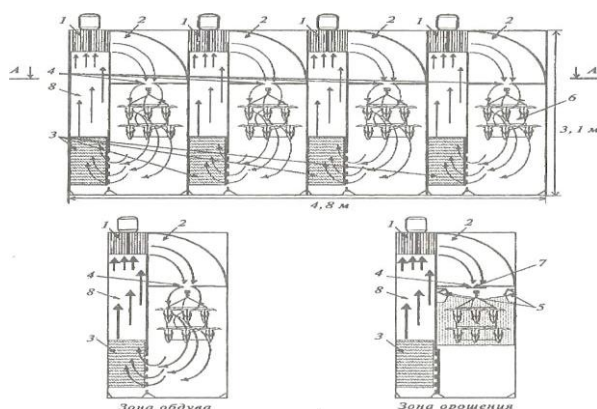


Рис. 57. Принципиальная схема работы аппараты

## 2. Достоинства гидроаэрозольного охлаждения

С учетом вышеизложенного, при выборе параметров процесса гидроаэрозольного охлаждения следует руководствоваться следующими рекомендациями:

1. Орошение водой должно проводиться в течение 5...7 с, при этом масса напыленной влаги составляет 5... 10 г на тушку (в зависимости от ее размеров). Более длительное орошение нецелесообразно, так как влага начинает стекать с поверхности продукта.
2. Обдув тушки холодным воздухом со скоростью 2,5...4 м/с производится до полного испарения напыленной влаги. Поскольку с каждым последующим этапом «напыление — обдув» температура поверхности тушек понижается и влага испаряется медленнее, продолжительность обдува от этапа к этапу необходимо увеличивать.
3. На каждом этапе, кроме последнего, рекомендуемая температура охлаждающего воздуха составляет  $0^{\circ}\text{C}$ , на последнем  $4...-7^{\circ}\text{C}$ .
4. Для охлаждения тушек до требуемой среднеобъемной температуры  $4^{\circ}\text{C}$  необходимы 3...4 этапа «напыление — обдув» общей продолжительностью 35...70 мин, в зависимости от размеров тушки. При воздушном охлаждении с теми же параметрами проведения процесса его продолжительность увеличивается в 1,5 раза.

Основные преимущества гидроаэрозольно-испарительного способа охлаждения тушек птицы заключаются в следующем:

- сокращается расход воды на охлаждение;
- отсутствует перекрестное обсеменение тушек птицы микроорганизмами;
- в аппарате гидроаэрозольного охлаждения для обеспечения работы форсунок не требуется установка системы обратного водоснабжения;
- уменьшается общее время охлаждения;
- уменьшается периодичность оттайки теплообменной поверхности воздухоохладителя;
- улучшаются санитарно-гигиенические условия производственного - процесса холодильной обработки;
- повышается качество и товарный вид продукции.

### **Вопросы:**

1. Расскажите принцип работы гидроаэрозольного способа охлаждения.
2. При какой  $t$  происходит охлаждение тушек.
3. Перечислите преимущества гидроаэрозольного способа охлаждения.

## **Тема: Охлаждения рыбы и рыбных продуктов**

### **План:**

1. Охлаждение воздухом.
2. Охлаждение льдом.
3. Охлаждение в жидкой среде.

### **1. Охлаждение воздухом**

В настоящее время этот способ охлаждения используется редко, так как ввиду небольшой величины коэффициента теплоотдачи процесс охлаждения протекает очень медленно и рыба с нежной консистенцией может испортиться уже в процессе самого охлаждения. На судах этот способ используется для кратковременного сохранения (не более 1 суток) крупного тунца при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и других объектов промысла при  $-3\text{...}-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  с целью направления их на последующую переработку и разделку.

### **2. Охлаждение льдом**

Лед как охлаждающая среда широко используется на промысле в прибрежной зоне морей, во внутренних водоемах и на береговых рыбоприемных и рыбоперерабатывающих предприятиях.

В рыбной промышленности для охлаждения рыбы применяют естественный или искусственный лед.

Технологический процесс осуществляется в следующей последовательности. На дно ящика насыпают слой мелкодробленого льда толщиной 2...3 см и на него укладывают рыбу, послойно пересыпая ее дробленным льдом и увеличивая с каждым слоем толщину льда (на дно насыпают 25%, а на верхний слой рыбы — 40%).

Общая высота слоев рыбы и льда не должна превышать 30 см. Верхний слой льда должен быть на 1 ...2 см. При охлаждении рыбы в ящиках на судах с охлаждаемыми трюмами в холодное время года расход льда составляет 30% к массе рыбы, в

теплое время года — до 40%. В неохлаждаемых трюмах на верхний ряд ящиков дополнительно насыпают слой льда и поверх него укладывают изоляционный материал, а общий расход льда при охлаждении рыбы в ящиках зависит от температуры наружного воздуха. При температуре наружного воздуха 1...5 °С расход льда составляет 30% от массы рыбы-сырца, при 5... 10 °С — 40%, при 10...15 °С — 50, при 15...20 °С — 75 и при температуре свыше 20 °С — 100%.

При охлаждении рыбы в бочках на дно бочек насыпают 20%, а на верхний слой рыбы — не менее 30% всего количества расходуемого льда. По нормам расхода льда, организации и технологии охлаждения рыбы в бочках не отличается от охлаждения рыбы в ящиках.

Охлаждение в термоизолированных контейнерах повышает качество рыбы и сокращает расход льда, доставляемого на промысел, так как при транспортировании лед тает на 75% медленнее, чем в ящиках.

### **3. Охлаждение в жидкой среде**

Данный способ применяется на средних и крупных рыболовных судах, реже — на береговых предприятиях.

В качестве охлаждающей жидкости применяется морская вода с температурой, близкой к температуре замерзания, которая в зависимости от содержания солей колеблется от —1,5 до —3 °С.

#### **Тема: Охлаждение молока**

##### **План:**

1. Стадии технологического процесса.
2. Температурные режимы охлаждения молочных продуктов.

#### **1. Стадии технологического процесса**

Охлаждение продуктов в молочной промышленности имеет важнейшее значение на всех стадиях технологической цепочки: при производстве, транспортировке, хранении и реализации.

Охлаждение молока как сырья для производства различных видов молочной продукции осуществляется в процессе его сбора и накопления на молочных фермах. Процесс охлаждения на молочных заводах применяется при производстве молока как готового к употреблению продукта, а также большинства молочных продуктов, таких как сыры, йогурты, творог, различные полуфабрикаты и готовые изделия.

При охлаждении молока от 37 до 10 °С продолжительность бактерицидной фазы увеличивается с 2 до 24 ч, а при охлаждении до 5 °С она составляет 36 ч, до 0 °С .- 49 ч.

Более совершенными охладителями являются аппараты емкостного типа, оборудованные охлаждающей рубашкой и мешалкой. Аппараты выполняют в виде ванн .- охладителей и резервуаров различной конструкции. Молоко охлаждается в результате циркуляции в охлаждающей рубашке ледяной воды. Получение ледяной воды обеспечивается работой встроенного в рубашку испарителя холодильной установки. Существуют аппараты подобного типа и с непосредственным охлаждением

ванны кипящим хладагентом. Вместимость по молоку таких аппаратов составляет от 900 до 24 000 кг.

Молоко охлаждают в охладителях погружного типа, емкостных аппаратах, а также в оросительных и пластинчатых охладителях.

Наиболее эффективны пластинчатые теплообменники, которые обеспечивают обработку молока без доступа окружающего воздуха и наиболее полно отвечают требованиям промышленной санитарии. Пластинчатый охладитель состоит из группы однотипных теплообменных пластин, соединенных в один пакет.

## **2. Температурные режимы охлаждения молочных продуктов**

Сливки отличаются от молока более высоким содержанием жира и меньшим содержанием других составных частей. Для непосредственного употребления выпускают сливки с содержанием жира 10 и 20%.

Выработанные сливки пастеризуют и затем охлаждают до температуры не выше 6 °С. Для охлаждения сливок, предназначенных для производства сметаны и масла, применяют сливокосозревательные ванны и резервуары вертикального типа. Сливкосозревательная ванна представляет собой горизонтальный полуцилиндр с крышкой, оборудованной охлаждающей рубашкой. Ванна снабжена качающейся мешалкой, изготовленной из труб, по которым циркулирует хладоноситель.

Творог охлаждают в аппаратах цилиндрического или трубчатого типа. Для охлаждения творога в линиях поточного производства применяют пластинчатые охладители, аналогичные охладителям для молока, отличающиеся формой и размерами теплообменных пластин. Зазор для прохода творога между пластинами увеличен до 6 мм, тогда как для охладителей молока он составляет 2...2,5 мм.

### **Вопросы:**

1. Перечислите стадии охлаждения молока.
2. При какой  $t$  охлаждают молоко.
3. В каких аппаратах охлаждают творог.
4. При какой  $t$  охлаждают сливки.

## **Тема: Замораживание пищевых продуктов**

### **План :**

1. Технологические параметры замораживания.
2. Способы замораживания.

Замораживание обычно производят в целях подготовки продукта к длительному хранению при отрицательных температурах. Замораживание существенно отличается от охлаждения и подмораживания. Оно обеспечивает большую стойкость продукта при холодильном хранении.

Основное отличие замораживания от охлаждения заключается в превращении воды в лед, что препятствует питанию, а следовательно — и жизнедеятельности микроорганизмов, значительно снижает скорость биохимических реакций, влияющих на качество пищевых продуктов. Замороженный продукт характеризуется та-

кими внешними признаками и физическими свойствами, как твердость (вызвана превращением воды в лед), яркость окраски (результат оптических эффектов, вызываемых кристаллами льда), уменьшение плотности (результат расширения воды при замораживании, значительное изменение тепловых свойств и др.).

## 1. Технологические параметры замораживания

На качество, продолжительность замораживания и последующего хранения замороженного продукта большое влияние оказывают состав, свойства, форма, размеры и его состояние перед замораживанием, технологический режим замораживания, определяющий характер кристаллообразования в продукте. Характер кристаллообразования зависит от состояния клеточных оболочек тканей, концентрации растворенных веществ в клетке, степени гидратации белков, прочности и форм связи воды и других свойств продукта, а также от скорости замораживания, т. е. перемещения границы раздела между замороженной и незамороженной частями продукта, которая зависит от технологических параметров процесса замораживания.

