

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

---

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО ИЗУЧЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ  
ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

**ДОНЕЦК  
2017**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

### **К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

**(для студентов механических и горных специальностей)**

**Р а с с м о т р е н о**  
на заседании кафедры  
«Энергомеханические системы».  
Протокол № 7 от 29.03.2017 г.

**У т в е р ж д е н о**  
на заседании учебно-  
издательского совета ДОННТУ.  
Протокол № 7 от 21.11.2017 г.

**ДОНЕЦК**  
**2017**

УДК 622.673.1 (071)

Методические указания к выполнению лабораторных работ по изучению конструкций холодильных установок (для студентов механических и горных специальностей) / сост.: В. М. Оверко, О. В. Федоров. — Донецк : ДОННТУ, 2017. — 48 с.

Содержит необходимые материалы для изучения студентами устройства, конструкции и эксплуатации холодильных установок.

Составители:

В. М. Оверко  
О. В. Федоров

Отв. за выпуск

А. П. Кононенко

Рецензент

Н. М. Лысенко

## **Общие указания**

Экономичная и безопасная работа холодильных установок во многом зависит от высокого технического уровня обслуживания. Это требует знаний как по теории рабочих процессов, так и по устройству, конструкции и правилам технической эксплуатации холодильных установок.

Вопросы теории студенты изучают на лекциях. Остальные моменты необходимо изучить самостоятельно по данному методическому пособию на лабораторных занятиях, используя наглядные пособия, закрепить полученные знания.

Работа считается выполненной после представления преподавателю отчета, ответа на поставленные вопросы и выставления положительной оценки в журнале.

### **1 Лабораторная работа №1. Схемы шахтных холодильных установок**

Схемы шахтных холодильных установок достаточно разнообразны и отличаются расположением станции холодильных машин, способом отвода теплоты конденсации, наличием того или иного оборудования и т.д., рис. 1.1 ... 1.4.

Кроме представленных, существуют схемы с размещением станции холодильных машин на поверхности без теплообменника высокого давления, с размещением станции холодильных машин под землей и отводом теплоты конденсации водой шахтного притока и др.

Проанализируйте данные схемы с точки зрения надежности, безопасности, капитальных и эксплуатационных затрат.

### **2 Лабораторная работа №2. Схемы и рабочий процесс парокompрессорных холодильных машин (агрегатов)**

Стационарные холодильные машины являются генераторами холода, вырабатываемого на стационарных шахтных установках для кондиционирования воздуха, которые так же включают в себя теплообменники высокого давления, устройства для отвода теплоты конденсации хладагента, станцию водоподготовки, разветвленные трубопроводные сети холодоносителей, циркуляционные насосы, стационарные и периодически передвигаемые воздухоохладители.

Шахтные установки кондиционирования воздуха комплектуют холодильными машинами общего назначения, если они установлены на поверхности, например, *ХТМФ-248-4000*,

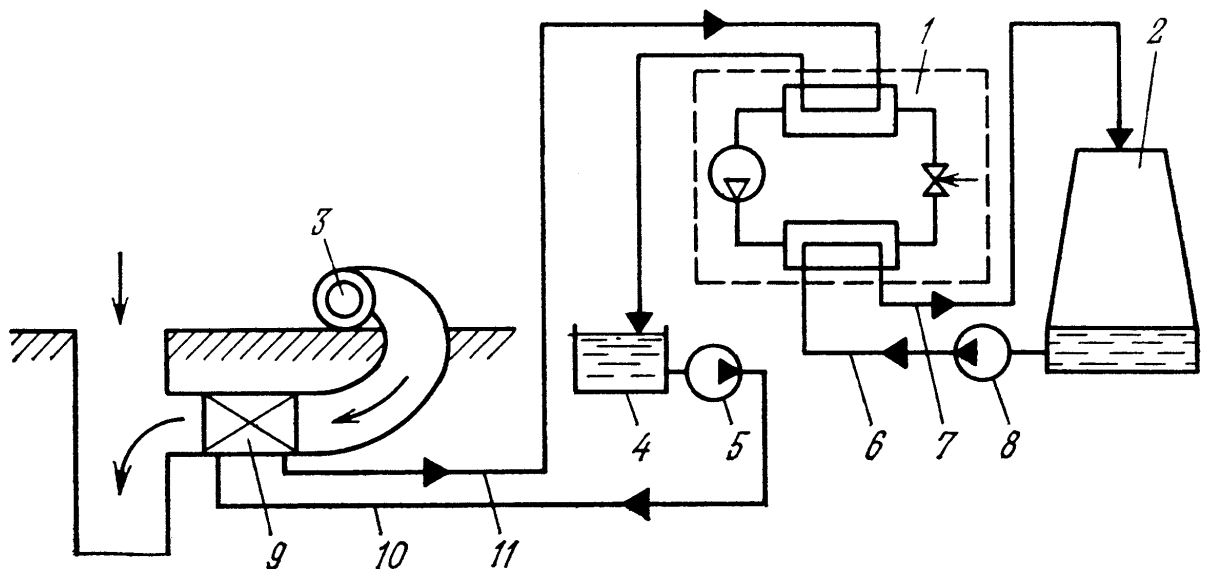


Рисунок 1.1 – Технологическая схема шахтной холодильной установки, применяемой на этапе строительства шахты: 1 – парокomppressorный холодильный агрегат; 2 – градирня; 3 – вентилятор главного проветривания; 4 – резервуар холодоносителя; 5, 8 – насосы; 6, 7 – трубопроводы отвода теплоты конденсации; 9 – воздухоохладитель; 10, 11 – трубопроводы холодоносителя

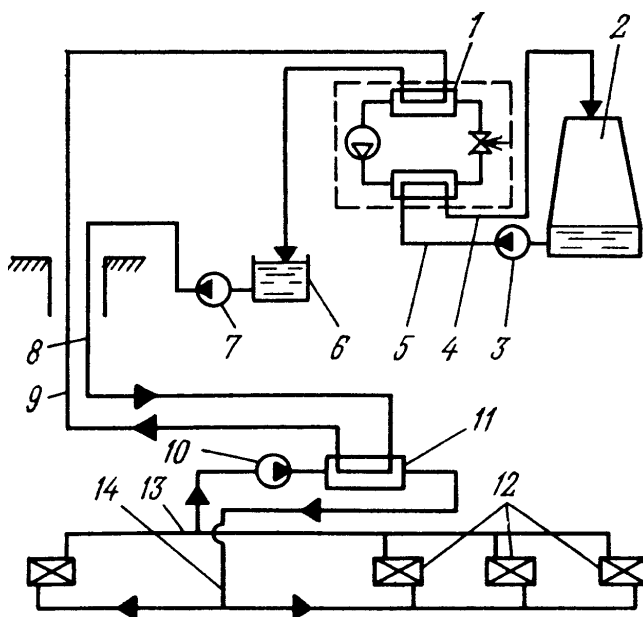


Рисунок 1.2 – Технологическая схема шахтной холодильной установки с размещением станции холодильных машин на поверхности: 1 – парокomppressorный холодильный агрегат; 2 – градирня; 3, 7, 10 – насосы; 4, 5 – трубопроводы отвода теплоты конденсации; 6 – резервуар первичного холодоносителя; 8, 9 – трубопроводы первичного холодоносителя; 11 – теплообменник высокого давления; 12 – воздухоохладители; 13, 14 – трубопроводы вторичного холодоносителя

**ХТМФ-235М-2000.** В подземных условиях обычно используют холодильные машины в рудничном исполнении: **ШХТМ-1300**, **2ТХМВ-2000-2**, **МФ220-1РШ**.

### 2.1 Холодильные агрегаты типа ХТМФ

Паровые компрессорные холодильные агрегаты **ХТМФ-248-4000**, **ХТМФ-235М-2000** предназначены для охлаждения воды

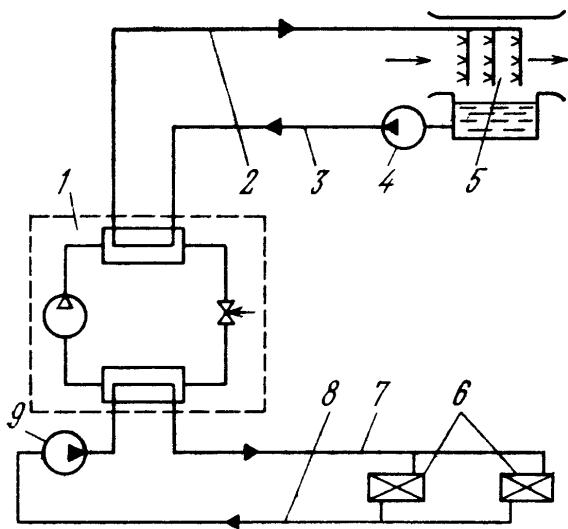


Рисунок 1.3 – Технологическая схема шахтной холодильной установки с размещением станции холодильных машин под землей и отводом теплоты конденсации в подземной градирне: 1 – парокompрессорный холодильный агрегат; 2, 3 – трубопроводы отвода теплоты конденсации; 4, 9 – насосы; 5 – подземная градирня; 6 – воздухоохладители; 7, 8 – трубопроводы холодоносителя

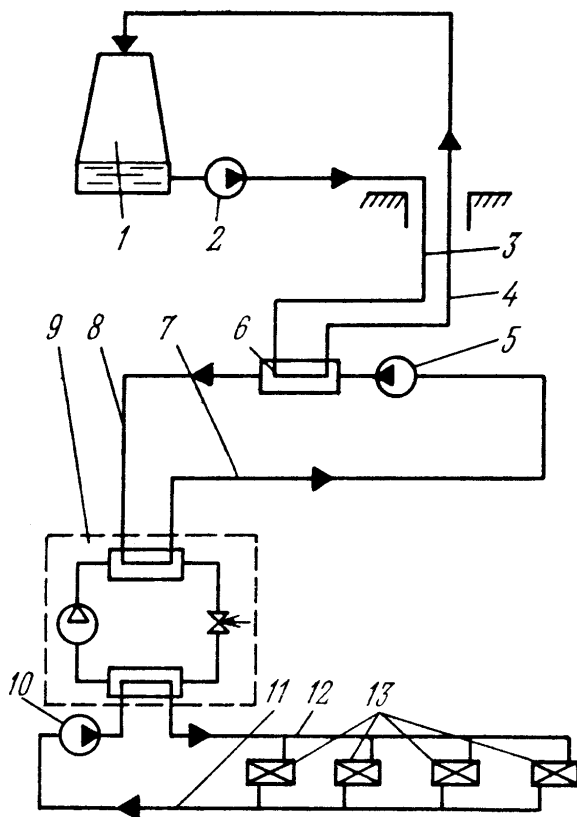


Рисунок 1.4 – Технологическая схема шахтной холодильной установки с размещением станции холодильных машин под землей и отводом теплоты конденсации на поверхность: 1 – градирня; 2, 5, 10 – насосы; 3, 4 – трубопроводы отвода теплоты конденсации; 6 – теплообменник высокого давления; 7, 8 – трубопроводы промежуточного теплоотвода; 9 – парокompрессорный холодильный агрегат; 11, 12 – трубопроводы вторичного холодоносителя; 13 – воздухоохладители

или водного раствора хлористого кальция. Марка машин обозначает: *X* — холодильная; *T* — турбокомпрессорная; *M* — машина; *Φ* — фреоновая; 2 — число ступеней компрессора; 48 и 35 — диаметр рабочих колес турбокомпрессора в см; буква “*M*” после диаметра показывает, что машина модернизирована; 4000 и 2000 — холодопроизводительность в тыс. ккал/ч.

Машина ***XTMΦ-248-4000*** имеет ряд модификаций, отличающихся диапазоном рабочих температур кипения (-2...-18°C или +5...-5), а так же напряжением питания резервного маслососа (380 В или 110/220 В). В зависимости от рабочего диапазона

Таблица 2.1. — Техническая характеристика стационарных холодильных машин

Показатели	МФ220-1РШ	ШХТМ-1300	2ТХМВ-2000-2	ХТМФ-235М-2000	ХТМФ-248-4000
Температуры, °С: испарения	+1...+7	+1...+5	+1...+5	-10...+5	-5...+5
конденсации	до 50	до 55	до 50	35...45	30...40
Холодильная мощность, кВт	400...470	1160...1630	2200...2600	1570...2600	2300...5100
Номинальный режим:					
температура испарения, °С	+5	+2	+2	+2	+2
температура конденсации, °С	+40	+55	+50	+40	+35
мощность холодильная, кВт	470	1510	2442	2440	4500
мощность потребляемая, кВт	130	630	900	635	1300
Установленная мощность, кВт	160	800	1000	800	1600
Напряжение, В	660/380	6000	6000	6000	6000
Хладагент, тип	R22	R12	R12	R12	R12
количество, кг	500	1000	1500	1500	2500
Смазочное масло	ХМ 35 или ПФГОС-4	Т-30	КП-8 или Т-30	КП-8 или Т-30	КП-8 или Т-30
количество, кг	50	300	250	400	600
Расход, м <sup>3</sup> /ч:					
холодоносителя	70	140	190	350...450	800...1200
охлаждающей воды	90	150	250	400...600	900...1300
Масса, кг	8000	31860	33500	32300	74680

температур испарения частота вращения ротора турбокомпрессора может быть  $126 \text{ с}^{-1}$  (7550 об/мин) или  $115 \text{ с}^{-1}$  (6900 об/мин).

В состав холодильной машины **ХТМФ-248-4000** входят турбокомпрессор, мультипликатор, приводной электродвигатель, два конденсатора, испаритель, поплавковый бак, система смазки турбокомпрессора, система смазки мультипликатора, щит управления и контроля.

Компрессор **ТКФ-248** — центробежный, двухступенчатый, диаметр рабочих колес 480 мм. Корпус компрессора литой, чугунный, состоит из двух половин - верхней и нижней. Он

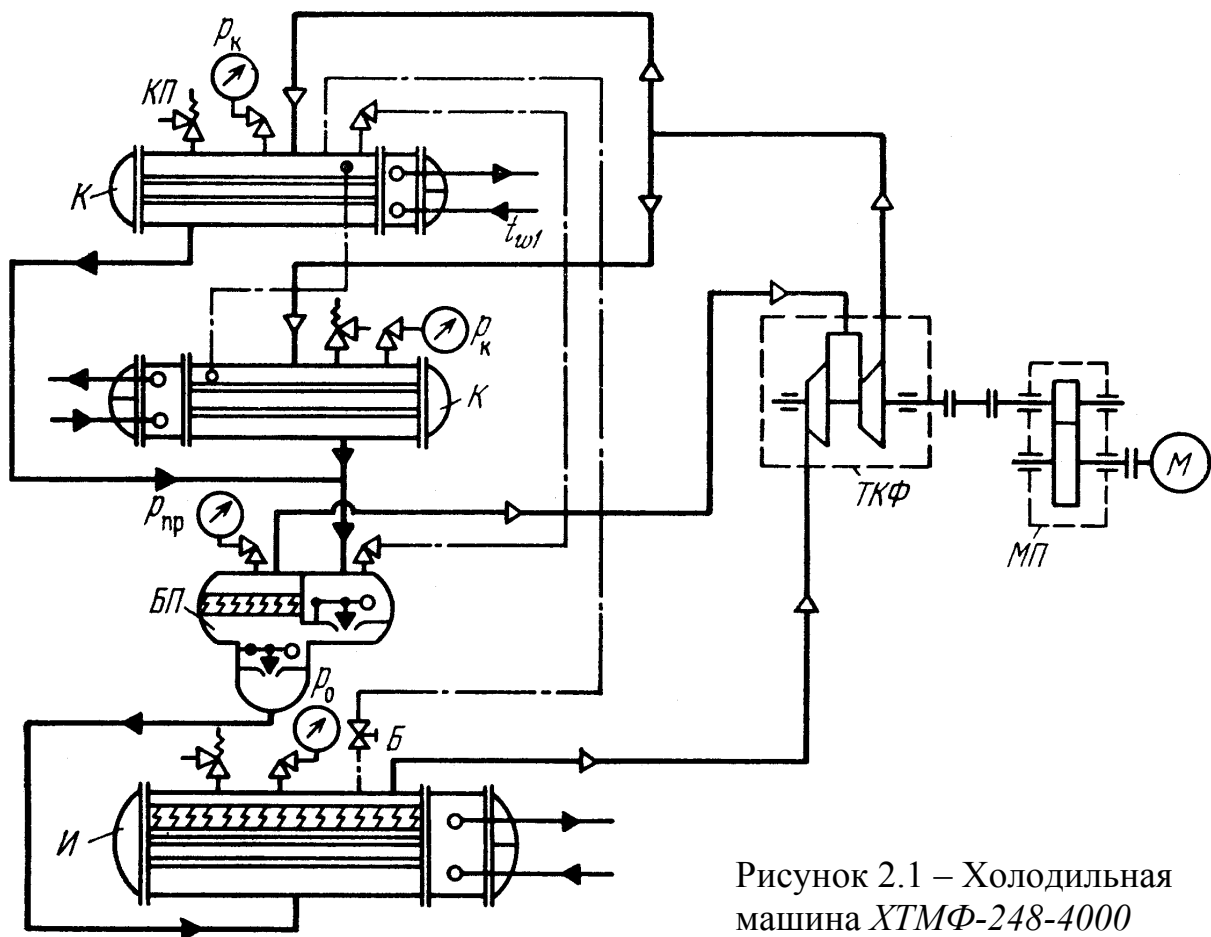


Рисунок 2.1 – Холодильная машина XTMΦ-248-4000

установлен на литой фундаментальной плите, при нагреве имеет возможность перемещаться по шпонке. Ротор состоит из вала, на котором закреплены два рабочих колеса и разгрузочный поршень (думмис). Все детали ротора изготавливают из высококачественной легированной стали. Межступенчатые лабиринтные уплотнения гребешкового типа. Торцовое уплотнение вала ротора представляет собой систему подвижных и неподвижных элементов, обеспечивающих подвижное уплотнение выходного конца вала ротора как при работе, так и при стоянке компрессора. В полости уплотнения циркулирует масло, создавая гидравлический затвор, обеспечивая смазку трущихся поверхностей и охлаждение. Входной направляющий аппарат служит для плавного регулирования подачи. Он состоит из лопаток, которые могут поворачиваться в корпусе с помощью приводного шестеренного механизма, при этом подача изменяется от 100% до 30% номинального значения. Ротор удерживается двумя подшипниками скольжения — опорным и опорно-упорным, корпуса которых прикреплены к корпусу компрессора при помощи крышек.

Приводом служит синхронный электродвигатель **СТД-1600-23У4** с частотой вращения  $50 \text{ с}^{-1}$  (3000 об/мин), мощностью 1600



кВт и водяным охлаждением. Мультипликатор одноступенчатый, с шевронной передачей, передаточное отношение 2,52 или 2,3.

Испаритель **ИТР-1800** — горизонтальный, кожухотрубный, двухходовой, поверхность теплообмена — 1880 м<sup>2</sup>. Рабочее давление в корпусе 1,25 МПа, в трубной части — 1 МПа. Количество теплообменных трубок — 2599, наружный диаметр — 20 мм, толщина стенки 3 мм. Холодоноситель поступает в трубки. Для контроля уровня хладагента использован указатель.

Машина снабжена двумя горизонтальными, кожухотрубными, двухходовыми конденсаторами **КТР-600** с поверхностью теплообмена 610 м<sup>2</sup>. Максимальное рабочее давление в корпусе 1,6 МПа, в трубной части — 1 МПа. Количество теплообменных трубок — 1061, наружный диаметр — 20 мм, толщина стенки 3 мм.

Поплавковый бак представляет собой горизонтальный аппарат, состоящий из двух камер — высокого и промежуточного давлений. В камере высокого давления установлен поплавокый механизм, дросселирующий жидкий хладагент до промежуточного давления. В камере промежуточного давления аналогичный механизм дросселирует жидкость до давления испарения. Пары, образующиеся после первого дросселирования, отсасываются второй ступенью компрессора. В каждой камере имеются обводные ручные вентили и смотровые окна для контроля уровня и состояния поплавоквого механизма.

Холодильная машина **ХТМФ-235М-2000** подобна холодильной машине **ХТМФ-248-4000**, только в ней используется один конденсатор типа **КТР-310**, другие диапазоны рабочих температур, а также частоты вращения ротора компрессора — 158 с<sup>-1</sup> (9500 об/мин) или 175 с<sup>-1</sup> (10500 об/мин).

## 2.2 Холодильная машина **ШХТМ-1300**

Предназначена для охлаждения воды в шахтных установках кондиционирования воздуха с подземным расположением холодильных станций. Марка машины обозначает: **Ш** — шахтная; **Х** — холодильная; **Т** — турбокомпрессорная; **М** — машина; **1300** — номинальная холодопроизводительность в тыс. ккал/ч.

По схеме и принципу действия машина **ШХТМ-1300** не отличается от машин типа **ХТМФ**. Ее особенности состоят в повышенной температуре конденсации, что облегчает отвод теплоты конденсации в подземных условиях, и применение в качестве привода асинхронного электродвигателя в исполнении **РП** или **РВ**.

### **2.3 Холодильная машина 2ТХМВ-2000-2**

Предназначена для охлаждения воды в шахтных установках кондиционирования воздуха с подземным расположением холодильных станций. Марка машины обозначает: 2 — модификация; Х — холодильная; Т — турбокомпрессорная; М — машина; В — водоохлаждающая; 2000 — номинальная холодопроизводительность в тыс. ккал/ч; 2 — двухступенчатый компрессор.

Технологическая схема и принцип работы машины аналогичны машине ШХТМ-1300, от которой она отличается в основном конструкцией турбоагрегата, состоящего из турбокомпрессора, в корпус которого встроен соосный мультипликатор планетарного типа и электродвигателя. Корпус компрессора и закладные детали статора не имеют горизонтального разъема, статор образован набором диафрагм, стянутых болтами в единый пакет. Отличаются так же система смазки и уплотнения. Испаритель, конденсатор и поплавковый бак аналогичны описанным выше. Поверхность теплообмена испарителя 630 м<sup>2</sup>, конденсатора — 320 м<sup>2</sup>.

### **2.4 Холодильная машина МФ220-1РШ**

Предназначена для охлаждения воды в шахтных установках кондиционирования воздуха с подземным расположением холодильных станций в условиях шахт, опасных по газу или пыли.

Расшифровка обозначения: МФ — машина фреоновая; 220 — номинальная холодопроизводительность в тыс. ккал/ч при температуре кипения — 15°С и конденсации 30°С; 1 — высокотемпературный (от +15 до -15 °С) диапазон рабочих температур; Р — автоматическое регулирование производительности; Ш — шахтное исполнение.

В состав машины входят поршневой компрессор П220-12-1Ш, электродвигатель ВАО-280М, кожухотрубный испаритель с теплообменником, кожухотрубный конденсатор, фильтр-осушитель, щит приборов, аппаратура автоматизации.

Компрессор П220-12-1Ш — поршневой, одноступенчатый, восьмицилиндровый, сальниковый. Диаметр цилиндров 115 мм, ход поршня — 82 мм, частота вращения коленчатого вала — 24,75 с<sup>-1</sup> (1485 об/мин). Компрессор снабжен восемью электромагнитами для автоматического регулирования холодильной мощности путем отжима всасывающих клапанов (одновременно не более шести). Холодильная мощность может изменяться при регулировании от 100% до 25% с шагом 25%.

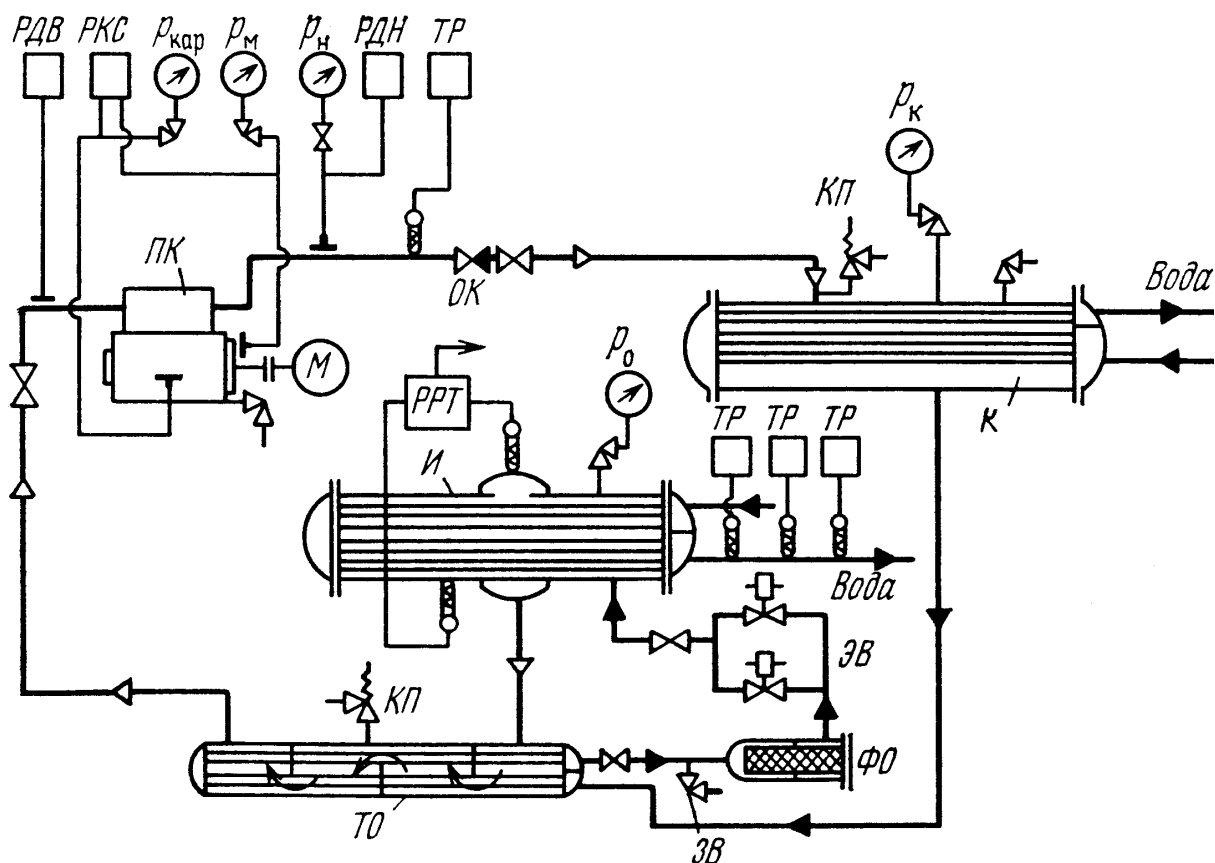


Рисунок 2.2 – Холодильная машина МΦ220-1РШ

Испаритель — горизонтальный, кожухотрубный, четырехходовой, поверхность теплообмена —  $208 \text{ м}^2$ , наружный диаметр трубок 16 мм, толщина стенки 2 мм. Потеря давления при расходе холодоносителя  $70 \text{ м}^3/\text{ч}$  составляет 0,05 МПа. Холодоноситель поступает в испаритель через верхний патрубок, а отводится через нижний.

Конденсатор — горизонтальный, кожухотрубный, поверхность теплообмена —  $115 \text{ м}^2$ , наружный диаметр трубок 16 мм, толщина стенки 2 мм. Потеря давления при расходе охлаждающей воды  $90 \text{ м}^3/\text{ч}$  составляет 0,04 МПа.

Теплообменник предназначен для охлаждения жидкого хладагента, поступающего из конденсатора, парами, отводимыми от испарителя, что повышает эффективность работы машины.

На щите установлены следующие контрольно-измерительные приборы: мановакуумметры, показывающие давления нагнетания, конденсации и кипения; дифференциальный манометр, показывающий одновременно три величины: давление в картере, в масло-системе и их разность — давление, создаваемое маслонасосом.

### 3 Лабораторная работа №3. Конструкции компрессоров парокomppressorных холодильных машин (агрегатов)

Компрессоры, применяемые в холодильной технике, отличаются большим разнообразием типов, размеров и конструкций. В зависимости от того, каким образом осуществляется процесс сжатия, компрессоры разделяют на две группы: объемного сжатия и динамического.

В компрессорах *объемного типа* процесс сжатия паров холодильного агента происходит в замкнутом уменьшающемся объеме рабочей полости. К ним относятся *поршневые, ротационные и винтовые* компрессоры, из которых поршневые получили наибольшее распространение. В настоящее время более 90% всех компрессионных холодильных машин выпускают с поршневыми компрессорами. Ротационные компрессоры распространены незначительно, в малых холодильных машинах холодильной мощностью 0,3—0,7 кВт. Винтовые компрессоры применяют в машинах холодильной мощностью от 20 до 3000 кВт.

К компрессорам *динамического сжатия* относятся осевые и центробежные, или *турбокомпрессоры*. Турбокомпрессоры используют в крупных холодильных машинах холодильной мощностью свыше 2 МВт.

В зависимости от вида холодильного агента компрессоры делят на *фреоновые* и *аммиачные*. В последние годы разработаны *унифицированные* компрессоры, которые могут работать как на фреонах, так и на аммиаке.

По *холодильной мощности* (при  $t_{и} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t_{к} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) все холодильные компрессоры условно делятся на три группы: *малые* (до 12 кВт), *средние* (12...120 кВт) и *крупные* (свыше 120 кВт).

По *числу ступеней сжатия* компрессоры могут быть одно-, двух- и трехступенчатыми, а в зависимости от *числа цилиндров* — двух-, четырех-, шести- и восьмицилиндровые.

По *расположению цилиндров* компрессоры подразделяют на горизонтальные, вертикальные, *V*-образные и *W*-образные (верообразные).

В зависимости от направления движения пара холодильного агента в цилиндрах различают компрессоры *прямоточные*, в которых пар проходит по цилиндру только в одном направлении, и *непрямоточные*, в которых пар в цилиндре изменяет направление движения.

По числу рабочих сторон поршня компрессоры могут быть *одинарного* (простого) *действия*, когда рабочее вещество находится с одной стороны поршня, и *двойного действия*, когда обе стороны поршня рабочие.

Кривошипно-шатунные механизмы в холодильных компрессорах бывают двух видов: с кресткопфом (ползуном) и без кресткопфа. Соответственно и компрессоры делят на *кресткопфные* и *бескресткопфные*.

По конструктивному выполнению цилиндров и картера компрессоры могут быть *разъемными* (блок цилиндров и картер представляют собой отдельные детали) и *блок-картерными*, в которых обе эти детали изготовлены в виде единой отливки.

В зависимости от конструкции уплотнения картера различают компрессоры *сальниковые* (открытые), *бессальниковые* (полугерметичные) и *герметичные*.

### 3.1 Поршневые компрессоры

Фреоновые поршневые компрессоры, выпускаемые серийно по ГОСТ 6492-81, маркируют следующим образом: *Ф* — фреоновый, *Г* — герметичный, *БС* — бессальниковый, *В* — вертикальное расположение цилиндров, *У* — *V*-образное расположение цилиндров, *УУ* — *W*-образное расположение цилиндров. Цифра, стоящая после буквенного обозначения марки компрессора, характеризует холодопроизводительность в спецификационном режиме (тыс. ккал/ч). Например, марка *ФУ-40* показывает: фреоновый компрессор, четырехцилиндровый, *V*-образное расположение цилиндров, холодопроизводительность 40 000 ккал/ч.

Поршневые унифицированные компрессоры нового ряда имеют следующую маркировку: *П* — поршневой сальниковый; *ПБ* — поршневой бессальниковый; *ПГ* — поршневой герметичный.

В шахтной практике для холодильных машин используют поршневые, фреоновые, одноступенчатые, непрямоточные блок-картерные, сальниковые, четырех- и восьмицилиндровые компрессоры марок *ФУ-40* (кондиционеры *КПШ-90*), *П-220* (холодильные машины *МФ220-1РШ*, *КШ220-2-1*), а также центробежные двухступенчатые компрессоры (холодильные машины *ШХТМ-1300*, *ХТМФ-248-4000*, *ХТМФ-235-2000*, *2ТХМВ-2000-2*). В ближайшие годы намечен выпуск шахтных холодильных машин на базе винтовых компрессоров *21ВХ820-2-0*.

На рис. 3.1 показан непрямоточный компрессор *П-220*. Блок-картер — чугунный литой, полость всасывания отделена от поло-

сти картера перегородкой, в которой имеются уравнивающие отверстия с маслоотбойниками. Через отверстия отсасывается пар, перетекающий в полость картера через неплотности поршневых колец, для поддержания в картере давления всасывания. В компрессорах, работающих на фреоне, через эти отверстия масло, поступившее во всасывающую полость с потоком пара, возвращается в картер. Гильзы — чугунные, литые. Верхний торец гильзы является седлом всасывающего клапана.

Всасывающие и нагнетательные клапаны — самодействующие однокольцевые, подпружиненные, рис. 3.2. Всасывающие клапаны для фреона и аммиака отличаются высотой подъема пластины. Нагнетательный клапан установлен в направляющей всасывающего клапана, прижимается к нему буферной пружиной, т. е. является одновременно и ложной крышкой цилиндра, предохраняющей компрессор от разрушения в случае гидравлического удара. Пружинный предохранительный клапан показан на рис. 3.3.

Коленчатый вал — стальной, штампованный, двухколенный, двухопорный, на подшипниках качения. Колена расположены под углом  $180^\circ$ . Противовесы отштампованы за одно целое с валом. Для подачи масла на шатунные подшипники в валу имеются каналы. Шатуны — стальные, штампованные. Нижняя головка шатуна имеет косой разъем, в котором устанавливаются тонкостенные биметаллические вкладыши с антифрикционным слоем из алюминиевого сплава. Верхняя головка шатуна неразъемная.

Поршни компрессора 1, рис.3.4, — литые из алюминиевого сплава с двумя компрессионными 2 и двумя маслоъемными 3 кольцами. Для уменьшения мертвого пространства верхний торец поршня имеет специальную форму. Поршневые кольца изготовлены из термостабилизированного графитонаполненного капрона. Для увеличения упругости колец между поршнем и кольцами размещаются эспандеры 4 из стальной ленты. Кольца изготавливаются с замком внахлест и имеют специальный литевой зуб 5 для предотвращения проворачивания в канавке.

Сальник, рис. 3.5, — двусторонний, маслозаполненный. Торцовое уплотнение достигается парой трения сталь-графит. Уплотнение подвижных колец по валу происходит с помощью резиновых колец круглого сечения.