Скорость замораживания — решающий фактор, влияющий на количество, размеры и равномерность распределения кристаллов льда в тканях. От размеров кристаллов зависит степень сохранения целостности и естественной структуры тканей. Если кристаллы льда невелики и их размещение примерно соответствует естественному распределению жидкости в мышечной ткани, то коллоидные системы продуктов не претерпевают значительных изменений и полнее восстанавливаются после размораживания.

Строго установленной классификации и диапазонов скоростей замораживания пищевых продуктов не существует, за исключением попытки, сделанной Р. Планком. В холодильной технологии замораживание со скоростью до 0,5 см/ч считается медленным, 0,5...3,0 см/ч — ускоренным, 3,0...5,0 см/ч — быстрым и более 5,0 см/ч — сверхбыстрым. На скорость замораживания влияют размеры и, в первую очередь, толщина продукта, температура охлаждающей среды и коэффициент теплоотдачи от поверхности продукта к среде. Чем больше скорость замораживания, тем меньше диффузия клеточной влаги в межклеточное пространство и потери клеточного сока при размораживании продукта.

Потери влаги продуктом при замораживании составляют от 0,3 до 2,0% и более.

Продолжительность замораживания можно регулировать изменением размеров (толщины) продукта, температуры охлаждающей среды и коэффициента теплоотдачи.

Время замораживания сокращается при понижении температуры охлаждающей среды в области относительно высоких отрицательных температур (от —20 до —50 °С).

Традиционно замораживание применяется для длительного сохранения пищевого сырья животного происхождения. В последние три десятилетия широкое распространение получило производство быстрозамороженных пищевых продуктов из различных видов сырья сельскохозяйственного производства.

## 2. Способы замораживания

Замораживания пищевых продуктов используют 3 группы способов замораживания, основанных на:

1. использовании вторичной среды (хладоносителя), которая охлаждается хладагентом в специальных теплообменниках;
2. контакте продукта с хладагентом через металлическую поверхность;
3. прямом контакте пищевого продукта с хладагентом.

В первой группе замораживание производится на оборудовании, использующем в качестве хладоносителя газообразную или жидкую среду. В случае применения газообразных хладоносителей, по эксплуатационным и экономическим показателям предпочтение отдают воздушному способу замораживания, несмотря на то, что воздушная среда по тепло-физическим свойствам не относится к числу высокоэффективных. При замораживании в жидкостях используют растворы хлористого кальция и натрия, пропиленгликоля и т. д. В зависимости от вида продукта, его размеров, типа упаковки и др., применяют метод орошения продукта охлаждающей средой или метод погружения в нее продукта.

Ко второй группе относится контактный метод замораживания через металлическую поверхность, который используется для замораживания продуктов правильной геометрической формы, в основном — в виде блоков.

Способы замораживания третьей группы, использующие жидкие, твердые и газообразные агенты, объединены общим названием — криогенный способ. В практике в последние годы широко применяется комбинированный способ, который возник в результате совместного использования жидкого криогенного (жидкого азота) и газообразного хладоносителей, что позволяет недостатки одного компенсировать преимуществами другого.

### Вопросы:

1. Назовите основные отличия замораживания от охлаждения.
2. Расскажите про скорость замораживания.
3. Как можно регулировать продолжительность замораживания.
4. Перечислите способы замораживания пищевых продуктов.

### Тема: Общие требования к сырью, предназначенному для замораживания

#### План:

1. Общие требования.
2. Специальные требования.

#### 1. Общие требования

Выбор исходного сырья с учетом условий его выращивания, сроков и способов уборки, условий транспортирования и хранения существенно влияет на качество овощей, плодов, ягод и грибов после замораживания и размораживания. Поэтому ко всем растительным продуктам, предназначенным для замораживания, предъявляются определенные требования, способствующие максимальному сохранению питательных и вкусовых веществ.



Все овощи, плоды, ягоды и грибы, предназначенные для замораживания, должны быть только высшего качества: должны отличаться высоким содержанием биологически активных веществ, высокой урожайностью, одновременным созреванием, устойчивостью к заболеваниям, пригодностью к механизированной уборке и транспортированию. На замораживание принимается сырье, не поврежденное сельскохозяйственными вредителями и болезнями, собранное в степени технической зрелости, однородное по размерам и окраске, без механических повреждений.

## **2. Специальные требования**

Требования к сортам картофеля, предназначенным для замораживания, идентичны требованиям, предъявляемым к столовым сортам. Клубни должны быть длиной более 55 мм; иметь округло-овальную форму с минимальным количеством и неглубоким залеганием глазков, а также тонкую, гладкую и плотную кожуру, с интенсивной окраской, которая не изменяется после очистки, характерными вкусовыми качествами, высоким содержанием сухих веществ, крахмала, витамина С и низким содержанием редуцирующих Сахаров.

Для замораживания моркови выбирают сорта различных сроков созревания, пригодные для механизированной уборки, устойчивые к механическим повреждениям и различным заболеваниям, средней длины, цилиндрической формы, диаметром 40...50 мм, с гладкой поверхностью, ярко-оранжевой, однородной по интенсивности окраской, высоким содержанием.

Томаты должны иметь не слишком большой плод, округлой формы, плотной консистенции, с низким содержанием семян, упругой кожицей, мякотью ярко-красного цвета, приятного сладковатого вкуса. Содержание растворимых сухих веществ должно составлять 5...6%. После размораживания кожица не должна растрескиваться и отделяться от мякоти.

Желательным является отделение косточек от мякоти.

Свежие грибы должны соответствовать требованиям санитарных правил по заготовке, переработке и продаже съедобных грибов. Сырьем для переработки грибов являются свежие, крепкие, без повреждений грибы, очищенные от приставшей к ним земли, песка, хвои и листьев, разобранные по видам (целые — по сортам и резаные). Не допускается переработка загрязненных, червивых и дряблых грибов. Крупные грибы перерабатывают отдельно.

### **Вопросы:**

1. Какое сырье принимается на замораживание.
2. Какие требования для замораживания продуктов.
3. Расскажите о специальных требованиях.

### **Тема: Замораживание плодов и ягод**

#### **План:**

1. Замораживание вишни, сливы.
2. Замораживание садовых ягод.

## 1. Замораживание вишни, сливы

Для замораживания плодов вишни и черешни используют сорта темно-красной, а сливы — темно-синей окраски. Вымытые плоды по конвейеру подают в машину по отделению плодоножек. В процессе отделения плодоножек плоды передвигаются под воздействием водяных струй и после водоотделителя попадают на инспекционный транспортер, где из общей массы удаляются оставшиеся плодоножки, дефектные и поврежденные плоды. Затем плоды подсушивают и направляют на замораживание. Диаметр быстрозамороженных плодов вишни и черешни высшего качества составляет не менее 15 мм, а слив (вдоль продольной оси) — не менее 26 мм. Для коктейлей и кондитерских изделий вишню замораживают до температуры —3...—4 °С, что обеспечивает необходимую консистенцию плодов. При такой температуре косточки хорошо удаляются из плодов без потерь сока. После отделения косточек плоды инспектируют, а затем замораживают во флюидизационных скороморозильных аппаратах.

## 2. Замораживание садовых ягод

Для замораживания садовых и дикорастущих ягод необходимо организовать приемку сухого, отсортированного сырья технической или съемной степени зрелости таким образом, чтобы замораживание продукции проводилось сразу после доставки. В случае невозможности такой организации процесса необходимо учитывать, что даже малейшее изменение температуры может привести к конденсации влаги на поверхности ягод с тонкой кожицей. Это способствует их травмированию при трении друг о друга, выделению клеточного сока и слипанию продукта. Замораживание ягод необходимо проводить быстрым.

### Вопросы:

1. Требования для замораживания ягод.
2. При какой температуре замораживают ягоды.
3. Каким способом производят заморозку ягод.

## Тема: Замораживание грибов

### План:

1. Способ замораживания.

### 1. Способ замораживания

Предназначенные для замораживания грибы очищают и моют. Во избежание потемнения на поверхности срезов их не разделяют на части. В зависимости от размера, грибы бланшируют горячей водой или паром в течение 1,5...5 мин, после чего грибы охлаждают. Охлаждение грибов в 1 %-ном растворе лимонной кислоты с температурой 4...5 °С является дополнительной мерой по предотвращению потемнения их поверхности. Для получения быстрозамороженных грибов высшего качества используют крепкие молодые грибы, которые бланшируют паром, режут на кусочки, охлаждают и одновременно подсушивают воздухом. Соблюдение такой очередности позволяет полу-

чить качественно подготовленное к замораживанию сырье, избежать потемнения продукта в процессе резки за счет предварительной инактивации ферментов в процессе бланширования. Замораживание грибов производится во флюидизационных скороморозильных аппаратах до конечной среднеобъемной температуры  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Вопросы:**

1. При какое  $t$  замораживают грибы.
2. Способ замораживания грибов.

### **Тема: Особенности замораживания некоторых видов растительной продукции**

### **План:**

1. Упакованные плоды и ягоды.
2. Фруктовые приправы.

#### **1. Упакованные плоды и ягоды**

Можно замораживать с сахаром и в сахарном сиропе. Яблоки и груши, очищенные от кожицы и сердцевины, нарезают на дольки и помещают на 3...5 мин в раствор, содержащий 0,1% аскорбиновой кислоты и 0,1% поваренной соли. Затем дольки бланшируют в воде при температуре  $90\text{...}95\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 3...5 мин, охлаждают, укладывают в тару, заливают 40...50%-ным сахарным сиропом, упаковывают и замораживают. Сливу, вишню, черешню замораживают в сахарном сиропе без бланширования.

Большинство же видов сырья подвергают бланшированию паром при давлении  $50\text{...}100\text{ кПа}$  и температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность тепловой обработки для косточковых плодов составляет 10 мин, семечковых — не более 15 мин. Бланширование осуществляется в дигестерах или шнековых подогревателях.

#### **2. Фруктовые приправы**

При производстве яблочной, сливово-яблочной, абрикосовой и крыжовенной приправы пюре с добавленными компонентами уваривают до 30% сухих веществ, сливовой — до 35%. Замораживание упакованных фруктов, ягод с сахаром или в сахарном сиропе и пюреобразной продукции производят в скороморозильных аппаратах при температуре хладагента  $-30\text{...}-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Содержание сухих веществ при производстве замороженных соков должно составлять не менее 10... 12%. Перед замораживанием сок разливают в тару. Замораживание сока в большинстве случаев проводится в туннельных скороморозильных аппаратах непрерывного действия. Тонким слоем сок замораживают в барабанных морозильных аппаратах, после чего брикетируют, укладывают в контейнеры и направляют на хранение. В целях снижения затрат на упаковку, хранение и транспортирование соки часто замораживают после предварительного концентрирования.