Смазка нижних головок шатуна производится под давлением от шестеренчатого насоса. Масло засасывается через сет-

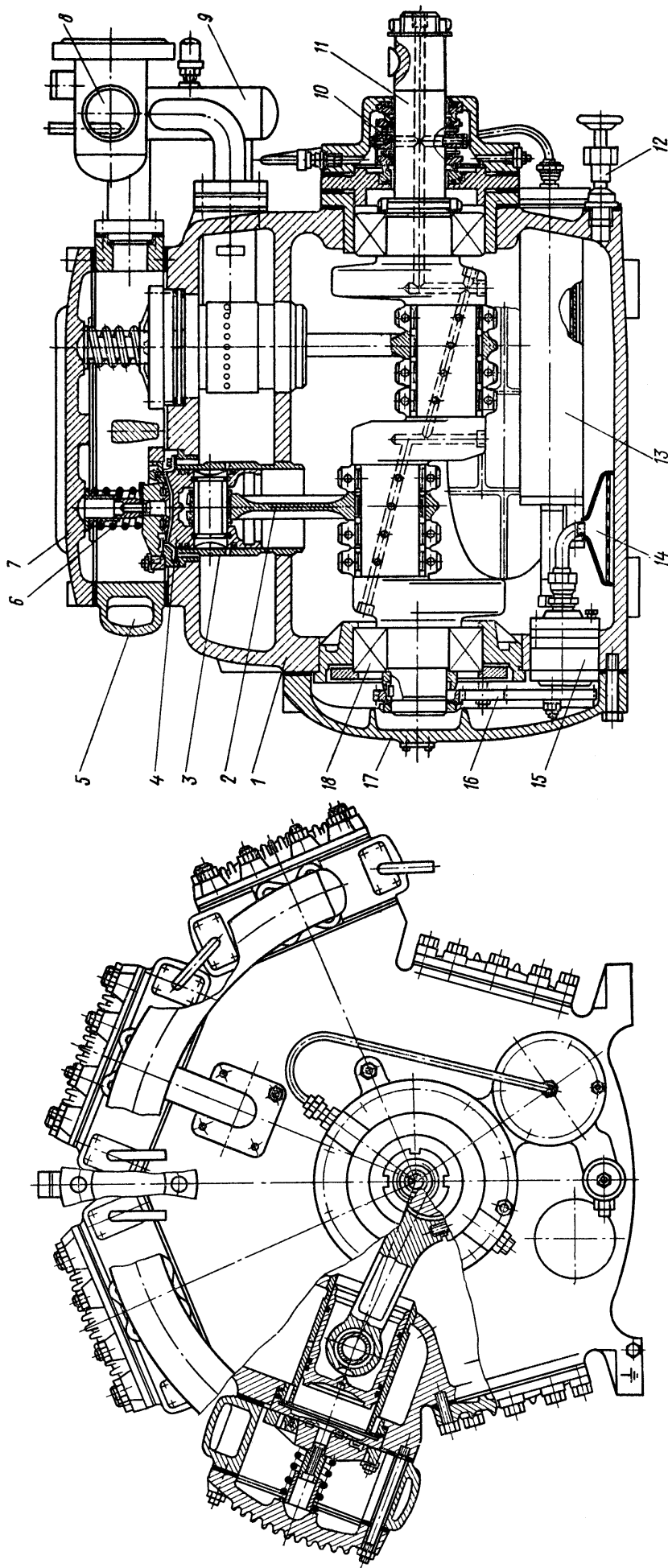


Рисунок 3.1 – Компрессор П-220: 1 – блок-картер; 2 – шатунно-поршневая группа; 3 – гильза; 4 – клапанная группа; 5 – головка с водяной рубашкой; 6 – буферная пружина; 7 – верхняя крышка; 8 – нагнетательный коллектор; 9 – всасывающий коллектор; 10 – сальник; 11 – коленчатый вал; 12 – маслозаправочный вентиль; 13 – масляный фильтр тонкой очистки; 14 – масляный фильтр грубой очистки; 15 – масляный шестеренчатый насос; 16 – шестерни; 17 – передняя крышка; 18 – подшипник

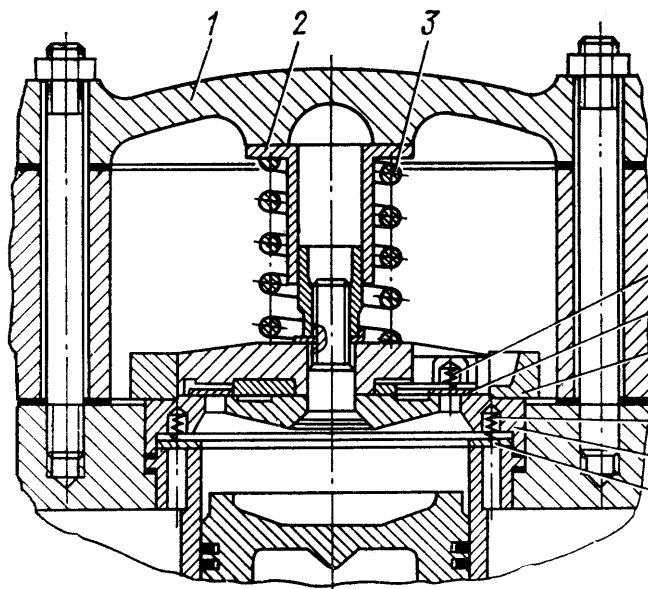


Рисунок 3.2 – Клапанная группа без регулирования производительности: 1 – крышка; 2 – втулка; 3 – буферная пружина; 4 – пружина нагнетательного клапана; 5 – пластина нагнетательного клапана; 6 – корпус нагнетательного клапана; 7 – пружина всасывающего клапана; 8 – корпус всасывающего клапана; 9 – пластина всасывающего клапана

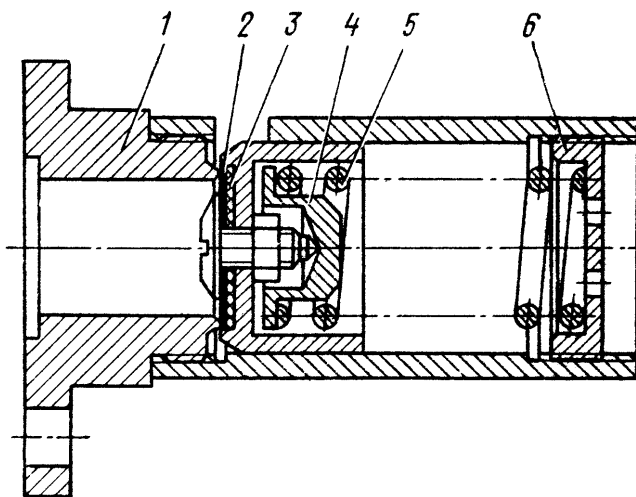
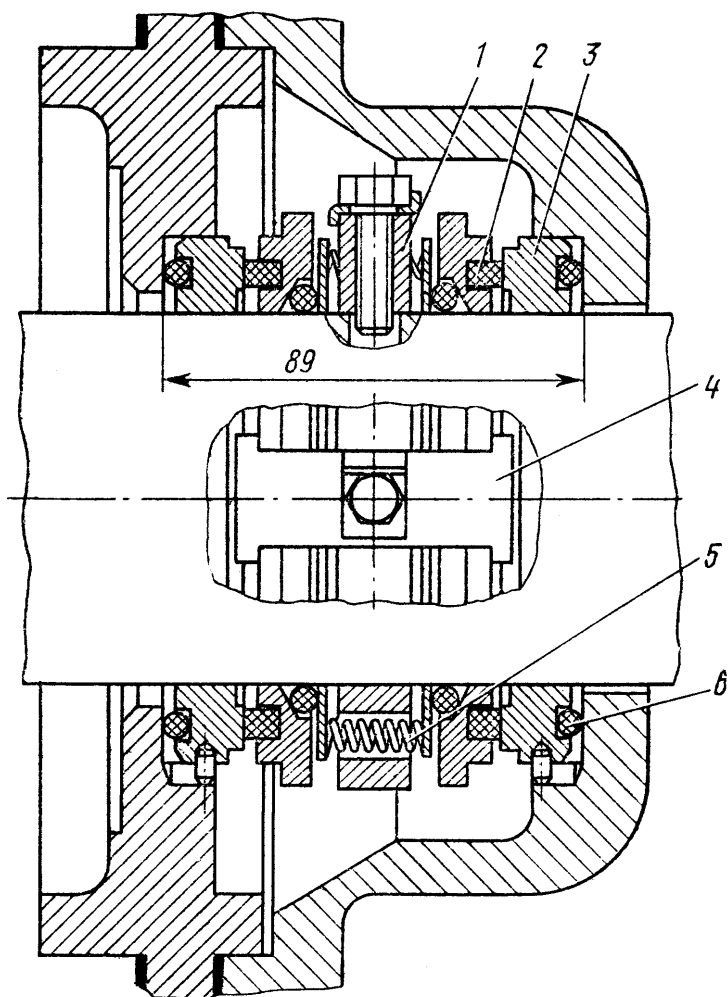
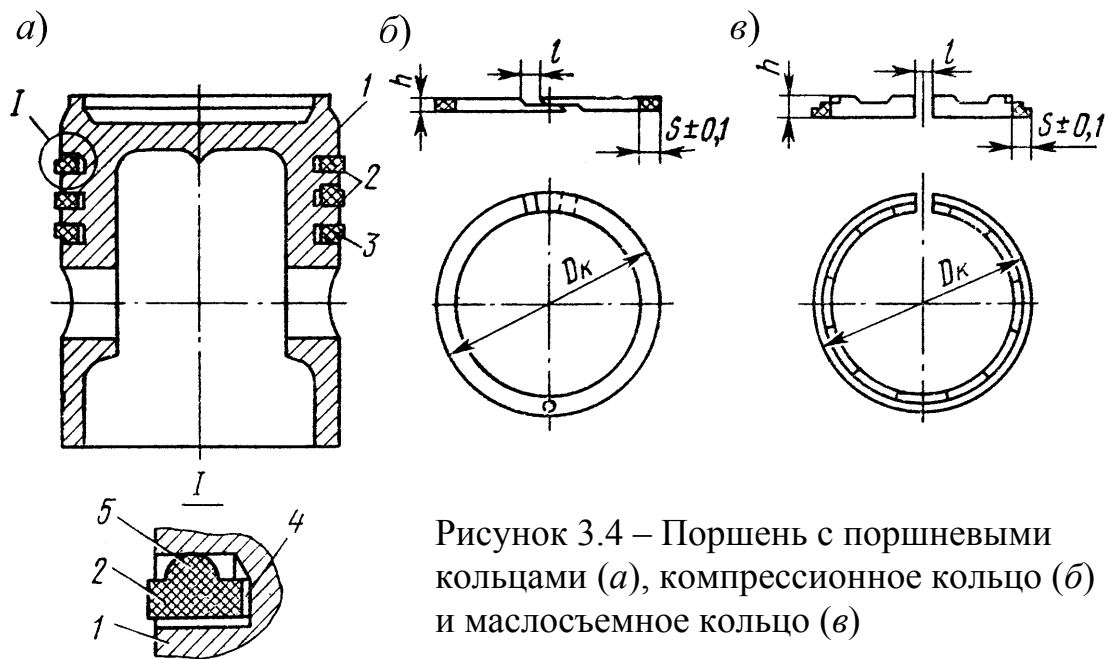


Рисунок 3.3 – Предохранительный клапан: 1 – седло; 2 – резиновая прокладка; 3 – фторопластовая прокладка; 4 – клапан; 5 – пружина; 6 – регулирующая гайка

чатый фильтр грубой очистки и подастся в сетчатый фильтр тонкой очистки, затем в корпус сальника, откуда по отверстиям в коленчатом валу попадает к шатунным подшипникам. Смазка опорных подшипников, верхних головок шатунов и цилиндров происходит за счет разбрызгивания. Для нормальной работы компрессора разность давлений в сальнике и картере должна быть в пределах 0,2...0,3 МПа. В фильтр тонкой очистки встроен перепускной регулирующий клапан, поддерживающий соответствующее давление. В картер фреоновых компрессоров встроен электроподогреватель масла. Подогрев позволяет выпарить фреон, растворившийся в масле во время длительной стоянки, и тем самым исключить отказ масляного насоса в результате вспенивания масла во время пуска компрессора.

Все аммиачные и низкотемпературные фреоновые компрессоры имеют водяное охлаждение нагнетательной полости цилиндров.





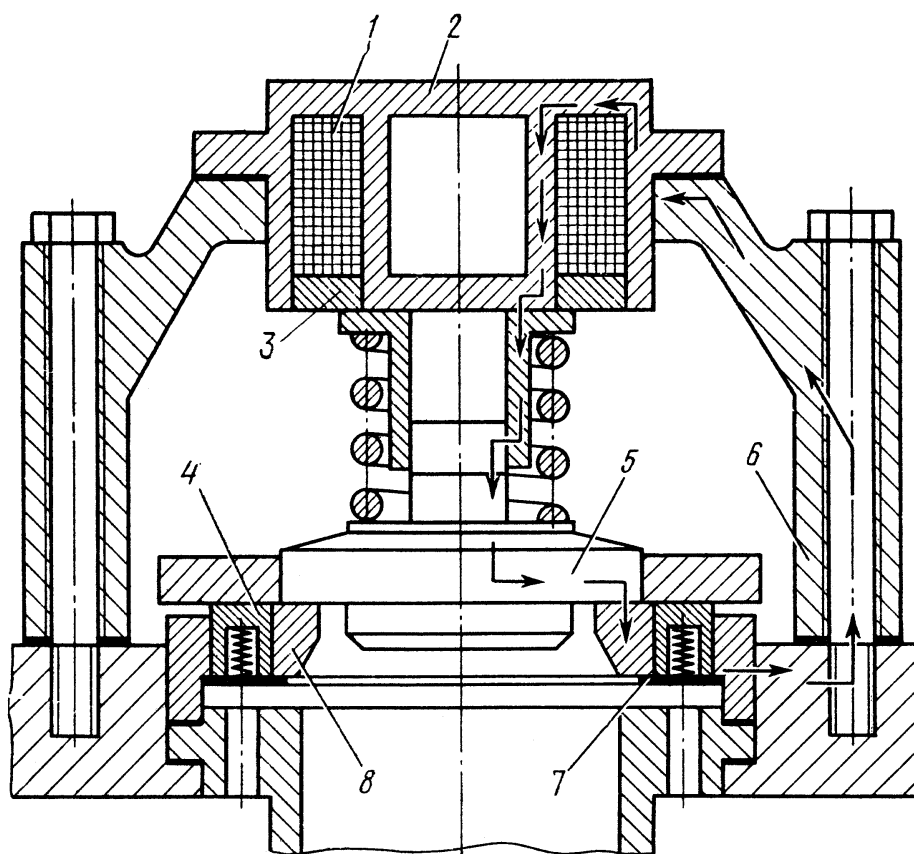


Рисунок 3.6 – Схема электромагнитного отжима пластины всасывающего клапана: 1 – катушка электромагнита; 2 – корпус электромагнита; 3, 4 – немагнитные вставки; 5 – нагнетательный клапан; 6 – проставка компрессора; 7 – пластина всасывающего клапана; 8 – корпус всасывающего клапана

Компрессоры выпускаются *без регулирования* и *с регулированием* производительности. Регулирование осуществляется отжимом пластин всасывающих клапанов.

Отжим пластин происходит за счет электромагнитного поля, сосредоточенного в зоне пластин, которое притягивает пластины к седлу клапана. Электромагниты размещены в верхних крышках цилиндров. Напряжение, подаваемое на катушку, составляет 36 В. При подаче тока на катушку электромагнита, образуется магнитное поле. Благодаря наличию в корпусах катушки и клапана вваренных вставок из немагнитной стали, магнитные силовые линии распространяются по схеме, изображенной на рис. 3.6. При всасывании, пластина всасывающего клапана прижимается к корпусу клапана и, замыкая магнитное поле между внешним и внутренним кольцами корпуса, остается в притянутом положении. При снятии напряжения с катушек клапан становится самодействующим. Направляющая нагнетательного клапана изготовлена из алюминия, что исключает замыкание магнитных силовых линий непосредственно через нагнетательный клапан.

Конструктивно компрессоры, предназначенные для работы на фреонах, отличаются от компрессоров, работающих на аммиаке, только сортом материала резинотехнических изделий и различным материалом приводной шестерни масляного насоса, а также отсутствием водяного охлаждения цилиндров. Кроме того, в компрессорах, работающих на фреоне, в одной из боковых крышек смонтирован нагревательный элемент, предотвращающий вспенивание масла во избежание срыва его подачи в систему при пуске компрессора после длительных стоянок при низких температурах окружающего воздуха.

### **3.2 Винтовые компрессоры**

Различают два типа **винтовых компрессоров**: компрессоры **сухого сжатия**, которые сжимают и нагнетают газ, не загрязненный маслом, т. е. в полость сжатия таких компрессоров масло не поступает, и **маслозаполненные** компрессоры, в полость сжатия которых подается большое количество масла. В холодильной технике применяются в основном маслозаполненные винтовые компрессоры. По сравнению с компрессорами сухого сжатия, маслозаполненные имеют преимущества: масло охлаждает сжимаемый газ и уплотняет зазоры между элементами компрессора, что уменьшает внутренние перетечки пара и повышает объемную подачу компрессора, а также снижает температуру пара при нагнетании, что позволяет упростить конструкцию компрессора, снизить частоту вращения, уменьшить шум, расширить область одноступенчатого сжатия, приблизить процесс к наиболее выгодному изотермическому, повысить надежность и долговечность компрессоров, осуществить полную их автоматизацию. К их недостаткам относится наличие развитой системы смазки, что приводит к увеличению массы и габаритов компрессорных агрегатов, повышению их стоимости. Винтовые компрессоры имеют преимущества и перед поршневыми: отсутствуют всасывающие и нагнетательные клапаны, возвратно-поступательно движущиеся части, нет трения между ротором и корпусом, что повышает их надежность и долговечность и увеличивает межремонтные сроки. Однако энергетическая эффективность винтовых маслозаполненных компрессоров несколько ниже, чем поршневых. С учетом перечисленных преимуществ и недостатков, по данным ВНИИхолодмаша, винтовые маслозаполненные компрессоры целесообразно применять в диапазоне холодопроизводительности от 400 до 1750 кВт. Разработан типоразмерный ряд винтовых компрес-

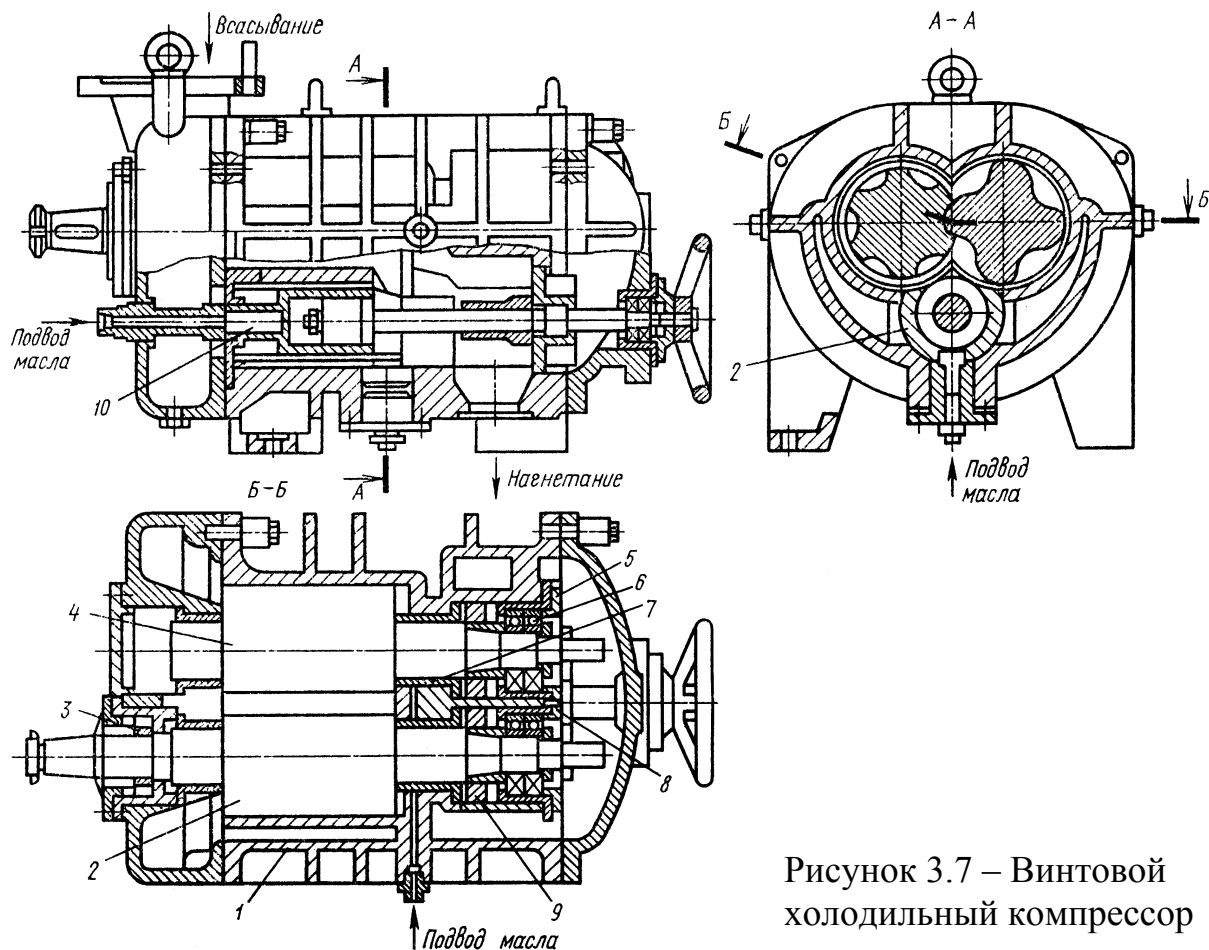


Рисунок 3.7 – Винтовой холодильный компрессор

соров, который включает в себя три базовые модели **5BX-350**, **6BX-700** и **7BX-1400** с наружными диаметрами роторов 200, 250 и 315 мм, отношением их длины к диаметру 1,35, что соответствует холодопроизводительности 350, 700, 1400 тыс. ккал/ч для аммиака при  $t_{\text{н}} = -15^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{к}} = +30^{\circ}\text{C}$  и частоте вращения  $50\text{ с}^{-1}$ .

Степень сжатия газа зависит от соотношения чисел зубьев. Обычно применяют соотношения чисел 4:6, а для наиболее высоких степеней сжатия — 6:8. Газ нагнетается, когда впадины, в которых он заключен, сообщаются с нагнетательным окном, расположенным с другой торцевой стенки корпуса. Наличие нескольких впадин и винтовое расположение их на роторах обеспечивает непрерывность подачи газа.

Компрессор состоит из корпуса, ведущего и ведомого роторов, регулятора производительности и сальника, рис.3.7. Корпус I компрессора — чугунный литой с одним вертикальным разъемом. В нем имеется рабочая полость с диагональным расположением окон всасывания и нагнетания. Окно нагнетания выполнено в сменной торцевой приставке разных размеров, что позволяет унифицировать корпус в компрессорах с различными геометрическими степенями сжатия: 2,6, 4,0 и 5,0. В цилиндрических рас-

точках корпуса находятся ведущий 2 и ведомый 4 роторы (винты), изготовленные из легированной конструкционной стали с зубчато-винтовыми лопастями. Ведущий ротор, соединенный с электродвигателем муфтой, имеет четыре выпуклых зуба, ведомый ротор, приводимый в движение давлением пара, сжимаемого в рабочих полостях, имеет шесть впадин. При вращении роторов профили зубьев взаимно обкатываются, не соприкасаясь друг с другом, что достигается точным выполнением профилей зубьев и синхронизирующей парой шестерен 8, которая удерживает валы ротора на определенном расстоянии друг от друга вследствие одинаковой угловой скорости их вращения и обеспечивает минимальные зазоры между профилями роторов (менее 1 мм), а также их крышками и расточкой корпуса: со стороны всасывания – 0,5 мм, со стороны нагнетания – 0,1 мм. Зазоры между ротором и цилиндрической поверхностью корпуса 0,25 мм. Опорами роторов служат подшипники скольжения 7 в виде бронзовых втулок с заливкой баббитом, воспринимающие радиальные нагрузки.

При работе, компрессора на роторах возникают большие радиальные и осевые нагрузки из-за значительной разности давлений нагнетания и всасывания, примерно 1,7...1,8 МПа. Осевые нагрузки, действующие на роторы, воспринимаются сдвоенными радиально-упорными шарикоподшипниками 6, установленными в стакане 5 с диаметральной зазором и не воспринимающими радиальных сил. Кроме подшипников 6 осевые нагрузки воспринимаются разгрузочным поршнем 9, который перемещается под давлением масла, подаваемого в полость перед поршнем. Вал ведущего ротора со стороны всасывания уплотняется сальником 3 торцового типа с графитовыми кольцами трения.

Принцип действия винтового компрессора следующий. При вращении роторов постепенно начиная от торца всасывания освобождаются впадины между зубьями. Эти впадины благодаря создаваемому в них разрежению заполняются паром, поступающим через окно всасывания из камеры всасывания. К моменту, когда одна из впадин ротора полностью освободится от заполнявшего ее зуба и объем впадины будет максимальным, она пройдет окно всасывания и на этом закончится процесс всасывания. Объем пара окажется заключенным между поверхностями роторов и корпуса. По мере вращения роторов зуб ведомого ротора начинает заполнять впадину ведущего ротора, уменьшая ее объем и тем самым сжимая пар. Затем впадина ведущего ротора соеди-

нится с соответствующей впадиной ведомого, образуя общую парную полость. Несколько позже последующий зуб ведущего ротора начинает заполнять рассматриваемую впадину ведомого, сжатие пара в парной полости ускоряется и происходит до того момента, когда полость подойдет к кромке окна нагнетания, и в момент, когда парная полость соединится с камерой нагнетания, начинается процесс нагнетания. Процессы всасывания, сжатия и нагнетания пара последовательно чередуются для каждой отдельно взятой парной полости, но благодаря непрерывному следованию полостей одна за другой с большой скоростью обеспечивается непрерывная подача пара компрессором.

Смазочное масло от насоса подается во всасывающую камеру и проходит вместе с паром через компрессор. Температура масла влияет на температуру нагнетания пара, которая даже при больших отношениях давлений не достигает высоких значений, и поэтому винтовые маслозаполненные компрессоры могут использоваться для получения низких температур в одноступенчатом цикле.

Конструкция винтового компрессора позволяет плавно регулировать производительность в пределах от 10 до 100 %. В нижней части цилиндра есть прорезь, в которой перемещается золотник  $10$  вдоль оси роторов с помощью электродвигателя через червячный редуктор. При крайнем положении золотника на стороне всасывания производительность компрессора будет номинальной. При перемещении золотника в сторону нагнетания рабочая длина роторов уменьшается и снижается производительность. Золотник также разгружает компрессор во время пуска для уменьшения пускового момента и снижения пусковых нагрузок. Золотник имеет и ручной привод с помощью маховика, расположенного на корпусе червячного редуктора.

### **3.3 Ротационные компрессоры**

Компрессор, в котором ротор (поршень) вращается относительно цилиндра, называется *ротационным*. По характеру движения ротора ротационные компрессоры разделяют на две основные группы—с *катящимся ротором* и с *вращающимся ротором*.

На рис. 3.8 изображена схема ротационного компрессора с катящимся ротором. По неподвижной поверхности цилиндра  $1$  катится ротор  $2$ , приводимый в движение валом с эксцентриком. Так как ось ротора смещена относительно оси цилиндра, то меж-

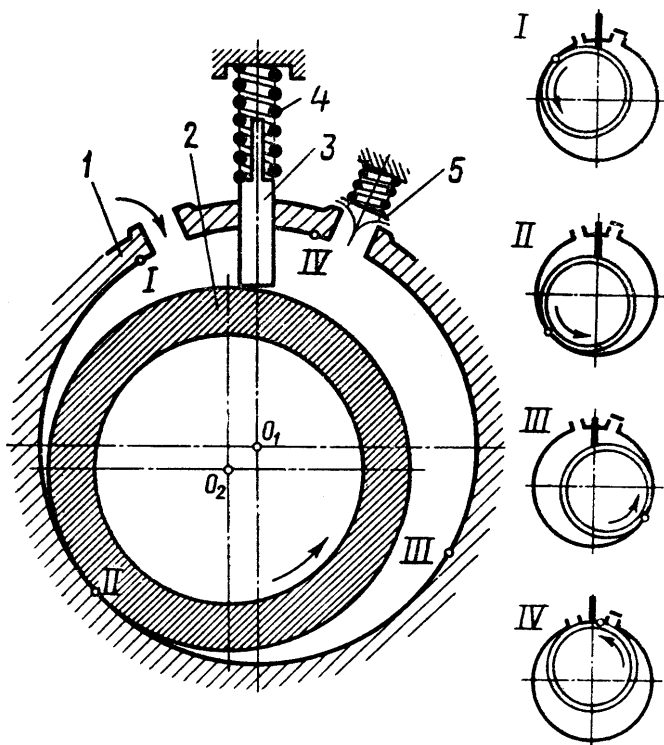


Рисунок 3.8 – Схема ротационного компрессора с катящимся ротором

ду цилиндром и ротором образуется серповидная полость, положение которой непрерывно меняется в зависимости от угла поворота ротора. Серповидная полость разделена пластиной (лопастью 3), плотно прижимаемой пружиной 4 к ротору, на две изолированные части — всасывающую и нагнетательную. Когда ротор находится в верхнем положении (I) и отжимает лопасть в паз, в цилиндре образуется одна серпообразная полость, заполненная парами хладагента. При дальнейшем вра-

щении ротора пластина под действием массы и силы пружины опускается (II), разделяя цилиндр на две изолированные полости. Объем серповидной полости, находящейся за ротором, увеличивается, и полость заполняется паром из всасывающего трубопровода. Процесс всасывания заканчивается, когда всасывающая полость занимает максимальный объем (III). По мере движения ротора объем полости перед ротором уменьшается, в результате чего пар сжимается; когда давление пара несколько превышает давление в нагнетательном трубопроводе (т. е. в конденсаторе), открывается нагнетательный клапан 5 и сжатый пар выталкивается в нагнетательный трубопровод IV.

Ротационный герметичный компрессор **ФГР-0,7** холодопроизводительностью 815 Вт с катящимся ротором показан на рис. 3.9. Компрессор с электродвигателем заключен в штампованный стальной кожух 2. Внутри цилиндра 14 размещен ротор 15, насаженный на эксцентриковый вертикальный вал 3. Вал опирается на два бронзовых подшипника 8 и 10. В левой части цилиндра находится лопасть 12 с пружиной 13, прижимающей лопасть к поверхности ротора. Нагнетательный пластинчатый клапан 1 помещен в нижней крышке. Компрессор уравновешен установкой на торцах ротора 6 двух противовесов 7. В нижнюю часть эксцентрикового вала, имеющего центральное отверстие, впрес-

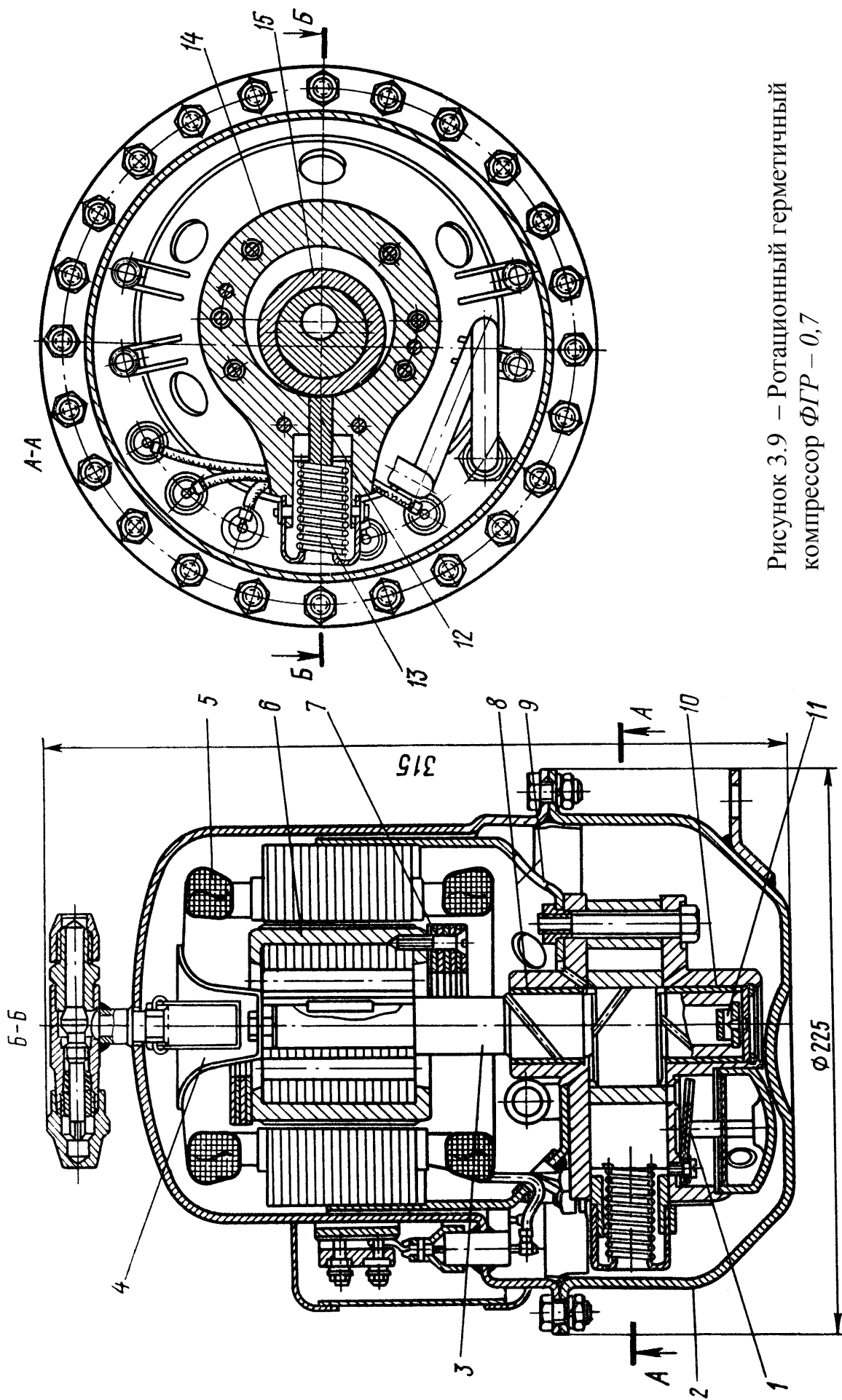


Рисунок 3.9 – Ротационный герметичный компрессор ФГР – 0,7



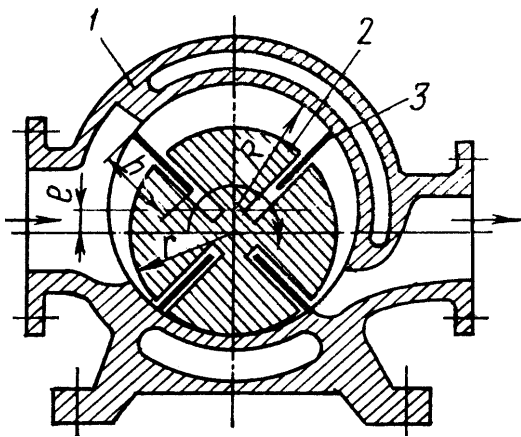


Рисунок 3.10 – Пластинчатый компрессор

сована втулка *11* с одним центральным и четырьмя радиальными отверстиями, выполняющая роль центробежного масляного насоса. Масло поднимается по центральному отверстию вала до средней части верхнего подшипника, откуда через радиальное сверление подается в спиральную канавку, по которой выбрасывается в чашку *9* для запрессовки статора, являющаяся маслосборником. Из чашки масло по трем каналам поступает в кольцевую канавку верхней части роторного подшипника, затем по спиральной канавке спускается в нижнюю кольцевую канавку и выводится в картер компрессора. В верхней части эксцентрикового вала болтом ротора электродвигателя крепится фигурная чашка *4*, служащая для отбоя масла. Это обеспечивает хорошее охлаждение обмоток *5* электродвигателя и предотвращает попадание масла в зазор между статором и ротором.