По другой технологии концентраты вырабатывают с более высоким содержанием сухих веществ, чем требуется для продажи (60%), а потом разбавляют до нужной концентрации свежими фруктовыми соками.

## **Вопросы:**

1. Способ замораживания ягод.
2. В каких аппаратах проводят замораживание сока.

## **Тема: Замораживание мяса**

### **План:**

1. Замораживание в воздушной среде.
2. Замораживание в плиточных морозильных аппаратах.
3. Замораживание в жидких кипящих и некипящих средах.

Мясо крупного рогатого скота замораживают в тушах, полутушах и четвертинах, мелкого рогатого скота (баранина) — в тушах, свиней — в тушах и полутушах. Кроме того, мясо замораживают в блоках, сортовых отрубках и мелкой фасовке. Учитывая влияние глубины автолиза на качество мяса, его необходимо замораживать до наступления посмертного окоченения (парное мясо) или к моменту разрешения посмертного окоченения (охлажденное мясо).

### **1. Замораживание в воздушной среде**

Воздух является наиболее универсальной промежуточной средой для отвода теплоты от продукта. Поэтому способ замораживания в воздушной среде, применяемый для холодильной обработки мяса в виде туш, полутуш, четвертин и субпродуктов, является наиболее распространенным. Мясо в тушах и полутушах замораживают в морозильных камерах на подвесных путях или стоечных поддонах. Порядок их размещения в камерах такой же, как и при охлаждении.

Продолжительность замораживания зависит от разности температур мяса и охлаждающего воздуха, скорости его движения у бедренной части, вида и упитанности мяса. Продолжительность замораживания парных и охлажденных говяжьих полутуш массой от 70 до 110 кг до конечной температуры  $-8^{\circ}\text{C}$  в толще мышц. Продолжительность замораживания свиных полутуш и бараньих туш составляет, соответственно, 80 и 60% от продолжительности замораживания говяжьих полутуш. Интенсификация замораживания мяса и, следовательно, увеличение производительности морозильных камер достигаются путем понижения температуры воздуха и увеличения скорости его движения. Снижение температуры воздуха в морозильной камере с естественным движением воздуха от  $-20$  до  $-25^{\circ}\text{C}$  сокращает продолжительность замораживания примерно в 2 раза, а при снижении температуры до  $-35^{\circ}\text{C}$  — в 3 раза. Увеличение скорости движения воздуха до 2...3 м/с сокращает время замораживания в 1,2... 1,9 раза.

Холодильное оборудование камер замораживания состоит из батарей и воздухоохладителей. Камеры замораживания мяса могут быть с вынужденным и естественным движением воздуха. Камеры с вынужденным движением воздуха оборудуют воздухоохладителями, а иногда и батареями в сочетании с различными системами воздухораспределения, а камеры с естественным движением воздуха — пристенными, потолочными или межрядными радиационными батареями.

В зависимости от организации технологического процесса камеры замораживания могут быть однофазного или двухфазного замораживания. В камерах одно-

фазного замораживания предусматривают большую площадь поверхности теплообмена охлаждающих устройств.

В морозильной камере туннельного типа с межрядными батареями размещено четыре туннеля, в каждом из которых имеется один подвесной путь для подвешивания и передвижения мяса. Вдоль стен каждого туннеля установлены пристенные оребренные батареи. Нагнетаемый вентилятором воздух по каналу, образованному ложным потолком и перекрытием камеры, через нагнетательное окно направляется в первый туннель, в котором двигаясь сверху вниз, омывает замораживаемые полушки. Через окно в нижней части перегородки первого туннеля воздух попадает во второй туннель, в котором он циркулирует уже снизу вверх. Далее воздух через окно перегородки переходит в третий туннель, опускается вниз и направляется в четвертый туннель, из которого забирается вентиляторами через всасывающее окно и снова направляется в первый туннель. Приближение в таких камерах теплоотводящих приборов к поверхности продукта дает возможность использовать не только конвективный, но и радиационный теплообмен, что сокращает продолжительность замораживания и уменьшает усушку.

Получили распространение камеры замораживания тупикового типа с ложным потолком. У одной из стен таких камер установлен воздухоохладитель с всасывающим окном около пола камеры. Охлажденный воздух выбрасывается из воздухоохладителя вентилятором в пространство между перекрытием и ложным потолком камеры, находящимся на уровне каркаса подвесных путей. В грузовой объем камеры воздух поступает через щелевые сопла по обе стороны ниток подвесных путей.

## **2. Замораживание в плиточных морозильных аппаратах**

Наряду с воздушными морозильными аппаратами, широкое распространение в технологии замораживания мяса получили плиточные аппараты. Продукт помещают между металлическими подвижными полами плитами, внутри которых циркулирует хладагент или охлажденный рассол. Одновременно происходит подпрессовывание продукта, что обеспечивает хороший контакт с охлаждаемой поверхностью плит и способствует интенсификации теплообмена. Такой способ наиболее приемлем для замораживания в блоках мяса, субпродуктов, фаршей и эндокринно-ферментного сырья. Замороженные в этих аппаратах продукты имеют правильную форму, что облегчает их упаковывание и дает возможность эффективно использовать объем камер хранения.

Плиточные аппараты имеют ряд достоинств по сравнению с воздушными морозильными аппаратами. Процесс замораживания продукта в плиточных аппаратах осуществляется в 1,5...2,0 раза быстрее и, как следствие, их производительность, отнесенная на единицу занимаемой площади, на 66% выше. Кроме того, масса и энергопотребление таких аппаратов на 30...40% меньше воздушных. Продолжительность замораживания блока мяса массой 25 кг до температуры в толще —8 °С при температуре хладагента в плиточном аппарате —35 °С составляет 4...5 ч. Для замораживания мяса в форме блоков применяют также горизонтально-плиточные, вертикально-плиточные и роторные аппараты.

К вертикально-плиточным относятся мембранные морозильные аппараты, в которых происходит формирование блоков под давлением плит с последующим за-

мораживанием. Разгрузка аппарата производится после удаления охлажденного рассола из мембранных камер под действием собственного веса блока.

Горизонтально-плиточные морозильные аппараты широко распространены и выпускаются различных конструкций и производительности. Однако, как правило, аппараты такого типа являются аппаратами периодического действия с ручной загрузкой и выгрузкой блоков.

### **3. Замораживание в жидких кипящих и некипящих средах**

Замораживание в жидкой среде можно проводить контактным и бесконтактным способами.

Бесконтактное замораживание в жидкости упакованного мяса нашло широкое применение в связи с развитием современной техники упаковки, особенно вакуумной. Применение абсолютно герметичных (с низкой газо- и паропроницаемостью), плотно прилегающих к поверхности продукта и устойчивых к действию хладагента полимерных упаковочных материалов создает хорошие условия для теплообмена и позволяет получить замороженный продукт высокого качества. После замораживания раствор удаляют с поверхности упаковки водой. Таким способом замораживают мясные продукты небольших размеров и птицу. Средняя продолжительность замораживания в растворе хлористого кальция при температуре  $-26...-30$  °С с применением способа погружения или орошения, в зависимости от размеров.

#### **Вопросы:**

1. Перечислите способы замораживания мяса.
2. При какой  $t$  происходит замораживания в воздушной среде.
3. Расскажите про способ замораживания туннельного типа.
4. Расскажите о процессе замораживания в плиточных морозильных аппаратах.
5. Какими способами можно производить замораживание в жидкой среде.

### **Тема: Замораживание птицы**

#### **План:**

1. Однофазный способ.
2. Двухфазный способ.

#### **1. Однофазный способ**

Птицу замораживают однофазным или двухфазным способом. Ящики с птицей устанавливают в морозильной камере в виде штабеля в шахматном порядке или на полках этажерочных тележек. При температуре  $-18$  °С и естественной циркуляции воздуха продолжительность замораживания составляет  $48...72$  ч, при  $-23...-26$  °С и скорости движения воздуха  $1... 1,5$  м/с —  $20$  ч (куры и утки) и  $35...40$  ч (гуси, индейки). При температуре воздуха  $-30...-35$  °С и скорости его движения  $1...2$  м/с продолжительность процесса сокращается до  $10...15$  ч.

В воздушных скороморозильных аппаратах туннельного типа при температуре  $-30...-40$  °С и скорости движения воздуха  $3—5$  м/с продолжительность заморажи-

вания составляет 4,5... 10 ч. Усушка неупакованной птицы при таких параметрах проведения процесса не превышает 0,2...0,4%.

## **2. Двухфазный способ**

При замораживании птицы в аппаратах, имеющих в качестве теплоотводящей среды водные растворы хлоридов натрия, кальция и пропиленгликоль, продукцию предварительно упаковывают под вакуумом в термоусадочную пленку. Продолжительность процесса замораживания упакованных тушек кур массой 1...2 кг при температуре  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и скорости циркуляции среды 0,1 м/с составляет 0,5... 1 ч. Воздушный способ позволяет достичь такой продолжительности замораживания только при температуре  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  и скорости движения воздуха 3 м/с.

Наиболее перспективно применение модульных скороморозильных аппаратов, работающих на жидком азоте или диоксиде углерода, распыляемых с помощью форсунок в зоне замораживания. Под действием образующихся при этом паров хладагента происходит предварительное охлаждение и выравнивание температуры по объему продукта. Предварительное охлаждение продукта исключает его последующее растрескивание и, следовательно, сокращает потери массы при размораживании и кулинарной обработке. Продолжительность замораживания полутушек кур до среднеобъемной температуры  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  составляет 5...6 мин. В ряде случаев твердый  $\text{CO}_2$  используют в виде мелких гранул, которые укладывают внутрь тушки птицы или засыпают в коробки с продуктом.

### **Вопросы:**

1. При какой  $t$  замораживают птицу.
2. Какая продолжительность замораживания при естественной циркуляции воздуха.
3. При какой  $t$  замораживают мясо птицы в воздушных скороморозильных аппаратах.

## **Тема: Замораживание рыбы**

### **План:**

1. Воздушное замораживание.
2. Бесконтактный способ.

### **1. Воздушное замораживание**

Воздушное замораживание с помощью естественного холода является простым и экономичным способом. Применяется в местах с суровым климатом при температуре наружного воздуха не выше  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , например — в северных регионах нашей страны.