На рис. 3.10 изображена схема компрессора с вращающимся ротором *2* в неподвижном цилиндре или корпусе *1*. Ось вращения ротора смещена относительно оси цилиндра. В роторе имеются прорези, в которых скользят пластины *3*. При вращении ротора пластины под действием центробежной силы выталкиваются из прорезей и упираются в поверхность цилиндра, затем вновь занимают первоначальное положение. Пространство между цилиндром и ротором делится пластинами на отдельные камеры, наибольший объем которых — в верхней части цилиндра, наименьший — в нижней части. Пар из всасывающего трубопровода захватывается пластинами и сжимается в камерах между пластинами. Когда камера достигает нагнетательного окна, пар выталкивается через окно в нагнетательный трубопровод. Ротационные пластинчатые аммиачные компрессоры в настоящее время применяют в качестве поджимающих для получения низких температур в двухступенчатой установке. Промышленность выпускает пластинчатый ротационный аммиачный компрессор *P90-7-6*, рис. 3.11.

Цилиндр *1* и торцовые крышки *5* и *10* компрессора — чугуновые, литые, с водяными охлаждающими рубашками *4*. Ротор *2* представляет собой чугуновый барабан, напрессованный на сталь-

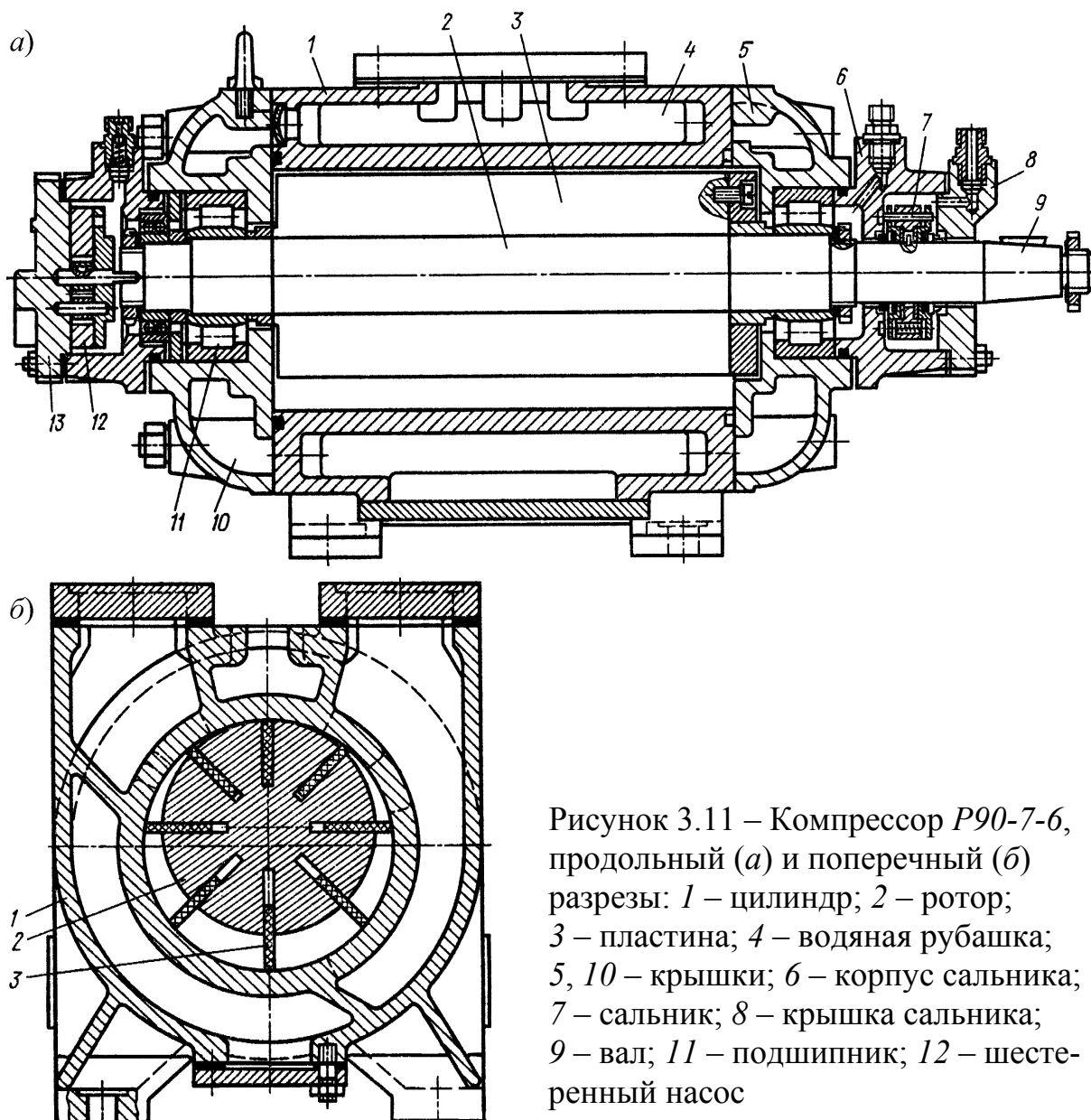


Рисунок 3.11 – Компрессор P90-7-6, продольный (а) и поперечный (б) разрезы: 1 – цилиндр; 2 – ротор; 3 – пластина; 4 – водяная рубашка; 5, 10 – крышки; 6 – корпус сальника; 7 – сальник; 8 – крышка сальника; 9 – вал; 11 – подшипник; 12 – шестеренный насос

ной вал 9. По всей длине ротора профрезерованы пазы под пластины 3 из асботекстолита. Вал опирается на радиальные роликоподшипники 11. Выходной конец вала уплотняется с помощью сальника трения 7, установленного в корпусе 6. Сальник закрыт крышкой 8. Пара трения — графит-сталь. Клапанов в компрессоре нет, пары аммиака всасываются и нагнетаются через окна цилиндра. Смазка компрессора осуществляется от шестеренчатого насоса 12, смонтированного на компрессоре и приводимого в действие от его вала. Насос закрыт крышкой 13.

Ротационные компрессоры по сравнению с поршневыми имеют ряд преимуществ: значительно меньшие габаритные размеры и массу, отсутствие всасывающих, а часто и нагнетательных клапанов; хорошую уравновешенность, что дает возможность отказаться от фундаментов, устанавливать компрессоры на

верхних этажах зданий и применять их в транспортных установках. Вследствие небольшого количества движущихся частей, подвергающихся износу и поломке, ротационные компрессоры надежны в эксплуатации даже при работе «влажным ходом» и просты в обслуживании. Существенный их недостаток по сравнению с поршневыми компрессорами — необходимость большой точности изготовления, так как высокий к.п.д. этих машин можно обеспечить при минимальных неплотностях между ротором и торцами цилиндра или пластинами и стенками.

#### **4 Лабораторная работа №4. Конструкции аппаратов пароконденсаторных холодильных машин (агрегатов)**

В холодильной технике различают основные и вспомогательные аппараты. К основным теплообменным аппаратам компрессионных холодильных машин относят конденсаторы и испарители, к вспомогательным — теплообменные и другие аппараты, обеспечивающие стабильность, безопасность, а также повышенную энергетическую эффективность работы холодильных машин и установок. Например, к вспомогательным аппаратам шахтных холодильных машин относят ресиверы, регенеративные теплообменники, фильтры, осушители.

##### **4.1 Конденсаторы**

Конденсаторы — теплообменные аппараты, в которых осуществляется процесс превращения холодильного агента из газообразного состояния в жидкое.

По способу отвода теплоты конденсаторы фреоновых холодильных машин бывают с *водяным, испарительным* и *воздушным* охлаждением. В схемах шахтных холодильных машин используют преимущественно горизонтальные кожухотрубные конденсаторы типа *КТР* с водяным охлаждением.

Кожухотрубный конденсатор типа *КТР*, рис. 4.1, состоит из стального кожуха 5, к торцам которого приварены трубные решетки 1. В отверстиях трубных решеток развальцованы медные оребренные трубки 4, внутри которых движется охлаждающая вода. Трубные решетки закрыты крышками 3 с перегородками, обеспечивающими многоходовой (от 2 до 8 ходов) поток охлаждающей воды. На одной из крышек имеются два патрубка: нижний для подвода охлаждающей, верхний — для отвода нагретой воды. Сверху или сбоку на кожухе имеются патрубок с фланцем для подвода газообразного хладагента из компрессора, предохра-

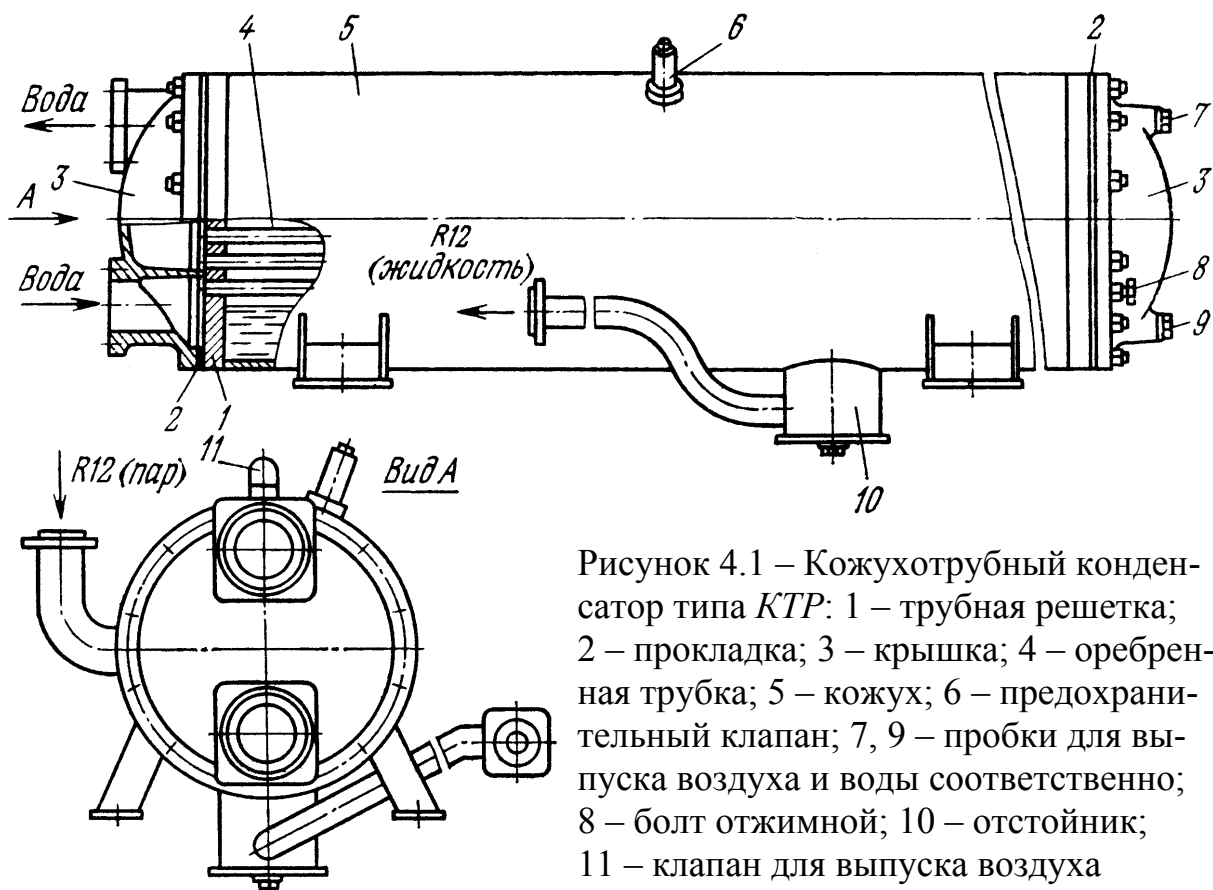


Рисунок 4.1 – Кожухотрубный конденсатор типа *KTP*: 1 – трубная решетка; 2 – прокладка; 3 – крышка; 4 – оребренная трубка; 5 – кожух; 6 – предохранительный клапан; 7, 9 – пробки для выпуска воздуха и воды соответственно; 8 – болт отжимной; 10 – отстойник; 11 – клапан для выпуска воздуха

нительный клапан 6, а также клапан 11 для выпуска воздуха. Снизу к кожуху приварены отстойник и патрубок для отбора жидкого хладагента. Пары поступают в межтрубное пространство, жидкий хладагент собирается в нижней (ресиверной) части кожуха. Для контроля за уровнем жидкости конденсаторы снабжают указателями уровня.

Теплопередающая поверхность фреоновых конденсаторов типа *KTP* выполнена из медных труб с размерами до оребрения  $20 \times 3$  мм и коэффициентом оребрения  $\beta = F_H / F_{ВН} = 3,64$ .

В последнее время для фреоновых кожухотрубных конденсаторов используют медные оребренные трубы из заготовки  $16 \times 2$  мм с коэффициентом оребрения 3,99. Такие трубы установлены, например, в конденсаторах *KTP-25* (кондиционер *KПШ-90*).

Особенности конструкции кожухотрубных конденсаторов для холодильных машин с центробежными компрессорами обусловлены большими массовыми расходами холодильного агента. В целях равномерного распределения пар холодильного агента подают в конденсатор через коллектор, присоединенный к аппарату в нескольких сечениях по длине, или через распределительную решетку.

Марка конденсатора типа *КТР* (например, *КТР-50*) расшифровывается следующим образом: *К* — конденсатор, *Т* — трубчатый, *Р* — ребристый; цифры после букв показывают величину наружной теплообменной поверхности в м<sup>2</sup>.

Коэффициенты теплопередачи конденсаторов зависят от конструкции теплообменной поверхности, скорости движения охлаждающей воды и других факторов. Для конденсаторов типа *КТР-300* (холодильная машина *ХТМФ-235М-2000*)  $k = 3,0 \dots 3,5$  кВт/(м<sup>2</sup>·К).

## 4.2 Испарители

По характеру заполнения холодильным агентом испарители делят на *затопленные* и *незатопленные*.

В кожухотрубных испарителях затопленного типа холодильный агент кипит в межтрубном пространстве, а охлаждаемая жидкость протекает в трубах. По сравнению с другими аппаратами они менее подвержены коррозии, так как имеют закрытую циркуляционную систему хладоносителя, более компактны, обладают относительно высокой тепловой эффективностью. Недостаток — опасность замерзания хладоносителя в трубах в случае нарушений его протока.

Фреоновые холодильные машины комплектуют кожухотрубными испарителями типа *ИТР*. Конструктивно эти испарители аналогичны кожухотрубным конденсаторам типа *КТР*.

Парожидкостная смесь от регулирующего вентиля подводится снизу в межтрубное пространство аппарата. В верхней части испарителя предусмотрено свободное от труб пространство, которое служит сепаратором для отделения пара от частиц увлекаемой им жидкости.

Испарители снабжены предохранительным клапаном, указателем уровня жидкости, мановакуумметрами для определения давления и температуры кипения. Для снижения потерь холода наружная поверхность испарителя покрывается теплогидроизоляцией.

Для фреоновых испарителей, работающих на *R12* (*ИТР-1800*, *ИТР-600*), коэффициент теплопередачи в зависимости от условий кипения составляет 0,8 ... 1,4 кВт/(м<sup>2</sup>·К) при плотности теплового потока  $q_F = 4 \dots 10$  кВт/м<sup>2</sup>. Для испарителей, работающих на *R22*, при скорости хладоносителя 1,0...1,5 м/с и средней разности температур  $\Delta t = 4 \dots 6$  °С  $q_F = 3,3 \dots 7,9$  кВт/м<sup>2</sup>.

В кожухотрубных испарителях незатопленного типа холодильный агент кипит внутри труб, а хладоноситель движется в межтрубном пространстве. В кожухе такого испарителя предусмотрены поперечные сегментообразные перегородки, обеспечивающие повышенную скорость хладоносителя (0,3 ... 0,8 м/с) и поперечное обтекание хладоносителем пучка труб.

Трубы, образующие теплообменную поверхность испарителя, изготавливают из меди. Размер труб 20×1,5 или 16×1,0 мм. Внутри труб запрессованы восьми- или десятиканальные алюминиевые сердечники, рис. 4.2. Коэффициент оребрения для труб размером 20×1,5 мм составляет 2,52, а для труб размером 16×1,0 мм — 2,21.

Испарители с внутритрубным кипением холодильного агента применены в шахтных холодильных машинах *КШ 220-2-1* и *21 ШМКТ 820-2-0*. Они позволяют получить низкие конечные температуры хладоносителя, не опасаясь его замерзания и возможного разрыва труб. Вода в таких аппаратах может охлаждаться до 1—2 °С. Однако эти испарители надежно работают только при достаточно полном заполнении трубок жидким холодильным агентом.

Испарители для охлаждения воздуха бывают двух видов — с *естественной циркуляцией* воздуха и с *принудительной*, создаваемой с помощью вентилятора. Испарители с естественной циркуляцией применяют преимущественно для комплектации машин торгового холодильного оборудования.

По конструктивным признакам испарители делят на *ребристотрубные*, *гладкотрубные*, *листочковые* или листопрокатные и *панельные*. Во фреоновых холодильных машинах получили распространение ребристотрубные испарители, изготовляемые из труб, оребренных различными способами. Оребрение труб делают для увеличения наружной теплопередающей поверхности. В большинстве случаев применяют оребрение нескольких труб плоскими сплошными ребрами прямоугольной формы.

Испарители собирают из нескольких ребристотрубных секций. Концы трубок соединяют калачами. Для изготовления секций применяют трубы из меди МЗ диаметром 12, 16, 18 и 20 мм с толщиной стенки 1 мм. Ребра штампуют из алюминиевой ленты толщиной 0,5 мм или латунной ленты толщиной 0,4 ... 0,5 мм. Шаг ребер для испарителей, работающих при температурах кипения ниже 0°С, 8 ... 15 мм, а при температурах кипения выше 0°С

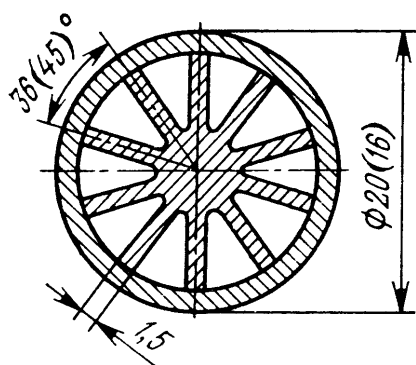


Рисунок 4.2 – Трубка с внутренним оребрением

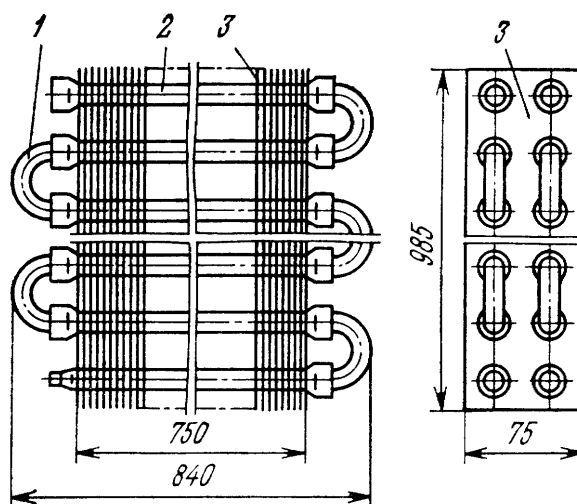


Рисунок 4.3 – Секция ребристотрубного испарителя (кондиционер КППШ-90): 1 – калач; 2 – трубка медная; 3 – латунное ребро

— 3 ... 5 мм. Места соединения труб с калачами пропаивают медно-фосфорным припоем или латунью.

Шахтные передвижные кондиционеры типа *КППШ* снабжены ребристотрубными испарителями с принудительным движением воздуха. Секция такого испарителя показана на рис. 4.3.

### 4.3 Вспомогательные аппараты

**Ресиверы** — стальные цилиндрические сосуды, используемые как емкости для жидкого холодильного агента. К корпусу ресивера приваривают патрубки для присоединения его к системе холодильной машины и установки необходимых запорных вентилей. Ресиверы крупных холодильных установок снабжаются предохранительным клапаном, указателем уровня, смотровым люком, патрубком для присоединения уравнительной линии.

В зависимости от выполняемых функций различают ресиверы *линейные* и *дренажные*.

**Линейные ресиверы** устанавливают между конденсатором и регулирующим вентилем. Они служат для компенсации различия в заполнении испарителя жидкостью при изменении тепловой нагрузки, освобождения конденсатора от жидкости, а также хранения запаса жидкого холодильного агента, необходимого для компенсации утечек в системе холодильной машины.

**Дренажные ресиверы** необходимы для слива жидкого холодильного агента из аппаратов и трубопроводов, как при эксплуатации, так и перед ремонтом. Дренажный ресивер должен вмещать жидкий холодильный агент из любого аппарата или из наиболее емкого испарителя.

Во фреоновых холодильных машинах в качестве дренажного применены ресиверы *РУФ1*. Вместимость их подбирают исходя из количества холодильного агента, заправленного в одну машину и расходуемого на пополнение всей холодильной станции в течение квартала. Заполнение и опорожнение ресивера осуществляют обычно передавливанием хладагента в соответствующие аппараты холодильной машины. Для этой цели можно применять также вспомогательные фреоновые холодильные агрегаты, соединенные трубами с ресивером и аппаратами основной холодильной машины. Внутренняя поверхность ресивера обрабатывается с целью придания ей свойств химической пассивности.

**Регенеративные теплообменники** используют в системах фреоновых холодильных машин с поршневыми и винтовыми компрессорами.

В теплообменнике осуществляются процессы перегрева паров, поступающих в компрессор из испарителя, и переохлаждение жидкости, движущейся из конденсатора к регулирующему вентилю. По конструктивному исполнению различают регенеративные теплообменники типа «труба в трубе», кожухозмеевиковые и кожухотрубные.

Кожухозмеевиковый теплообменник представляет собой стальную трубу с двумя сферическими днищами, в которой установлен змеевик из медной трубы. При работе холодильной машины по змеевику движется жидкость, а в межтрубном пространстве — пар, отсасываемый компрессором из испарителя. Движение пара направлено в противоток движению жидкости.

**Осушители** применяют во фреоновых холодильных машинах для поглощения влаги из жидкого холодильного агента. В качестве поглотителей влаги (адсорбентов) используют высушенные *силикагель* или *цеолит*. Количество цеолита в осушителе при эксплуатации должно быть не менее 2 г на 1 кг фреона, содержащегося в холодильной машине. Для предотвращения уноса мелких частиц адсорбента в систему осушители обычно выполняют совместно с фильтром (фильтр-осушитель). В холодильных машинах холодопроизводительностью до 110 кВт в фильтрах-осушителях распространены сетки из латуни, а в машинах большой производительности — из коррозиестойкой стали или оцинкованные из углеродистой стали. Последние устанавливают в два слоя (жидкостные фильтры) или в один (фильтры-осушители).

**Фильтр-осушитель** размещают на жидкостной линии после конденсатора.



**Фильтры**, применяемые в холодильных машинах, делят на *газовые, жидкостные* и *масляные*. Они служат для защиты дроссельных приборов и трущихся поверхностей компрессоров, а также приборов автоматического регулирования от механических загрязнений — окалины, опилок, продуктов коррозии и т. п.

Газовые фильтры устанавливают на всасывающей линии перед входом паров холодильного агента в компрессоры, жидкостные — на трубопроводе после конденсатора или ресивера непосредственно перед регулирующим вентилем, а масляные — в системах смазки компрессора.

В жидкостных фильтрах, предназначенных для аммиачных и фреоновых холодильных машин, каркас изготовляют из стальной бесшовной трубы со стенкой толщиной 0,8 мм и отверстиями диаметром 10 мм. На трубе закрепляют мелкую металлическую сетку.

## **5 Лабораторная работа № 5. Оборудование станции холодильных машин**

В состав *станции холодильных машин*, расположенной в специальном здании или подземной камере, входят не менее двух *холодильных машин* (одна из которых резервная), *ресиверная станция* и *вспомогательное оборудование*.

В блоке со зданием холодильной станции располагают специальный *рассольный резервуар*, содержащий отсеки для разрыва рассольной циркуляционной системы, приготовления рассола и хранения запаса соли.

В состав *ресиверной станции* входят: *вспомогательный компрессорно-конденсаторный холодильный агрегат*, *ресиверы*, *воздушный компрессор*, *фильтр-осушитель* для сжатого воздуха, *вакуум-насос*, *фильтр-осушитель хладагента*, *установка для очистки масла*, *зарядный коллектор* для подсоединения баллонов с хладагентом и *система трубопроводов с запорной арматурой*. Тип и количество оборудования определяют в зависимости от типа и количества холодильных машин.

*Вспомогательный компрессорно-конденсаторный холодильный агрегат АК-ФУ40* служит для отсоса хладагента из баллонов, конденсации и слива его в ресивер или испаритель, захлаживания машины перед пуском, понижения давления в ресивере, эвакуацию хладагента из машины в ресивер или обратно. Он состоит из поршневого компрессора *ФУ-40*, конденсатора

*КТР-25*, электродвигателя *АОП2-72-4*, приборов автоматической защиты — реле давления *РД* и контроля смазки типа *РКС*.

Для хранения хладагента предназначены *ресиверы* типа *РЛ* вместимостью от 2 до 6 м<sup>3</sup> (не менее двух).

*Винтовой воздушный компрессор ВК-25* служит для создания давления при испытании фреоновой системы на герметичность.

*Вакуум-насос* типа *ВН* используют для осушки системы хладагента от влаги и вакуумирования ее перед заполнением.

*Фреоновый фильтр-осушитель* служит для осушки хладагента от влаги. Он имеет форму вертикального сосуда со съемной крышкой, позволяющей производить очистку фильтрующего элемента и замену осушающего стакана.

*Маслоочистительная установка ПСМ1-3000* производительностью 3000 л/ч предназначена для регенерации отработанного масла.

*Вспомогательное оборудование* холодильной станции включает в себя насос для приготовления рассола и маслостанцию для централизованной раздачи чистого масла. В здании холодильной станции размещены маслобаки холодильных машин и емкость для сбора отработанного масла, а так же насос для подачи воды к вспомогательному фреоновому агрегату.

## **6 Лабораторная работа № 6. Теплообменные аппараты**

К теплообменным аппаратам стационарных установок кондиционирования воздуха относятся *теплообменники высокого давления, воздухо- и водоохладители*.

*Теплообменники высокого давления (ТВД)* устанавливаются в шахте, для передачи теплоты от воды (*вторичного хладоносителя*), циркулирующей между *ТВД* и воздухоохладителями, к *первичному хладоносителю* (рассолу или воде), циркулирующему между испарителями холодильных машин и *ТВД*. Последние можно применять также для передачи теплоты от охлаждающей воды, циркулирующей между конденсаторами холодильных машин и *ТВД*, к воде, циркулирующей между *ТВД* и градирней, находящейся на поверхности шахты.

*ТВД* набирают из отдельных типовых *кожухотрубных секций* (элементов) из расчета необходимой холодильной мощности. Каждая секция представляет собой кожухотрубный теплообменный аппарат с диаметром кожуха 374 мм. Наружный диаметр теплообменных трубок 20 мм, внутренний 16 мм, общая поверх-

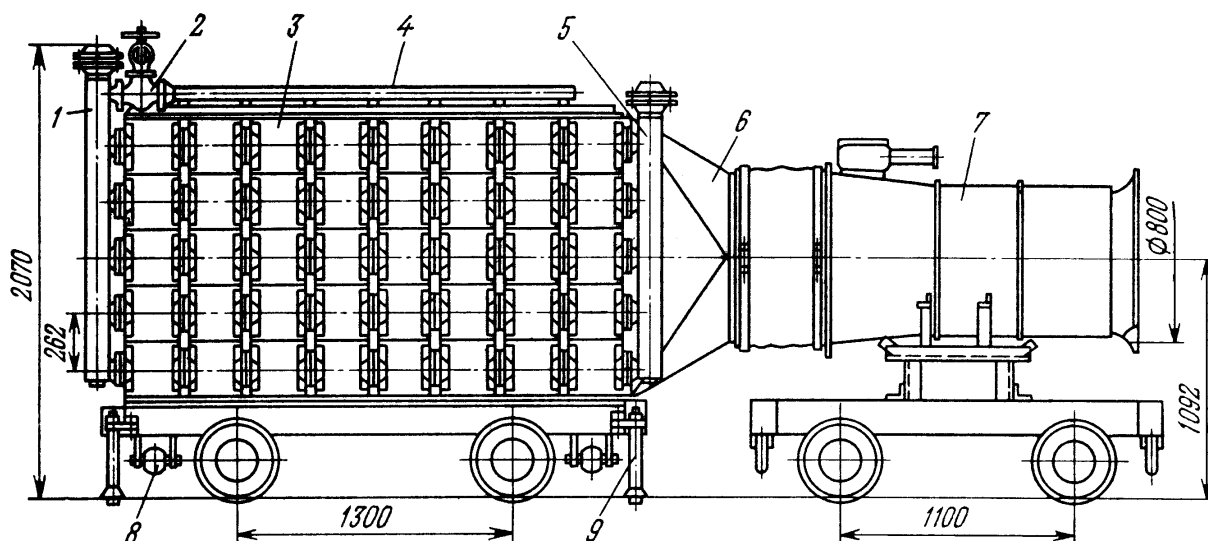


Рисунок 6.1 – Шахтный агрегатированный воздухоохладитель типа АРВЭ: 1, 5 – коллекторы для подвода и отвода хладоносителя соответственно; 2 – вентиль для подачи промывочной воды; 3 – секция; 4 – промывочный коллектор; 6 – диффузор; 7 – вентилятор; 8 – каток; 9 – домкрат

ность теплообмена одной секции  $79,7 \text{ м}^2$ . Допустимое давление в корпусе 2,5 МПа, в трубах — 17,5 МПа.

**Воздухоохладители** — теплообменные аппараты, в которых происходит процесс теплообмена между охлаждаемым воздухом и хладоносителем (водой). В зависимости от места размещения воздухоохладители разделяют на *стационарные*, *агрегатированные* (передвижные) и *лавные*.

Стационарные и агрегатированные воздухоохладители собирают из *типовых ребристых трубных секций*. Секция состоит из 20 трубок, объединенных поперечными пластинами (ребрами). Диаметр трубки 20 мм, расстояние между ребрами 7 мм. Концы трубок приварены к трубным решеткам.

*Стационарные* воздухоохладители применяют при центральной схеме охлаждения воздуха на поверхности шахты. Их собирают из типовых секций непосредственно на месте установки.

*Агрегатированные* воздухоохладители, рис. 6.1, устанавливают в горных выработках на тележке, оборудованной типовыми вагонеточными скатами, комплектуют вентиляторами местного проветривания с электро- или пневмоприводом.

*Лавные* воздухоохладители, предназначенные для рассредоточенного охлаждения воздуха в очистных забоях, устанавливают на почве или подвешивают к крепи. Холодная вода подается по гибкому трубопроводу, проложенному вдоль очистного забоя.

**Водоохладители** — теплообменные аппараты, предназна-

ченные для охлаждения конденсаторной воды.

При размещении холодильных машин на поверхности охлаждения конденсаторной воды производят в типовых секционных вентиляторных *градирнях*. Число секций зависит от мощности холодильной станции и составляет в большинстве случаев от двух до пяти.

*Градирня* состоит из *водосборного бассейна* с трубопроводами (подземная часть) и *каркаса* с технологическим оборудованием и *вентиляторными установками* (наземная часть).

При размещении холодильных машин в горных выработках в системах оборотного водоснабжения конденсаторов применяют *форсуночные водоохладители* с горизонтальной камерой орошения, состоящий из *оросителя*, *каплеуловителя* и *поддона* для сбора охлажденной воды. *Ороситель* представляет собой трубчатый коллектор с *форсунками*. Последние располагают в один ряд по сечению камеры орошения в шахматном порядке. Для осмотра и замены форсунок конструкцией водоохладителя предусмотрен доступ в камеру орошения. Часть сечения водоохладителя, предназначенного для прохода транспортных средств и людей, выполняют свободной от форсунок. Свободное сечение водоохладителя перекрыто вентиляционными дверями, а проход по периметру отделен от камеры орошения герметичной перегородкой.

Участок горной выработки, занятый под водоохладитель, включая водосборник охлажденной воды, бетонируют и гидроизолируют.

Для улавливания капель воды, выносимых потоком воздуха из камеры орошения, водоохладитель оборудован *каплеуловителем* лабиринтного типа (при скорости воздуха до 3 м/с) или *динамическим водоотделителем* пропеллерного типа (при скорости воздуха более 3 м/с).

## **7 Лабораторная работа № 7. Передвижные холодильные агрегаты и кондиционеры**

Передвижные шахтные установки кондиционирования воздуха не имеют стационарных фундаментов, могут при необходимости передвигаться и размещаться в различных горных выработках. В общем случае в их состав входят генераторы холода, воздухоохладители, средства для доставки холодоносителя, средства для отвода теплоты конденсации, средства энергоснабжения.

Таблица 7.1 - Технические характеристики передвижных установок

Наименование установки	КШ220-2-1	21ШМКТ20-2-0	КПШ-90
Холодильная мощность, кВт	314	1000	105
Температура воды, °С:			
на выходе из испарителя	+5	+4	
на входе в конденсатор	+40	+35	
Расход, м <sup>3</sup> /ч:			
холодоносителя	65	93	
охлаждающей воды	95	140	
Потребляемая электрическая мощность, кВт	112	408	36
Установленная мощность, кВт	132	500	
Напряжение питания, В	660	6000	380/660
Холодильный агент	R22	R22	R12
Смазочное масло	ПФГОС-4	ХС40	ХФ12-16
Заправляемая масса, кг:			
холодильного агента	170	500	
масла	20	600	
Масса, кг	8500	20800	3000

**Передвижные кондиционеры** предназначены для местного охлаждения воздуха и отличаются тем, что не имеют жидких холодоносителей.

### 7.1 Водохлаждающая машина КШ220-2-1

Передвижная шахтная установка для кондиционирования воздуха **КШ220-2-1** предназначена для охлаждения воды и рассчитана на размещение в горных выработках. Расшифровка обозначения: **КШ** — машина шахтная для кондиционирования воздуха; **220** — номинальная холодопроизводительность в тыс. ккал/ч при температуре кипения 15 °С и конденсации 30 °С; **2** — работает на R22; **1** — высокотемпературный (от +15 до –15 °С) диапазон рабочих температур.

Водохлаждающая машина **КШ220-2-1** состоит из двух отдельных блоков: **компрессорного** и **аппаратного**, и аппаратуры автоматизации “**Холод 250-2-1**”, которая поставляется в виде отдельных блоков и монтируется на месте эксплуатации. Оборудование компрессорного и аппаратного блоков смонтировано на рамах, выполненных в виде салазок. Компрессорный блок содержит компрессор, соединенный эластичной муфтой с электродвигателем, щит приборов с манометрами и приборами защиты. В

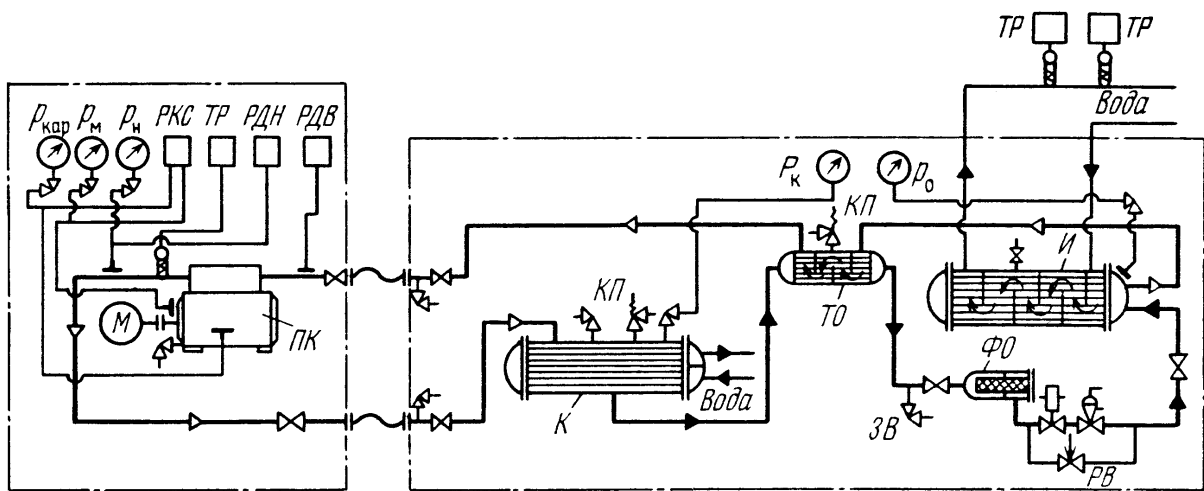


Рисунок 7.1 – Схема машины КШ220-2-1

аппаратном блоке находятся конденсатор, испаритель с теплообменником, фильтр-осушитель, трубопроводы с арматурой, мановакуумметры и термореле системы регулирования температуры холодоносителя.