Рыбу раскладывают на предварительно подготовленной ледяной площадке поштучно в один ряд, чтобы обеспечить максимальный теплообмен поверхности с воздухом, по мере замораживания ее переворачивают. Крупную рыбу обычно замораживают в подвешенном состоянии, мелкую раскладывают слоем толщиной не более 12 см.

Способ замораживания в смеси льда и соли основан на явлении самоохлаждения смеси, в которой одновременно протекают процессы плавления льда и раство-

рения соли. Температура смеси зависит от соотношения льда и соли и достигает — 20 °С. Продолжительность замораживания зависит от количественного соотношения рыбы, льда и соли и составляет от 10 до 24 ч. Недостатками данного способа является частичное просаливание продукта, а также низкие сроки хранения рыбы. При длительном хранении качество продукта и его товарный вид ухудшаются. Этот недостаток устраняется при замораживании бесконтактным способом (в штабелях и формах), когда рыба ограждена от смеси хорошо проводящей тепло перегородкой.

На береговых рыбообрабатывающих предприятиях воздушное замораживание осуществляется в морозильных камерах холодильников при температурах -25...-35 °С. Рыбу, рассортированную по видам, размерам и качеству, раскладывают на стеллажах слоем до 13 см. Крупную рыбу (осетровых, лососевых и т. д.) замораживают в подвешенном состоянии или на полу. Примерная норма загрузки рыбы в морозильной камере на 1 м<sup>2</sup> грузовой площади составляет не более 100 кг, стеллажей — 30...50 кг, подвесных устройств — не более 200 кг. На судах широкое распространение получил способ интенсивного воздушного замораживания рыбы в аппаратах и установках непрерывного конвейерного действия, предварительно сформированной в виде блоков в противнях или блок-формах с крышками. Достоинствами воздушных конвейерных морозильных аппаратов являются достаточно высокий уровень механизации и автоматизации технологических операций, непрерывность процесса замораживания, равномерное распределение температуры и скорости движения воздуха в аппарате, стабильная тепловая нагрузка на холодильную установку.

## 2. Бесконтактный способ

Бесконтактный способ обеспечивает более высокую, чем воздушный, скорость замораживания и приблизительно на 25...30% меньший расход холода. Однако аппараты, осуществляющие замораживание таким способом, в отличие от аппаратов воздушного типа, имеют ограничения по размеру и форме обрабатываемых продуктов. Аппараты контактного замораживания подразделяются на горизонтально-плиточные, вертикально-плиточные и роторные.

Плиточные аппараты применяют для замораживания рыбы мелких и средних размеров, а также филе, фарша и рыбной кулинарии. Продукт помещают между двумя полыми металлическими плитами, внутри которых циркулирует хладагент или хладоноситель. Давление (в пределах 0,01...0,1 МПа) регулируют с помощью гидравлического привода и устанавливают в зависимости от вида продукта, его свойств и вида упаковки. Продолжительность замораживания рыбы в плиточных морозильных аппаратах зависит от температуры хладоносителя, циркулирующего в полости металлических плит, и толщины блока, при увеличении которой удлиняется процесс и снижается производительность установки. Для рыбы разных видов с толщиной блоков от 30 до 100 мм при температуре хладоносителя —36...—42 °С продолжительность замораживания составляет от 40 до 180 мин.

К достоинствам замораживания в горизонтально-плиточных аппаратах относится возможность получать блоки правильной геометрической формы, удобной для последующей переработки на рыбные палочки или порции.

Вертикально-плиточные аппараты характеризуются высокой производительностью и низкими трудовыми затратами на погрузочно-разгрузочные операции. Загрузку производят сверху навалом с помощью дозирующих устройств. В результате



такой загрузки блоки получают неправильной геометрической формы с хаотичным расположением отдельных экземпляров рыбы и значительным количеством воздушных прослоек между ними.

В последнее время бесконтактные морозильные аппараты, особенно горизонтально-плиточные, предлагается использовать в качестве альтернативных криогенным установкам для быстрого подмораживания поверхности продуктов.

### **Вопросы:**

1. При какой  $t$  происходит замораживание на береговых предприятиях.
2. Какой способ замораживания применяют на судах.
3. Достоинства воздушных конвейерных морозильных аппаратов.
4. Для чего применяют плиточные аппараты.
5. Достоинства горизонтально-плиточных аппаратов.

## **Тема: Основные принципы регулирования холодопроизводительности компрессоров**

### **План:**

1. Плавное изменение частоты вращения компрессора.

Методы изменения QKM непрерывно совершенствуются. Наряду с простым и экономичным методом изменения QKU пуском и остановкой компрессора, до последнего времени применяют еще недостаточно экономичные методы, такие как байпасирование (перепуск сжатого пара со стороны нагнетания на всасывание), дросселирование на пса сывании (увеличение  $v_{BC}$  и снижение коэффициента подачи  $X$ ), автоматическое увеличение мертвого объема (снижение  $X$ ). Из современных методов автоматического изменения  $Q_{km}$ , кроме двухпозиционпот (пуском и остановкой компрессора) и многопозиционного (включение компрессоров по схеме пропорционального или астатического регулирования), рассмотренных нами ранее (глава I), весьма перспективны методы плавного изменения частоты вращения и отжим всасывающих клапанов.

### **1. Плавное изменение частоты вращения компрессора.**

Этот способ точнее регулирует температуру в объекте, чем двухпозиционное изменение частоты вращения пуском и остановкой компрессора. Снижение частоты вращения почти пропорционально уменьшает работу сж.иии компрессора. Экономичность этого способа зависит от того, насколько существуют различные способы изменения скорости электродвигателей. В двигателях постоянного тока для увеличения или уменьшения скорости изменяют напряжение на зажимах якоря. В асинхронных двигателях с короткозамкнутым ротором изменяют питающее напряжение с помощью регулирующих дросселей или частоту тока, но диапазон возможного изменения частоты вращения в этих двигателях сравнительно невелик, а работа их при сниженной частоте вращения малоэкономична.

Наиболее удобны для плавного изменения скорости электродвигатели переменного тока с фазным ротором. Однако применявшиеся ранее способы изменения их скорости введением сопротивления или встречной э. д. с. в обмотку ротора мало-

экономичны. В последнее время разработаны новые схемы: с инвертированием энергии в сеть и с изменением среднего значения силы тока в обмотках ротора. Рассмотрим подробнее две схемы.

На рис. 58 приведена схема плавного изменения частоты вращения электродвигателя с фазным ротором (типа АК-Ю2-6М) при помощи асинхронного вентиляльного каскада с инвертированием энергии в сеть. От сети через трансформатор  $T_p$ , управляемый выпрямитель (тиристор) ВКДУ и далее через неуправляемый кремниевый выпрямитель ВКД подается в обмотку ротора электродвигателя. Встречная э. д. с. уменьшает э. д. с., наводимую статором в обмотках ротора. Вследствие этого увеличивается скольжение и снижается частота вращения. Энергия торможения через каскад вентилялей и трансформатор возвращается снова в сеть. Благодаря этому схема с инвертированием энергии значительно экономичнее схем с введением в обмотку ротора сопротивления или встречной э. д. с. от отдельного источника (без возвращения энергии в сеть).

Управление кремниевым выпрямителем ВКДУ осуществляют автоматически потенциометром, который, воспринимая отклонение температуры, подает сигнал на базу (сетку) тиристоров и изменяет угол их отпирания, т. е. изменяет среднее значение силы тока в обмотках ротора. Приведенная схема позволяет плавно уменьшать частоту вращения (для компрессоров АУ-200, ДАУ-100 с 960 до 500 об/мин). Дальнейшее снижение производительности достигается остановкой компрессора (переходом на двухпозиционное регулирование).

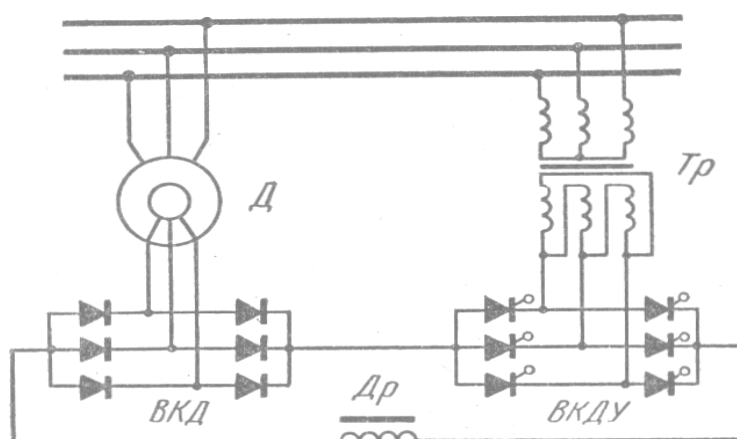


рис. 58. Схема асинхронного вентиляльного каскада для плавного изменения числа оборотов электродвигателя компрессора:

Д — асинхронный двигатель с фазным ротором (АК-Ю2-6М), ВКД — неуправляемый кремниевый выпрямитель, ВКДУ — управляемый кремниевый выпрямитель, Др — дроссель,  $T_p$  — трансформатор.

### Вопросы:

1. Метод изменения QKM.
2. Опишите схему асинхронного вентиляльного каскада для плавного изменения числа оборотов электродвигателя компрессора.

## Тема: Особенности конструкций и принцип действия. Электрический ТРВ непрямого действия

### План:

1. Конструкция электронного терморегулирующего вентиля.
2. Устройство электронного терморегулирующего вентиля.

### 1. Конструкция электронного терморегулирующего вентиля

Конструкция электронного терморегулирующего вентиля существенно отличается от конструкции механического ТРВ. Подача жидкого холодильного агента через вентиль происходит импульсами, — например у вентилей типа АКV 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 беи 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.

### 2. Устройство электронного терморегулирующего вентиля

На рис. 59 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 5; 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.

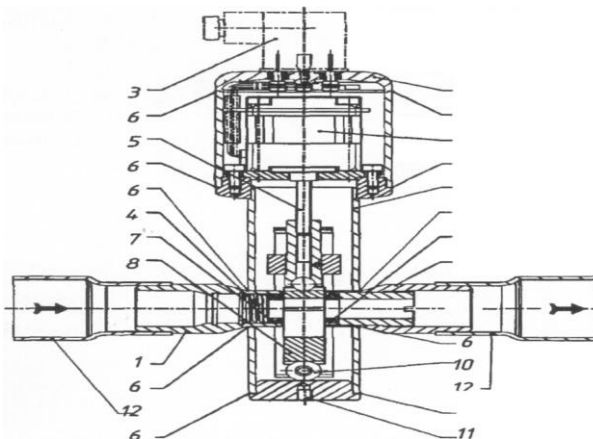


Рис. 59. Устройство электронного терморегулирующего вентиля

## Вопросы:

1. Устройство электронного терморегулирующего вентиля.
2. Конструкция электронного терморегулирующего вентиля.

## Тема: Регулирование перегрева пара

### План:

1. Устройство ТРВ с внутренним выравниванием.
2. Принцип работы ТРВ с внутренним выравниванием.

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. 60 показано схематичное устройство. 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.

### 1. Устройство ТРВ с внутренним выравниванием

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 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.

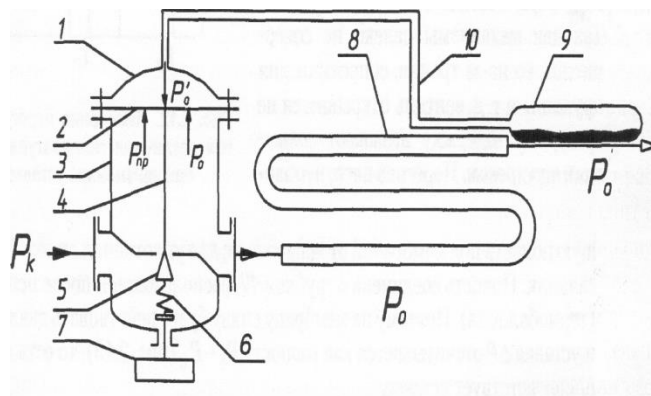


Рис. 60. Мембранный ТРВ с внутренним выравниванием

### 2. Принцип работы ТРВ с внутренним выравниванием

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  $P$  создает пружина 6 и давление кипения  $P_0$ , так как внутренняя полость ТРВ связана с испарителем. Мембрана находится в равновесии при  $PQ = P_0Q + P_{пр}$ . 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.

Статическая характеристика ТРВ зависит от расхода холодильного агента через вентиль от величины перегрева  $\Delta t$  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, необщую 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  $P_0 - P$  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.

### **Вопросы:**

1. Принцип работы ТРВ с внутренним выравниванием.
2. Устройство ТРВ с внутренним выравниванием.

## **Тема: Автоматическая разгрузка компрессоров в период пуска**

### **План:**

1. Асинхронных короткозамкнутых электродвигателей.
2. Характеристики электродвигателя.

### **1. Асинхронных короткозамкнутых электродвигателей**

подавляющее большинство поршневых компрессоров приводится в действие от асинхронных короткозамкнутых электродвигателей. В связи с этим рассмотрим способ «пуск — остановка» компрессоров, снабженных только таким типом привода.

В зависимости от соотношения между вращающим моментом электродвигателя и моментом сопротивления компрессора различают прямой пуск и пуск с разгрузкой. При прямом пуске вращающий момент электродвигателя больше момента сопротивления компрессора. В этом случае для пуска достаточно выключить электродвигатель. Пуск с разгрузкой применяют,

когда возможно превышение момента сопротивления над вращающим моментом электродвигателя. На время пуска искусственно разгружают компрессор, уменьшая момент его сопротивления.

Соотношение между вращающим моментом электродвигателя и моментом сопротивления компрессора можно выявить, располагая соответствующими характе-

ридиками. Примерный вид этих характеристик в виде зависимостей моментов от частоты вращения вала компрессора представлен на рис. 61.

## 2. Характеристики электродвигателя

Характеристики электродвигателя показывают изменение вращающего момента при его запуске, когда частота вращения вала компрессора последовательно пробегает от нуля до рабочего значения. Теоретически при отсутствии момента сопротивления частота вращения  $n$  стремится к синхронной  $n_c$ :

$$n_c = 60 f/p$$

где  $f$  — частота тока.  $p$  — число полюсов двигателя.

Характеристика компрессора описывает зависимость его момента сопротивления от частоты вращения. Пик момента при малой частоте вращения связан с малой эффективностью маховых масс и относится к мгновенным значениям момента.

Установившийся режим системы электродвигатель — компрессор наступает после пуска и соответствует точке пересечения характеристик электродвигателя и компрессора.

Пусть электродвигатель имеет характеристику Л4ДВ1, а компрессор — МКМ. Поскольку характеристика МКМ1 лежит ниже характеристик МДВ1 и пересекается с ней лишь на последнем участке, пуск может осуществляться напрямую без разгрузки. При этом система выйдет на устойчивый режим с частотой  $n_{PI}$ .

Если же компрессор с характеристикой МКМ1 приводится во вращение электродвигателем с характеристикой МДв., то пересечение характеристик произойдет уже при малых частотах, т. е. в начале пуска. Это означает, что электродвигатель не может вывести компрессор на номинальный установившийся режим. В этом случае пуск невозможен без разгрузки компрессора. С помощью специальных устройств на время пуска компрессор получает характеристику  $M$  которая лежит ниже характеристики  $M_{дв} < 1$ . В этом промежуточном сочетании электродвигатель может выйти на режим с частотой  $n_{Pa}$  и далее компрессору возвращается естественная характеристика Л1КМ1 с установившейся частотой  $n_{PI}$ .

Аналогичное положение может иметь место и при изменении во время запуска характеристики электродвигателя, например из-за большого падения напряжения при слабом источнике электроснабжения.

Если нормальному напряжению соответствует характеристика МДВ1, а пониженному — МДВа, то для пуска компрессора с характеристикой  $M^{\wedge}$  требуется разгрузка.

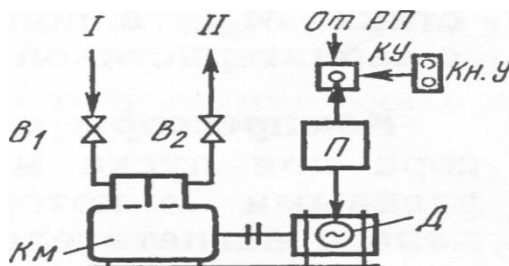


Рис. 61. Схема управления компрессора при прямом пуске

Компрессоры с разгрузкой при пуске. Разгрузку компрессора при пуске можно осуществлять несколькими методами, главными из которых являются байпасирование или перепуск пара с нагнетательной на всасывающую сторону и дросселирование всасываемого пара, а также комбинация этих методов (комбинированная схема).

Байпасирование. Этот метод обеспечивает разгрузку компрессора путем уменьшения разности давлений всасывания и нагнетания. Для байпасирования чаще всего используют электромагнитный вентиль ЭВ представляющий собой двухпозиционное запорное устройство, которое открывается при подаче тока в электромагнит и закрывается при его отключении. На время пуска с помощью электромагнитного вентиля соединяют линии всасывания и нагнетания.

### Вопросы:

1. Характеристики электродвигателя.
2. Характеристика компрессора.

### Тема: Водорегулирующий вентиль, его назначение, устройство и принцип действия

#### План:

1. Устройство ручного водорегулирующего вентиля.

#### 1. Устройство ручного водорегулирующего вентиля

На рис. 62 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 вентилея 8.

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

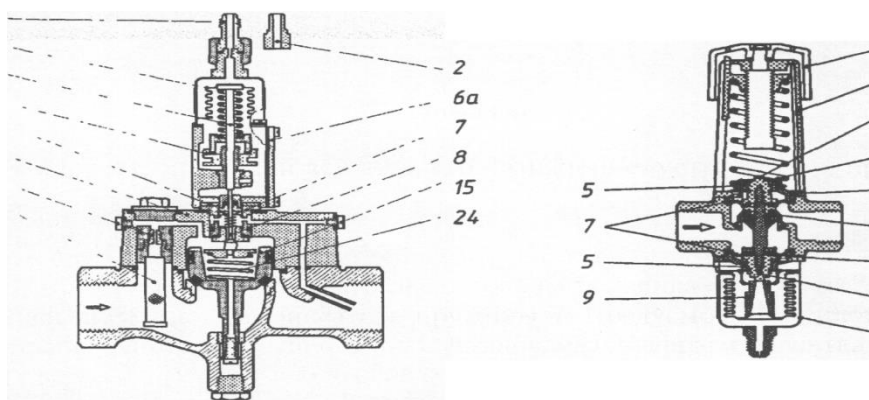


Рис. 62. Устройство водорегулирующих вентиляей:  
а— WVS 40; б— WVFX 25 (см. пояснения в тексте)

На рис. 63 показан внешний вид водорегулирующих вентилях и возможные их обозначения на принципиальной схеме и функциональной схеме автоматизации. Буква Р обозначает давление, С— автоматическое регулирование.

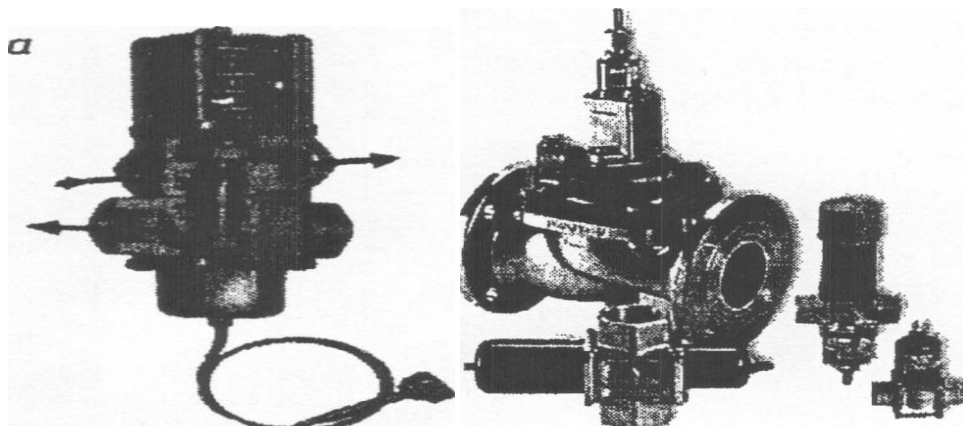


Рис. 63 Водорегулирующие вентили: а—производство Jonson Controls, б—производство Danfoss, в—обозначение на схемах

**Вопросы:**

1. Обозначения ручного водорегулирующего вентиля.
2. Устройство ручного водорегулирующего вентиля.

**Тема: Основы автоматизации холодильных машин и установок**

**План:**

1. Автоматическая система контроля (АСК).