В машине используется поршневой компрессор **П220-12-1Ш** с приводом от электродвигателя **ВАО-280S-4У2-5**.

**Испаритель ИТШ-45** — горизонтальный, кожухотрубный, с внутренним оребрением трубок, наружная поверхность теплообмена  $46,6 \text{ м}^2$ , наружный диаметр медных трубок 20 мм, толщина стенки 1,5 мм. Потери давления при расходе охлаждаемой воды  $70 \text{ м}^3/\text{ч}$  составляет 0,07 МПа. В трубки вставлены алюминиевые сердечники, образующие в каждой трубке 10 внутренних каналов. Концы трубок развальцованы в стальных трубных решетках, приваренных к корпусу. На входе хладагент разбрызгивается двумя форсунками. В межтрубном пространстве размещены поперечные перегородки. На крышке с патрубками расположены вентили для присоединения уравнильной трубки **ТРВ**, вакуумметра и предохранительного клапана, настраиваемого на давление 1,6 МПа.

**Теплообменник** — горизонтальный, кожухотрубный, с внутренним оребрением медных трубок и наружной поверхностью теплообмена  $7,14 \text{ м}^2$ , приварен к испарителю и конструктивно является его частью.

**Конденсатор КХШ-110** — горизонтальный, кожухотрубный, двухходовой, наружная поверхность теплообмена  $113 \text{ м}^2$ . Потери давления при расходе охлаждающей воды  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  составляет 0,07 МПа. Нижняя часть конденсатора свободна от трубок и является ресивером.

*Контрольно — измерительные приборы* стандартных типов расположены на компрессорном и агрегатном блоке.

Принцип действия холодильной машины *КШ220-2-1* аналогичен холодильной машине *МФ220-1РШ*. Отличия состоят в том, что хладагент кипит в трубках испарителя, а холодоноситель движется в межтрубном пространстве. Кроме того, регулирование подачи жидкости в испаритель осуществляется терморегулирующим вентилем *22ТРВ-400*, автоматическое регулирование холодильной мощности обеспечивается в пределах 100 ... 50 % номинального значения.

## **7.2 Водоохлаждающая машина 21ШМКТ820-2-0**

Шахтная передвижная водоохлаждающая машина **21ШМКТ 820-2-0** по назначению, компоновке и принципу действия аналогична машине *КШ220-2-1*. Отличается типом компрессора, мощностью, системой смазки и наличием узлов, присущих машинам с винтовым компрессором. Расшифровка обозначения: *21* — модификация; *Ш* — шахтная; *МКТ* — машина холодильная одноступенчатая для охлаждения жидкого холодоносителя с водяным охлаждением конденсатора; *820* — номинальная холодильная мощность, кВт, при температуре кипения  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и конденсации  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; *2* — работает на *R22*; *0* — рабочий диапазон температур кипения от  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Компрессорный блок* содержит винтовой компрессор, соединенный муфтой с электродвигателем мощностью 500 кВт, маслоотделитель, маслоохладитель, масляный насосный агрегат, газовый и масляный фильтры, предохранительный клапан, щит приборов с манометрами и приборами защиты, трубопроводы с арматурой. В аппаратном блоке находятся конденсатор, испаритель, фреоновый теплообменник, фильтр-осушитель, терморегулирующие вентили, соленоидные вентили, предохранительный клапан, трубопроводы с арматурой.

Компрессор **21ВХ820-2-0** — *винтовой*, сальниковый, маслозаполненный, с ручным регулированием подачи. Максимальный перепад давлений 1,76 МПа, частота вращения ведущего ротора  $49,3\text{ с}^{-1}$  (2960 об/мин), расход масла 280 л/мин; степень сжатия — до 17; пределы регулирования холодильной мощности 100 ... 25 %. Осевые нагрузки воспринимаются сдвоенными радиально-упорными шарикоподшипниками. Часть осевых нагрузок, действующих на ведущий ротор воспринимается разгрузочным поршнем. Плавное регулирование подачи осуществляется золот-

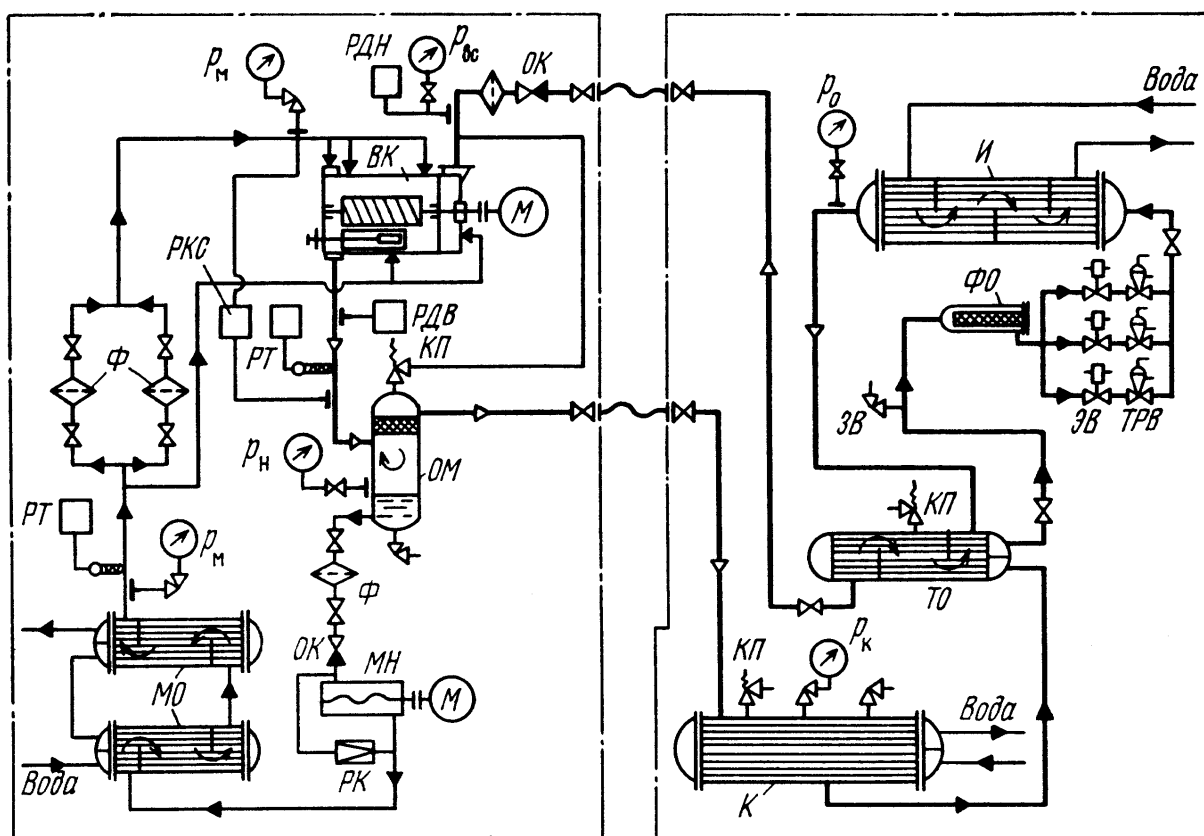


Рисунок 7.2 – Схема машины 21ШМКТ820-2-0

никовым регулятором, который является частью поверхности цилиндрических расточек, в которых вращаются роторы. Золотник, перемещаясь вдоль их оси с помощью винтового привода, уменьшает рабочую длину роторов, перепуская на всасывание часть пара, попавшую в парную полость до начала сжатия.

Масляный насос производит принудительную смазку роторов, золотника, разгрузочного устройства, подшипников, торцового уплотнения вала ведущего ротора. Маслоотделитель отделяет масло от хладагента в двух ступенях — с помощью циклона и пакета сеток. Масляные фильтры осуществляют тонкую очистку, задерживая твердые частицы размером свыше 0,04 мм. Двухсекционный кожухотрубный маслоохладитель снабжен штуцером для слива масла, по его трубкам движется охлаждающая вода, а масло — в межтрубном пространстве.

Газовый фильтр очищает от механических примесей крупностью свыше 0,18 мм пары хладагента на входе в компрессор.

На приборном щите расположены приборы защиты, мановакуумметры и запорные вентили для подключения мановакуумметров.

*Испаритель И270* — горизонтальный, кожухотрубный, с внутренним кипением хладагента, наружная поверхность тепло-



обмена  $270 \text{ м}^2$ , наружный диаметр медных трубок 20 мм, толщина стенки 1,5 мм, их количество — 421. Потери давления при расходе охлаждаемой воды  $70 \text{ м}^3/\text{ч}$  составляют 0,07 МПа. В трубки вставлены алюминиевые сердечники, образующие в каждой трубке 10 внутренних каналов.

*Конденсатор КХ570* — горизонтальный, кожухотрубный, с водяным охлаждением. Поверхность теплообмена со стороны хладагента —  $570 \text{ м}^2$ , наружный диаметр медных трубок 16 мм, толщина стенки 2 мм, число трубок — 1032.

*Теплообменник ТФ20* — горизонтальный, кожухотрубный, с внутренним оребрением медных трубок, наружный диаметр трубок 16 мм, толщина стенки 2 мм, поверхность теплообмена  $21 \text{ м}^2$ .

Принцип действия машины *21ШМКТ820-2-0* аналогичен машине *КШ220-2-1*. Отличия заключаются в особенностях работы винтового компрессора, в полость сжатия которого с целью отвода тепла и уплотнения зазоров одновременно с парами хладагента подается масло. Сжатая паромасляная смесь через окно нагнетания поступает в маслоотделитель, а затем через фильтр грубой очистки забирается насосом и подается в маслоохладитель. Затем масло очищается в фильтре тонкой очистке и направляется в компрессор.

### **7.3 Шахтный передвижной кондиционер КПШ-90**

*Шахтный передвижной кондиционер КПШ-90* предназначен для местного охлаждения воздуха преимущественно в подготовительных выработках глубоких шахт, в которых допускается применение электрооборудования во взрывозащищенном исполнении. Расшифровка обозначения: *КПШ* — кондиционер передвижной шахтный; *90* — номинальная холодопроизводительность в тыс. ккал/ч.

Шахтный кондиционер *КПШ-90* представляет собой парокomppressorную холодильную машину, состоящую из двух агрегатов: компрессорно-конденсаторного и воздухообрабатывающего. Каждый агрегат имеет механизм хода и прицепные устройства, позволяющие их транспортировать совместно или раздельно по подземным рельсовым путям. В рабочем состоянии связь между агрегатами по хладагенту осуществлена специальными гибкими рукавами.

*Компрессорно-конденсаторный агрегат* содержит компрессор *ФУ-40*, соединенный эластичной муфтой с электродвигателем.

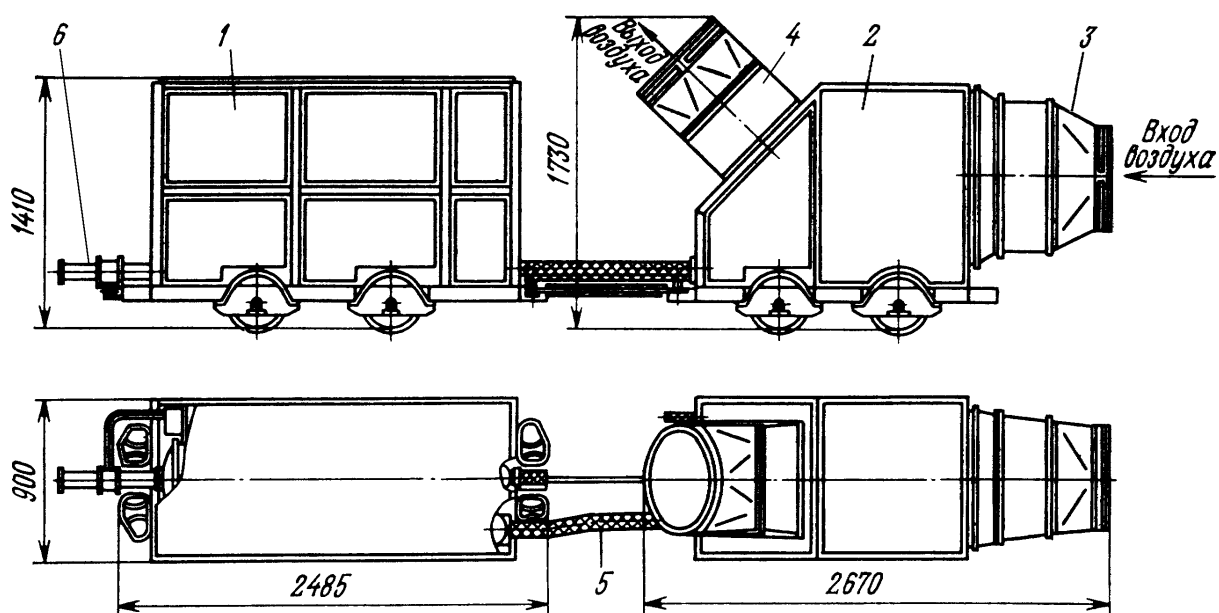


Рисунок 7.3 – Кондиционер КПШ-90: 1 – компрессорно-конденсаторный агрегат; 2 – воздухообрабатывающий агрегат; 3 – патрубок входа охлаждаемого воздуха; 4 – патрубок выхода охлажденного воздуха; 5 – гибкие рукава для жидкого и газообразного хладагента; 6 – патрубки подвода воды

лем *BAO81-4Y5* мощностью 36 кВт, кожухотрубный конденсатор, фреоновый теплообменный фильтроосушительный аппарат, щит приборов с манометрами и приборами защиты, пульт управления *АПК-1МШ*, трубопроводы с арматурой.

*Воздухообрабатывающий агрегат* включает в себя воздухоохладитель, терморегулирующий вентиль *12ТВ-100*, трубопроводы с арматурой.

*Теплообменник* — горизонтальный, кожухотрубный, с внутренним оребрением медных трубок и наружной поверхностью теплообмена  $7,14 \text{ м}^2$ , — приварен к испарителю и конструктивно является его частью.

*Конденсатор* — горизонтальный, кожухотрубный, поверхность теплообмена  $30 \text{ м}^2$  образована медными ребристыми трубками, наружный диаметр которых 16 мм, толщина стенки 2 мм, число трубок — 167, длина каждой трубки 1400 мм. Нижняя часть конденсатора является ресивером для жидкого хладагента.

*Теплообменный фильтроосушительный аппарат* имеет встроенный фильтр и элемент, поглощающий влагу. Площадь теплообмена  $1,8 \text{ м}^2$ .

*Воздухоохладитель* (испаритель) состоит из блока батарей, поддона, распределителя и терморегулирующего вентиля *12ТВ-100*. На входе и выходе воздухоохладителя предусмотрены пат-

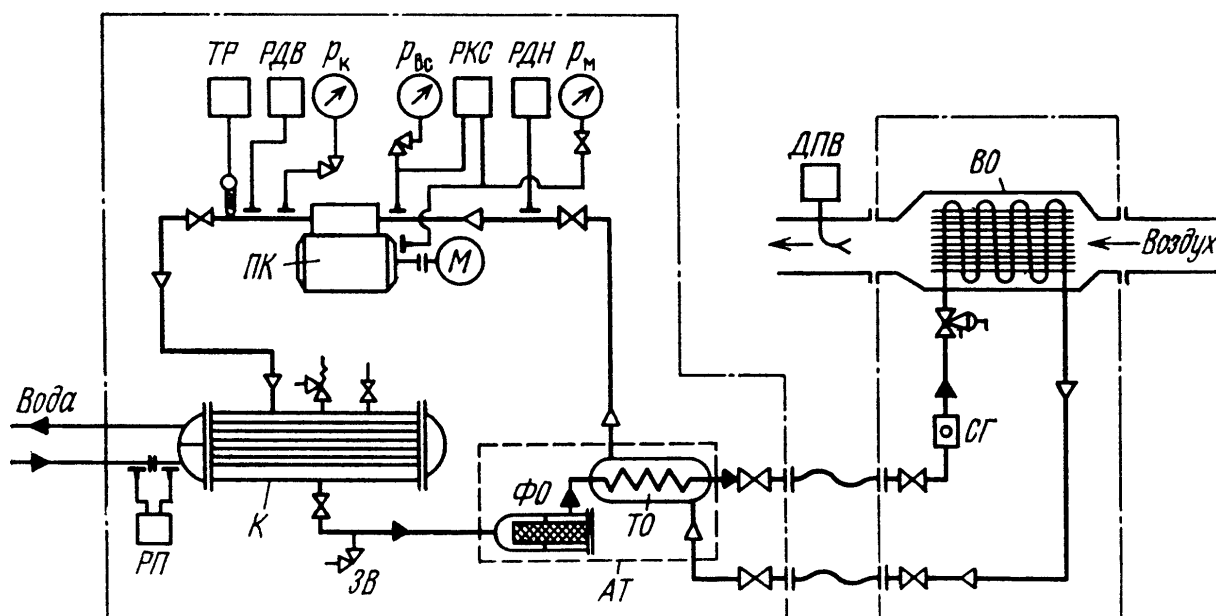


Рисунок 7.4 – Схема кондиционера КПШ-90

рубки для подвода и отвода охлаждаемого воздуха. Поверхность теплообмена  $173 \text{ м}^2$  образована медными трубками, наружный диаметр которых  $15 \text{ мм}$ , толщина стенки  $1 \text{ мм}$ . Трубки оребрены снаружи латунными пластинами толщиной  $0,4 \text{ мм}$ . Расстояние между ребрами  $5 \text{ мм}$ . Потери давления в воздухоохладителе при номинальном расходе воздуха  $3,34 \text{ м}^3/\text{с}$  составляют  $0,98 \text{ кПа}$ .