**1. Автоматическая система контроля (АСК)**

Автоматической системой контроля (АСК) считают систему, способную выделять отдельные значения измеряемых технологических параметров. Структурная схема однопараметрической автоматической системы контроля показана на рис. 64. Кроме элементов схемы АСИ в этой схеме используют датчик контролируемого параметра рис. 64. Структурная схема автоматически формировать сигнала кой системы контроля ФС о наступлении контролируемого события. В качестве сигнала применяют световой или звуковой сигнал.

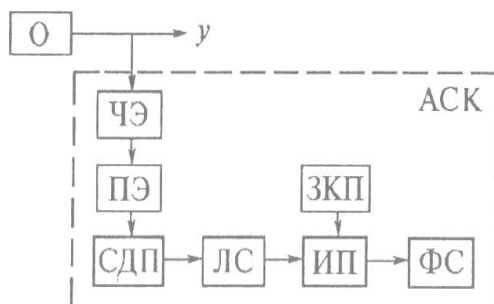


Рис. 64. Структурная схема автоматической системы контроля



Автоматической системой регулирования (АСР) называют совокупность объекта регулирования и автоматического регулятора, поддерживающую заданное значение регулируемой величины в объекте регулирования. АСР представляет собой частный случай автоматических систем управления, в которых управление направлено на поддержание параметров технологического процесса в заданных пределах или изменение их по заданному закону.

АСР классифицируют по различным признакам: по принципу функциональной связи между переменными — разомкнутые и замкнутые;

по виду задания, характеру изменения заданного значения регулируемой величины — автоматической стабилизации, программного регулирования и следящие;

по принципу регулирования — регулирования по отклонению, регулирования по возмущению, комбинированные;

по виду используемой энергии — прямого и непрямого действия. АСР непрямого действия делят на электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные;

по свойствам в установившемся режиме — статические и астатические;

по способу действия на объект и характеру используемых в элементах АСР сигналов — непрерывные, импульсные (включая цифровые), релейные и релейно-импульсные;

по математическому моделированию — линейные и нелинейные, стационарные и нестационарные, с сосредоточенными и распределенными параметрами;

по числу регулируемых параметров в зависимости от числа обратных связей — одно- и многоконтурные. Вторые могут быть несвязанные и связанные;

по способности изменять характеристики — не приспособляющиеся и приспособляющиеся, или адаптивные. Адаптивные АСР бывают самонастраивающиеся и самоорганизующиеся, пассивные и активные, замкнутые и разомкнутые, аналитические, поисковые и комбинированные.

Структурные схемы разомкнутой и замкнутой АСР изображены на рис. 65. Разомкнутая АСР содержит задающее устройство ЗУ, устанавливающее заданное значение регулируемой величины; регулирующее устройство РУ, воздействующее на объект регулирования О для поддержания заданного значения регулируемой величины  $u$ ; исполнительный механизм ИМ, обеспечивающий перемещение регулирующего органа РО, изменяющего подачу вещества или энергии  $x$  в объект регулирования в соответствии с регулирующим воздействием  $x_p$ .

В разомкнутой АСР требуемое значение регулируемой величины  $u_{2я}$  устанавливается непосредственно регулирующим устройством РУ без изменения физического значения регулируемой величины  $u$  и ее сопоставления с  $u_{ш}$ . Недостаток такого регулирования заключается в том, что при наличии возмущающих воздействий регулируемая величина может значительно отклоняться.

Структурная схема замкнутой АСР кроме элементов разомкнутой АСР содержит измерительное устройство ИУ, определяющее текущее значение регулируемой величины  $u$  сравнивающее устройство СУ, выдающее величину  $\Delta u$  (отклонения  $u$  от  $u_{зад}$ ). Совокупность устройств, подключенных к объекту, называется регулятором Р. В замкнутой АСР формируемый сигнал отклонения  $\Delta u$  используется для выработки регулирующего воздействия  $X_p$  на объект. Эта АСР обеспечивает и при наличии возмущающего воздействия поддержание  $u$  на заданном уровне.

В АСР, классифицируемых по виду задания (характеру изменения заданного значения регулируемой величины), т. е. в системах автоматической стабилизации заданное значение регулируемой величины постоянно во времени; в системах программного регулирования заданное значение регулируемой величины изменяется во времени по заранее заданному закону — программе; в следящих системах закон изменения заданного значения регулируемой величины изменяется в зависимости от внешних процессов, не управляемых регулятором.

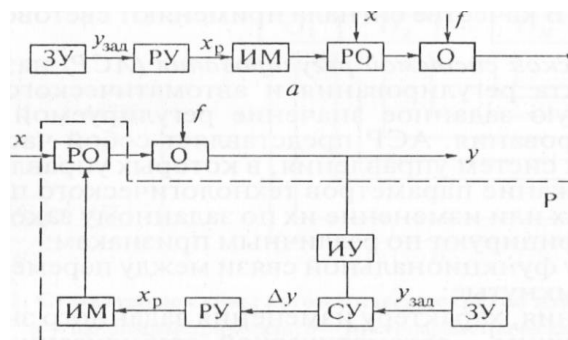


Рис. 65. Структурные схемы автоматических систем регулирования:  
а — разомкнутая; б — замкнутая

### Вопросы:

1. Определение автоматической системы регулирования (АСР).

### Тема: Назначение функциональных схем автоматизации

### План:

1. Функциональная схема автоматизации (ФСА).
2. Технологическое оборудование и коммуникации.

#### 1. Функциональная схема автоматизации (ФСА)

Функциональная схема автоматизации (ФСА) является одним из основных проектных документов, определяющих функциональную структуру и объем автоматизации технологических установок и отдельных агрегатов промышленного объекта. Она представляет собой чертеж, на котором схематически условными обозначениями изображены: технологическое оборудование; коммуникации; органы управления и средства автоматизации (приборы, регуляторы, вычислительные устройства) с указанием связей между технологическим оборудованием и элементами автоматики, а также связей между отдельными элементами автоматики. Вспомогательные устройства, такие, как редукторы, фильтры для воздуха, источники питания, соединительные коробки и другие монтажные элементы, на ФСА показываются.

Как правило, ФСА выполняют на одном чертеже, на котором изображают аппаратуру всех систем контроля, регулирования, управления и сигнализации, относящуюся к данной технологической установке.

На основании ФСА выполняют остальные чертежи проекта и составляют ведомости и заказные спецификации приборов и средств автоматизации.

Для однотипных технологических объектов, не связанных между собой и имеющих одинаковое оснащение приборами и средствами автоматизации, выполнение ФСА допускается лишь для одного из них. На схеме даются пояснения. Например: Схема разработана для агрегата 1, для агрегатов 2-5 схемы аналогичны.

## **2. Технологическое оборудование и коммуникации**

Технологическое оборудование и коммуникации на ФСА изображают упрощенно (в сокращенном виде), без указания технологических аппаратов и трубопроводов вспомогательного назначения. Масштаб при этом не соблюдается. Изображенная таким образом технологическая схема должна давать ясное представление о принципе работы и взаимодействии со средствами автоматизации.

На технологических трубопроводах обычно показывают ту регулировочную и запорную арматуру, которая непосредственно участвует в контроле управления процессом, а также запорные и регулирующие органы, необходимые для определения относительного расположения мест отбора импульсов или поясняющие необходимость измерений : технологическое оборудование; коммуникации; органы управления и средства автоматизации (приборы, регуляторы, вычислительные устройства) с указанием связей между технологическим оборудованием и элементами автоматики, а также связей между отдельными элементами автоматики. Вспомогательные устройства, такие, как редукторы, фильтры для воздуха, источники питания, соединительные коробки и другие монтажные элементы, на ФСА показывают.

Как правило, ФСА выполняют на одном чертеже, на котором изображают аппаратуру всех систем контроля, регулирования, управления и сигнализации, относящуюся к данной технологической установке.

На основании ФСА выполняют остальные чертежи проекта и составляют ведомости и заказные спецификации приборов и средств автоматизации.

Для однотипных технологических объектов, не связанных между собой и имеющих одинаковое оснащение приборами и средствами автоматизации, выполнение ФСА допускается лишь для одного из них. На схеме даются пояснения. Например: Схема разработана для агрегата 1, для агрегатов 2-5 схемы аналогичны.

**Изображение технологического оборудования и коммуникаций**

Технологическое оборудование и коммуникации на ФСА изображают упрощенно (в сокращенном виде), без указания технологических аппаратов и трубопроводов вспомогательного назначения. Масштаб при этом не соблюдается. Изображенная таким образом технологическая схема должна давать ясное представление о принципе работы и взаимодействии со средствами автоматизации.

На технологических трубопроводах обычно показывают ту регулировочную и запорную арматуру, которая непосредственно участвует в контроле управления процессом, а также запорные и регулирующие органы, необходимые для определения относительного расположения мест отбора импульсов или поясняющие необходимость измерений. Технические аппараты и трубопроводы вспомогательного назначения показывают только в тех случаях, когда они механически соединяются или взаимодействуют со средствами автоматизации.

Оборудование и коммуникации изображают тонкими линиями, технологические потоки выделяют более жирными линиями. Допускается изображать элементы объекта в виде прямоугольников, которые должны быть снабжены соответствующими наименованиями.

Соединения технологических трубопроводов обозначают точкой в узле условных линий. Направление движения потоков указывают стрелкам и: жидкость, пар (газ).

### Вопросы:

1. Технологическое оборудование и коммуникации.
2. Функциональная схема автоматизации (ФСА).

## Тема: Разработка функциональных схем

### План:

1. Функции контроля и управления.
2. Буквенные условные обозначения.

### 1. Функции контроля и управления

Функции контроля и управления на функциональных схемах автоматизации изображают в соответствии с ГОСТ 21.404-85 [1] и отраслевыми нормативными документами.

Графические обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи (и их размеры) должны соответствовать обозначениям, приведенным в табл. 1; дополнительных устройств - в табл.2.

Отборное устройство для всех постоянно подключенных приборов изображают сплошной тонкой линией, соединяющей технологический трубопровод или аппарат с прибором (рис. 66, а). При необходимости указания конкретного места расположения отборного устройства (внутри контура технологического аппарата) его обозначают кружком диаметром 2 мм (рис. 66, б).

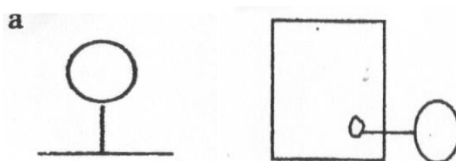


Рис. 66. Условные обозначения отборного устройства: а - для всех постоянно подключенных приборов; б - с указанием конкретного места расположения

### 2. Буквенные условные обозначения

Буквенные условные обозначения измеряемых величин и функций автоматизации.

Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение информации	Формирование выходного сигнала
+	—	Показание	—
+	Автоматическое переключение, обегание	—	—
Время, временная программа	—	—	+
Уровень	—	—	—
Влажность	—	—	—
+	—	—	—
+	—	—	—
Давление, вакуум	—	—	—

Дополнительные буквенные обозначения, применяемые для указания дополнительных функциональных признаков приборов.

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

#### Вопросы:

1. Буквенные условные обозначения.
2. Функции контроля и управления.

## Тема: Построение условных обозначений приборов и средств автоматизации

### План:

#### 1. Условные обозначения приборов.

### 1. Условные обозначения приборов

При построении условных обозначений приборов следует указывать не все функциональные признаки приборов, а лишь те, которые используются в данной схеме. Например, при обозначении показывающих и самопишущих приборов (если функция показание не используется) следует писать TR вместо TIR, PR вместо PIR и т. п.



Рис. 67. Пример построения условных обозначений приборов и средств автоматики

следует писать:

- если прибор используется только для включения, блокировок и т. д.;
- если прибор используется только для сигнализации;
- если используются обе функции “а” и “б”; если прибор используется для регулирования уровня, устройстве обозначений комплектов средств автоматизации буква в обозначении каждого входящего в комплект устройства (кроме устройств ручного управления) является измеряемой величины. Буквенные обозначения в виде отдельных блоков и предназначенных операций, независимо от того, в состав какого комплекта должны начинаться с буквы Н. Например, переключатели сих цепей измерения (управления) обозначаются HS, очи) для дистанционного управления, ручные задатчики.



кнопка дистанционного управления

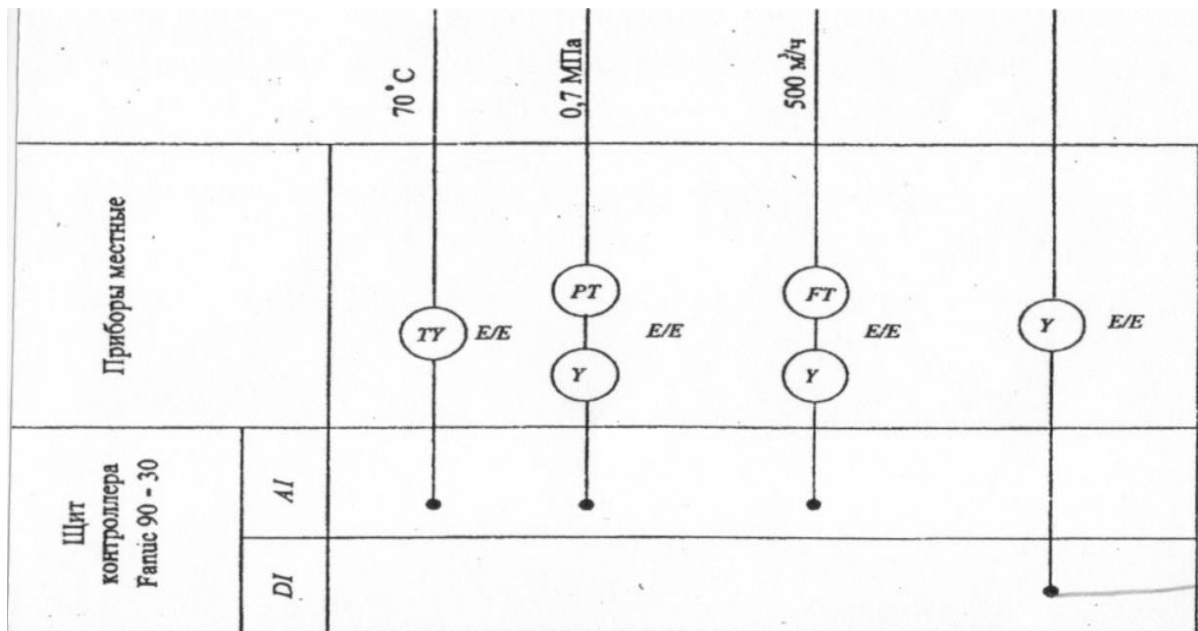


Рис. 68. Пример условного изображения контроллеров и УВМ

### Буквенные позиционные обозначения электроаппараты

Наименование	Обозначение
Прибор звуковой сигнализации	HA
Прибор световой сигнализации	HL
Контактор, магнитный пускатель	KM
Реле времени	KT
Амперметр	PA
Вольтметр	PV
Двигатель	M
Устройства коммутационные в цепях управления сигнализации и т. п.:	
выключатели (переключатели)	SA
выключатели кнопочные	SB

### Вопросы:

1. Буквенные позиционные обозначения.
2. Условные обозначения.

### Тема: Схемы автоматизации аппаратов

### План:

1. Автоматизация испарительной системы.
2. Система автоматизации рассольных насосов.

## **1. Автоматизация испарительной системы**

Автоматизация испарительной системы с промежуточным теплоносителем. В состав испарительной системы охлаждения холодильной установки с промежуточным теплоносителем (рассолом) входят рассольные охлаждающие батареи или воздухоохладители, испаритель для охлаждения рассола, отделитель жидкости или защитный ресивер, группа рассольных насосов, приборный щит, электроаппаратура, схема автоматизации.

Система автоматизации испарительной системы данного типа обеспечивает выполнение следующих функций: автоматическое управление работой рассольными насосами, регулирование температуры воздуха в холодильных камерах, регулирование температуры рассола, регулирование подачи холодильного агента в испаритель, подачу светового сигнала об отклонении уровня жидкого холодильного агента в испарителе и отделителе жидкости за установленные предельные значения.

## **2. Система автоматизации рассольных насосов**

Система автоматизации рассольных насосов (рис. 69) состоит из рассольных насосов (ниже рассмотрен пример группы из трех насосов), автоматических приборов, приборного щита, схемы автоматизации.

Система автоматического управления работой рассольных насосов обеспечивает автоматическое включение первого рассольного насоса по команде на пуск хотя бы одного охлаждающего прибора холодильной установки, автоматическое включение второго рассольного насоса по сигналу реле температуры при повышении температуры рассола выше установленного значения, автоматическое включение третьего (резервного) рассольного насоса при аварийной остановке любого из рабочих насосов, подачу сигнала, разрешающего пуск компрессора, в систему автоматического управления компрессорным агрегатом, подачу сигнала об аварийной остановке рассольного насоса; автоматическую остановку рассольных насосов при выключении из работы всех охлаждающих приборов, автоматическое отключение компрессорного агрегата и подачу светового сигнала при остановке всех рассольных насосов.

Система автоматического управления рассольными насосами состоит из реле давления (по числу рассольных насосов), датчики которых подключены к линии нагнетания между насосом и обратным клапаном соответствующего насоса; реле температуры рассола, датчик которого установлен на нагнетательной линии насосов; обратных клапанов (по числу насосов), устанавливаемых на нагнетательной линии каждого насоса.

Система автоматического управления работой рассольных насосов предусматривает возможность выбора любой последовательности насосов и возможность работы любого из насосов в качестве резервного.



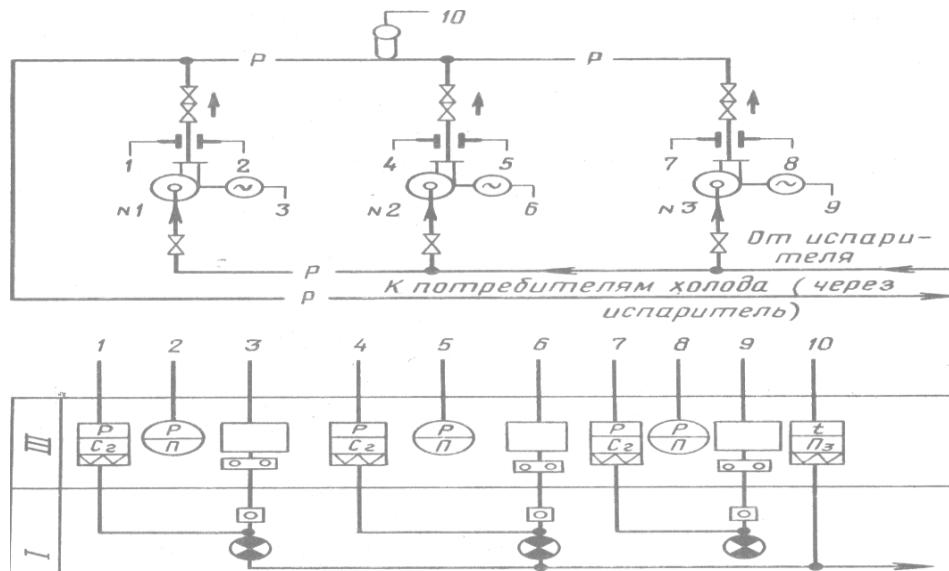


Рис. 69. Принципиальная схема автоматизации рассольных насосов

Система автоматизации кожухотрубчатого испарителя для охлаждения рассола (рис. 70) обеспечивает автоматическое позиционное регулирование уровня жидкого холодильного агента внутри испарителя автоматическую защиту компрессора от работы влажным ходом при переполнении испарителя жидким холодильным агентом, автоматическое регулирование температуры рассола методом пуска и остановки компрессора, подачу предупредительного и аварийного сигнала при опасном повышении уровня жидкости в испарителе.