Испарение хладагента в трубках воздухоохладила обеспечивается за счет теплоты, отбираемой от охлаждаемого воздуха, продуваемого через испаритель вентилятором местного проветривания.

В зависимости от конкретных горно-технических условий установки с водоохлаждающими машинами или кондиционерами типа КПШ могут иметь различные схемы отвода теплоты конденсации хладагента, рис. 7.5.

#### 7.4 Шахтный передвижной кондиционер КПШ-90П

Шахтный передвижной кондиционер **КПШ-90П** предназначен для местного охлаждения воздуха преимущественно в подготовительных выработках глубоких шахт, в которых запрещено применение электроэнергии. Расшифровка обозначения: **КПШ** — кондиционер передвижной шахтный; **90** — номинальная холодопроизводительность в тыс. ккал/ч, **П** — оборудован пневмоприводом.

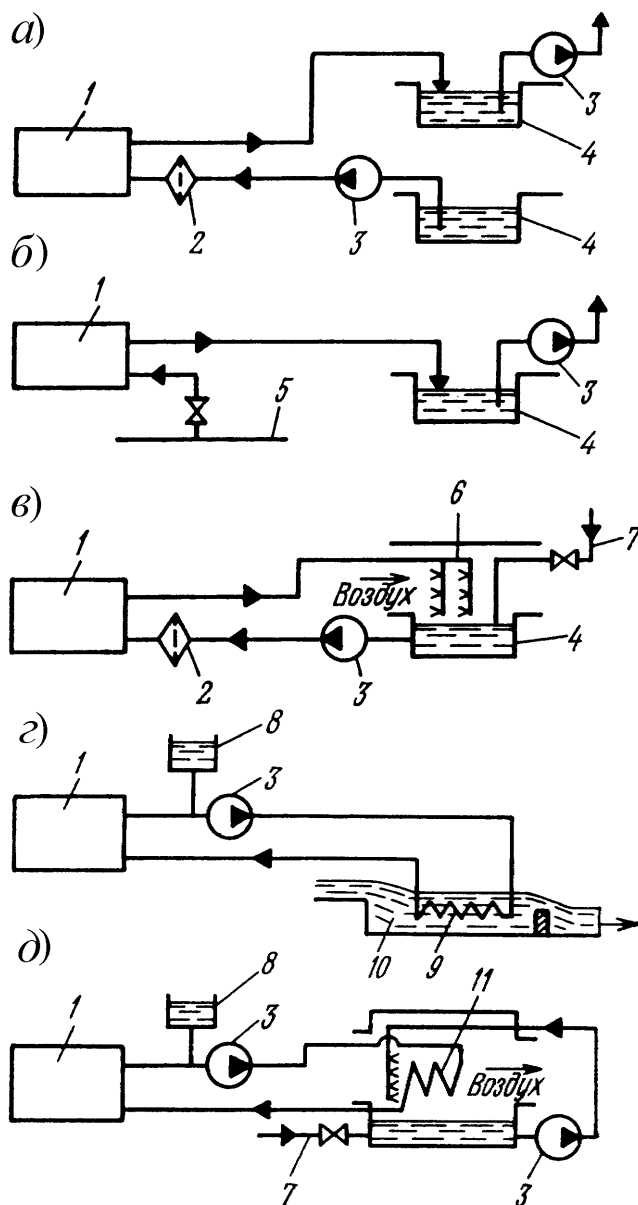


Рисунок 7.5 – Схемы отвода теплоты конденсации: очищенной шахтной водой из резервуара (а) или чистой водой из противопожарно-оросительного трубопровода (б) со сбросом нагретой воды в колодец водоотливной установки; обратной водой, охлаждаемой с помощью форсуночного охладителя (в), теплообменника, погруженного в проточную шахтную воду (г) или воздушно-водоиспарительного водоохладителя (д); 1 – конденсатор; 2 – фильтр; 3 – насос; 4 – водосборник; 5 – трубопровод шахтной системы охлаждения; 6 – форсуночный водоохладитель; 7 – подпиточный трубопровод; 8 – расширительный сосуд; 9 – теплообменник; 10 – канал для потока шахтной воды; 11 – воздушный водоиспарительный водоохладитель

Основные узлы кондиционера и их компоновка аналогичны кондиционеру *КПШ-90*. Отличие заключается в приводе компрессора: в кондиционере *КПШ-90П* применен шестеренный пневмодвигатель с питанием от шахтной пневматической сети. Номинальное давление сжатого воздуха 0,5 МПа, мощность пневмодвигателя 30 кВт.

Отработанный в пневмодвигателе холодный воздух поступает в специальный влагомаслоотделитель, где очищается и сбрасывается в воздухопровод. В воздухопроводе он смешивается с воздухом, охлажденным кондиционером, в результате чего производительность кондиционера возрастает до 134 кВт.

### 7.5 Воздушный кондиционер *РВК-1*

Воздушный кондиционер *РВК-1* относится к воздушным генераторам холода, рабочий цикл которых не сопровождается

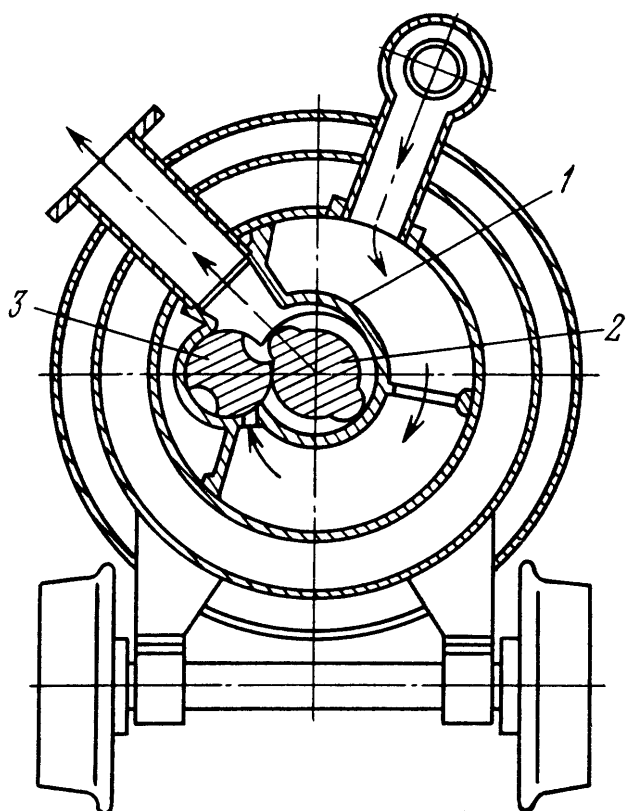


Рисунок 7.6 – Воздушный кондиционер *PBK-1*

изменением агрегатного состояния рабочего тела (воздуха), а изменяется лишь его давление и температура.

*Шахтный воздушный кондиционер PBK-1* предназначен для местного охлаждения воздуха преимущественно в подготовительных выработках шахт всех категорий. Расшифровка обозначения: *P* — роторный; *B* — воздушный; *K* — кондиционер; *1* — модификация.

Основа кондиционера — *роторный детандер*, имеющий два цилиндрических ротора, синхронное вращение которых в расточках чугуного корпуса *1* (рис. 7.6) обес-

печивается двумя косозубыми шестернями, расположенными на концах роторов консольно. Ведущий ротор *2* имеет два симметричных выступа, ведомый *3* — две впадины. В качестве нагрузки для потребления мощности, развиваемой детандером, используется рабочее колесо шахтного осевого вентилятора *СВМ-6М*, насаженное на удлиненную ступицу ведущего ротора.

Очистка воздуха осуществляется сетчатым фильтром, шум поглощается двумя глушителями, транспортировка обеспечивается двумя скатами от вагонетки *УВГ-1,3*.

Работает кондиционер от сжатого воздуха, поступающего из шахтной пневматической сети через фильтр в детандер, где он вращает ведущий ротор. Ведомый ротор открывает впускное окно и сжатый воздух заполняет рабочую полость детандера, образованную выступом ведущего и впадиной ведомого ротора, корпусом детандера, наружной поверхностью (телом) роторов и торцами стаканов. Впуск продолжается до тех пор, пока тело ведомого ротора не перекроет впускное окно и не отсечет рабочую полость от магистрали сжатого воздуха. Поступивший в машину воздух расширяется. При этом воздух, расширившийся в полости впадины ведомого ротора, перетекает по перепускным каналам в основную полость машины. Расширяясь, воздух совер-

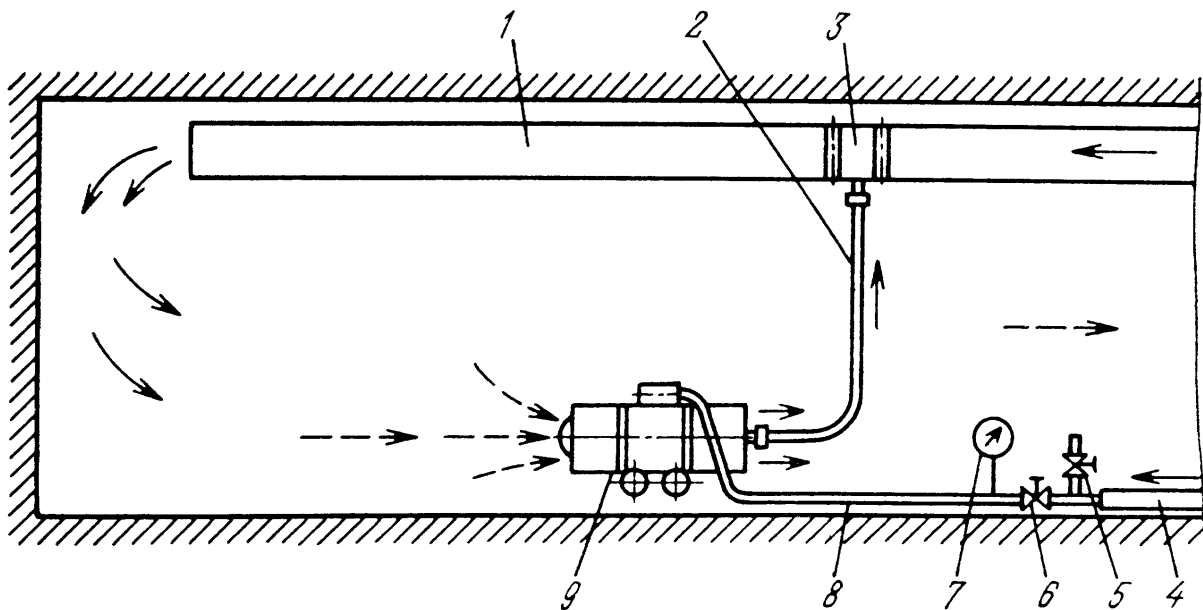


Рисунок 7.7 – Установка воздушного кондиционера *PBK-1*

шает работу и охлаждается. Холодный воздух переносится на сторону низкого давления и выталкивается в выхлопной трубопровод. Пройдя глушитель, холодный воздух поступает в вентиляционный трубопровод, где смешивается с потоком воздуха от вентилятора местного проветривания, снижает его температуру и подается потребителю.

Таблица 7.2 — Техническая характеристика воздушного кондиционера *PBK-1*

Холодильная мощность, кВт	14 ... 17,4
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	15 ... 17
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,45 ... 0,6
Габариты, мм:	
длина с глушителями шума	1900
ширина	857
высота	1076
Масса, кг	713

Технологическая схема установки воздушного кондиционера *PBK-1* достаточно проста, так как не требуется отвода теплоты конденсации (рис. 7.7). Кондиционер 9 устанавливают горизонтально на расстоянии 20 ... 30 метров от тупикового забоя и соединяют с вентиляционным трубопроводом 1 с помощью проставки 3 и с магистральным трубопроводом сжатого воздуха 4 гибкими рукавами 2 и 8. Вентиль 5 служит для продувки магистрали с целью удаления воды и механических примесей перед пуском кондиционера. Вентиль 6 для его включения и регулирования

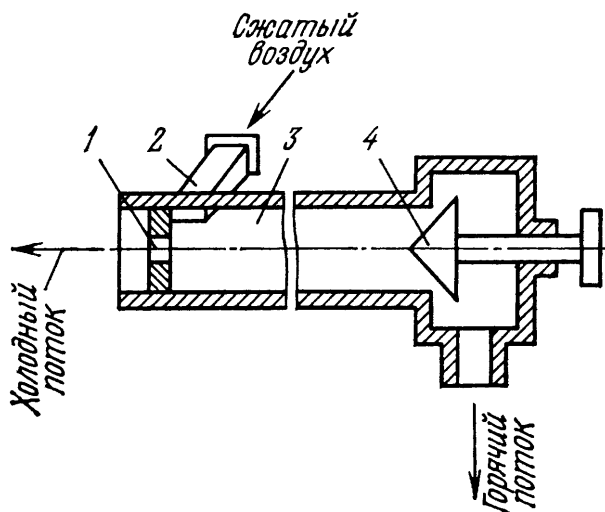


Рисунок 7.8 – Устройство вихревого охладителя:  
 1 – диафрагма; 2 – тангенциальный ввод; 3 – смежный отрезок трубы; 4 – дроссельный вентиль;

производительности, контроль давления при этом осуществляется по манометру 7.

### 7.6 Вихревые охладители

Вихревые охладители, или вихревые трубы, также относятся к воздушным генераторам холода. Они применяются в качестве генераторов холода для противотепловых средств индивидуальной защиты, а так же как самостоятельные охлаждающие устройства.

*Достоинства* вихревых труб следующие: простота конструкции и эксплуатации, надежность в работе, быстрый выход на рабочий режим. *Недостаток* — низкая энергетическая эффективность.

Принцип действия **вихревого охладителя**, рис.7.8. Сжатый воздух через тангенциальный ввод, расположенный непосредственно возле диафрагмы, поступает в полость трубы по касательной, перпендикулярной к оси трубы. С другой стороны от диафрагмы свободный выход трубы. Смежный отрезок трубы удлинен до 5 ... 20 диаметров и прикрывается дроссельным вентилем. Воздух, поступающий через тангенциальный ввод с большой скоростью, закручивается, вследствие чего под действием центробежных сил удельная кинетическая энергия и давление у стенок трубы повышаются, а по оси — снижаются. Такое энергетическое перераспределение сопровождается перераспределением температурных потоков: через отверстие диафрагмы выходит холодный, а через дроссель — горячий поток. С помощью дросселя можно регулировать расход и температуру обоих потоков. Следует помнить при этом, что со снижением температуры холодного воздуха, снижается и его доля в общем расходе.

## Список рекомендуемой литературы

1. Проектирование и эксплуатация шахтных систем кондиционирования воздуха / Ю. А. Цейтлин [и др.]. - Москва : Недра, 1991. - 368 с.
2. Черниченко, В. К. Устройство, монтаж и эксплуатация шахтных холодильных установок : учеб. пособие / В. К. Черниченко, Я. И. Дрига, А. К. Яковенко. - Москва : Недра, 1987. - 255 с.
3. Картавый, Н. Г. Стационарные машины : учеб. для вузов. — Москва : Недра, 1981. - 327 с.
4. Стационарные установки шахт / под. ред. Братченко Б.Ф. — Москва : Недра, 1977. - 438 с.
5. Кондрашова, Н. Г. Холодильно-компрессорные машины и установки : учеб. для машиностр. техникумов / Н. Г. Кондрашова, Н. Г. Лашутина. - 3-е изд. , доп. и перераб. - Москва : Высш. шк., 1984. - 335 с.
6. Методические указания к лабораторным работам по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту шахтных компрессорных установок. — Донецк : ДПИ, 1992.



## Содержание

Общие указания.....	3
1 Лабораторная работа №1. Схемы шахтных холодильных установок.....	3
2 Лабораторная работа №2. Схемы и рабочий процесс парокomppressorных холодильных машин (агрегатов) .....	3
2.1 Холодильные агрегаты типа ХТМФ .....	4
2.2 Холодильная машина ШХТМ-1300 .....	8
2.3 Холодильная машина 2ТХМВ-2000-2 .....	9
2.4 Холодильная машина МФ220-1РШ .....	9
3 Лабораторная работа №3. Конструкции компрессоров парокomppressorных холодильных машин (агрегатов) .....	11
3.1 Поршневые компрессоры.....	12
3.2 Винтовые компрессоры .....	18
3.3 Ротационные компрессоры .....	21
4 Лабораторная работа №4. Конструкции аппаратов парокomppressorных холодильных машин (агрегатов) .....	26
4.1 Конденсаторы.....	26
4.2 Испарители .....	28
4.3 Вспомогательные аппараты .....	30
5 Лабораторная работа № 5. Оборудование станции холодильных машин.....	32
6 Лабораторная работа № 6. Теплообменные аппараты.....	33
7 Лабораторная работа № 7. Передвижные холодильные агрегаты и кондиционеры.....	35
7.1 Водоохлаждающая машина КШ220-2-1 .....	36
7.2 Водоохлаждающая машина 21ШМКТ820-2-0 .....	38
7.3 Шахтный передвижной кондиционер КПШ-90 .....	40
7.4 Шахтный передвижной кондиционер КПШ-90П .....	42
7.5 Воздушный кондиционер РВК-1 .....	43
7.6 Вихревые охладители .....	46
Список рекомендуемой литературы .....	47

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
по изучению конструкций холодильных установок  
(для студентов механических и горных специальностей)

Составители: Валентин Михайлович Оверко  
Олег Васильевич Федоров