Систему автоматизации испарителя комплектуют поплавковым реле уровня, устанавливаемым на рабочем уровне жидкости в испарителе для его автоматического поддержания; соленоидным вентилем, устанавливаемым на жидкостной линии между конденсатором и испарителем

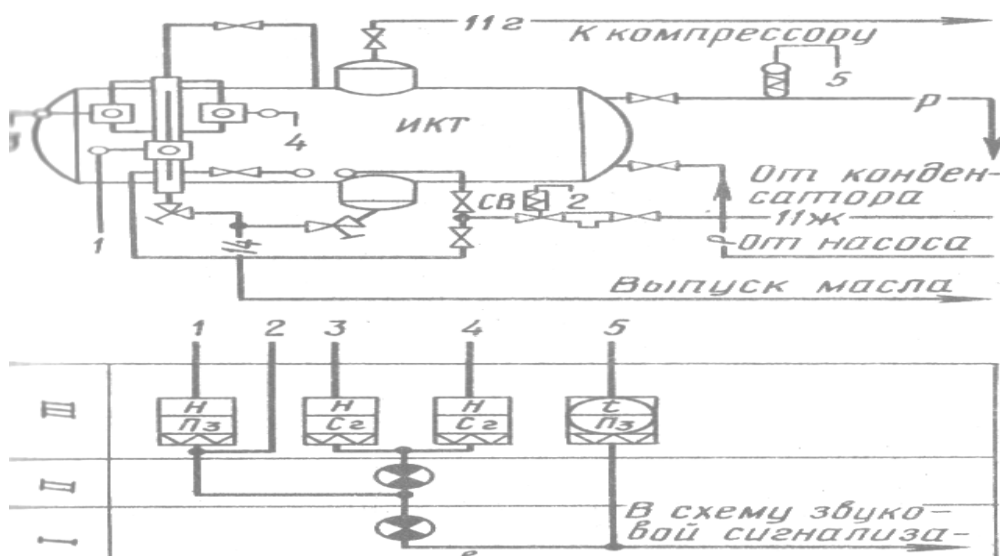


Рис. 70. Принципиальная схема автоматизации кожухотрубчатого испарителя.

### Вопросы:

1. Система автоматизации рассольных насосов.
2. Автоматизация испарительной системы.

## Тема: Естественная система вентиляции

### План:

1. Естественная вентиляция.
2. Наборная и моноблочная система вентиляции.

### 1. Естественная вентиляция

Вентиляция (от лат. ventilatio – проветривание) – процесс удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным.

Естественная вентиляция - это система вентиляции, не имеющая принудительной движущей воздух силы (вентилятора). Движение воздуха в естественной системе вентиляции осуществляется за счет естественных сил (перепада давления).

К естественной вентиляции, например, относится осуществляемое вручную проветривание помещений: при открытии окон в двух комнатах без использования вентиляторов начинается движение воздуха, вызванное тем, что атмосферное давление на улице возле одного окна несколько выше, чем возле другого. Как следствие, наружный воздух попадает в квартиру через первое окно и движется ко второму.

Кстати, именно такую схему воздухообмена в квартирах рекомендует СНиП 2.08.01-89 жилые здания: наружный воздух поступает через открытые форточки жилых комнат и удаляется через вытяжные решетки, установленные в кухнях, ванных комнатах и туалетах.

Воздухообмен квартиры не должен быть ниже: суммарной нормы вытяжки из туалетов, ванных комнат и кухни: от кухонной электроплиты объем вытяжки должен составлять  $60 \text{ м}^3 / \text{ч}$  от кухонной газовой плиты —  $90 \text{ м}^3 / \text{ч}$  из совмещенного (душ + унитаз) санузла в квартире —  $50 \text{ м}^3 / \text{ч}$  нормы притока, равной  $3 \text{ м}^3 / \text{ч}$  на каждый квадратный метр жилой площади Применение естественной вентиляции.

Естественная вентиляция предусматривается для вспомогательных помещений (склады, санузлы, кухни в жилых зданиях и т.д.).

На системах естественной вентиляции вентиляторы не устанавливаются, удаление воздуха происходит за счет перепада давления между воздухозаборной решеткой и верхней точкой шахты. На шахтах таких систем устанавливается либо зонт, либо дефлектор, который увеличивает тягу в шахте.

по назначению:

- приточная и вытяжная;

по зоне обслуживания:

- местная и общеобменная;

по конструкции: наборная и моноблочная.

Приточная система вентиляции предназначена для подачи свежего воздуха в помещения. При необходимости подаваемый воздух может нагреваться или охлаждаться, увлажняться, а также очищаться от пыли.

Вытяжная вентиляция, напротив, удаляет из помещения загрязненный воздух. Приточная и вытяжная вентиляция, как правило, используются совместно, при этом их производительность должна быть сбалансирована, иначе в помещении будет образовываться недостаточное или избыточное давление, что приведет к неприятному эффекту «хлопающих дверей». Местная и общеобменная система вентиляции Местная вентиляция предназначена для подачи свежего воздуха на определенные места

(местная приточная вентиляция) или для удаления загрязненного воздуха от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция). Местную вытяжную вентиляцию применяют в тех случаях, когда места вредных выделений локализованы и можно не допустить их распространения по всему помещению. Местная вентиляция используется, преимущественно, на производстве. В бытовых же условиях применяется общеобменная вентиляция. Исключением являются кухонные вытяжки, которые представляют собой местную вытяжную вентиляцию. Общеобменная вентиляция, в отличие от местной, предназначена для вентиляции воздуха во всем помещении. Общеобменная вентиляция так же может быть приточной и вытяжной. Приточную общеобменную вентиляцию, как правило, необходимо выполнять с подогревом и фильтрацией приточного воздуха, поэтому такая вентиляция должна быть механической (искусственной). Общеобменная вытяжная вентиляция может быть проще приточной и выполняться в виде вентилятора, установленного в окне или отверстие в стене, поскольку удаляемый воздух не требуется обрабатывать. При небольших объемах вентилируемого воздуха используют механическую приточную и естественную вытяжную вентиляцию, которая заметно дешевле механической.

## **2.Наборная и моноблочная система вентиляции**

Наборная система вентиляции собирается из отдельных компонентов вентилятора, глушителя, фильтра, системы автоматики и т.д. Такая система обычно размещается в отдельном помещении — венткамере или за подвесным потолком (при небольшой производительности). Достоинством наборных систем является возможность вентиляции любых помещений — от небольших квартир и офисов до торговых залов супермаркетов и целых зданий. Недостатком — необходимость профессионального расчета и проектирования, а также большие габариты. В разделе Состав систем вентиляции рассказывается о том, из каких компонентов собирается типовая наборная система.

В моноблочной системе вентиляции (вентустановке) все компоненты размещаются в едином шумоизолированном корпусе. Моноблочные системы могут быть приточные, вытяжные и приточно-вытяжные. Приточно-вытяжные установки часто комплектуются встроенным рекуператором, которые позволяет экономить энергию, затрачиваемую на подогрев приточного воздуха. Моноблочные вентустановки имеют ряд преимуществ перед наборными системами:

Поскольку все компоненты расположены в шумоизолированном корпусе, уровень шума моноблочных установок заметно ниже, чем наборных систем. Благодаря этому моноблочные системы небольшой производительности можно размещать в жилых помещениях, в то время как наборные системы обычно требуется устанавливать в подсобных помещениях или в специально обустроенных вентиляционных камерах.

Все элементы вентиляционной установки подбираются, тестируются и отлаживаются для совместной работы на этапе производства, поэтому моноблочные системы обладают максимально возможной эффективностью и сбалансированностью.

Благодаря компактному корпусу монтировать вентустановки проще и быстрее, чем наборные системы вентиляции.

**Вопросы:**

1. Наборная и моноблочная система вентиляции.
2. Естественная вентиляция.

**Тема: Искусственная система вентиляции****План:**

1. Механические системы.

**1. Механические системы**

Искусственная, или механическая, вентиляция применяется там, где недостаточно естественной. В механических системах используются оборудование и приборы (вентиляторы, фильтры, воздухонагреватели и т.д.), позволяющие перемещать воздух в вентилируемые помещения, независимо от условий окружающей среды. На практике, необходимо использовать именно искусственную систему вентиляции, поскольку только она может гарантировать создание комфортных условий.

Преимущества искусственной (механической) вентиляции

Рассмотрим преимущества механической вентиляции, в сравнении с естественной.

Максимальный радиус охвата благодаря давлению, которое создается вентилятором;

Возможность изменения или сохранения нужного объема приточного и вытяжного воздуха, несмотря на условия (к ним относятся температура воздуха снаружи и скорость ветра);

Возможность пропускать воздух, поступающий в помещение, после предварительной обработки;

Организация оптимального распределения воздуха при подачи к рабочим местами, регулировка скорости исходя из рабочих условий;

Возможность уловить вредные выделения в месте их скопления, а также предотвратить распространение по общей площади помещения.

Механические системы классифицируются следующим образом.

- 1 Системы, которые удаляют не чистый воздух из помещения. Они носят название вытяжные.
- 2 Системы, которые обеспечивают подачу воздуха снаружи, - приточные системы.
- 3 Комбинированные системы, при которых применяется, как местная, так и общая вытяжка.

Существует также система вентиляции, которая необходима на производственных площадях, поскольку здесь возможно непредвиденное скопление вредных веществ.

**Вопросы:**

1. Преимущества искусственной.
2. Механические системы.

## Литература

1. Бабакин, Б. С. Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе [Текст] / Б. С. Бабакин, В. И. Стефанчук, Е. Е. Ковтунов. - М.: Колос, 2000. - 160 с.: ил.
2. Лашутина, Н. Г. Холодильные машины и установки [Текст]: учебное пособие / Н. Г. Лашутина, Т. А. Верховая, В. П. Суедов. - М.: КолосС, 2006. - 440 с.: ил.
3. Об утверждении Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации фреоновых холодильных установок [Электронный ресурс] : Постановление Минтруда РФ от 22.12.2000 N 92 / Консультант Плюс: сайт // Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=79841>. - Дата обращения: 12.01.2018. - Загл. с экрана.
4. Об утверждении Правил безопасности аммиачных холодильных установок [Электронный ресурс] : Постановление Госгортехнадзора РФ от 09.06.2003 N 79 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 N 4779) / Консультант Плюс: сайт // <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=43343>. - Дата обращения: 12.01.2018. - Загл. с экрана.
5. Полевой, А. А. Монтаж холодильных установок и машин [Текст] / А. А. Полевой. - СПб.: Профессия, 2011. - 264 с.: ил., табл.
6. Селевцов, Л. И. Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. / Л. И. Селевцов, Л. А. Селевцов. - М.: Академия, 2011. - 352 с.
7. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] : учебник / М. В. Немцов. - М.: КноРус, 2016. - 560 с. - (Среднее профессиональное образование) // ЭБС Book.ru: сайт / Режим доступа: <https://www.book.ru/book/919359>. - Загл. с экрана

Учебное издание

Захарцова Л. Н.

Монтаж, техническая эксплуатация и обслуживание  
холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)  
Часть 2

Учебное пособие

---

Подписано к печати 13.03.2018 г. Формат 60x84. 1/16.  
Бумага офсетная. Усл. п. 8,71. Тираж 25 экз. Изд. 5557.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