

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**

---

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**  
**ПО ВИВЧЕННЮ КОНСТРУКЦІЙ**  
**ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК**

**2004**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**  
**ПО ВИВЧЕННЮ КОНСТРУКЦІЙ ХОЛОДИЛЬНИХ**  
**УСТАНОВОК**

**(для студентів механічних спеціальностей)**

**Р о з г л я н у т о**  
на засіданні кафедри  
«Гірнична механіка».  
Протокол № 12 від 20.05.2004 р.

**З а т в е р д ж е н о**  
на засіданні навчально-  
видавничої ради ДонНТУ.  
Протокол № 13 від 23.06.2004 р.

УДК 622.413 (071)

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по вивченню конструкцій холодильних установок (для студентів механічних спеціальностей) / Укладачі: В. М. Оверко, О. В. Федоров — Донецьк: ДонНТУ, 2004. – 48 с.

Містить необхідні матеріали для вивчення студентами будови, конструкції й експлуатації холодильних установок.

Укладачі:

В. М. Оверко  
О. В. Федоров

Рецензент

О. С. Оголобченко

Відповідальний  
за випуск

М. Г. Бойко

## **Загальні вказівки**

Економічна і безпечна робота холодильних установок багато в чому залежить від високого технічного рівня обслуговування. А це вимагає знань як по теорії робочих процесів, так і по будові, конструкції і правилах технічної експлуатації холодильних установок.

Питання теорії студенти вивчають на лекціях. Інші моменти необхідно вивчити самостійно по даному методичному посібнику на лабораторних заняттях, використовуючи наочні приладдя, закріпити отримані знання.

Робота вважається виконаною після представлення викладачу звіту, відповіді на поставлені питання і виставлення позитивної оцінки в журналі.

### **1 Лабораторна робота №1. Схеми шахтних холодильних установок**

Схеми шахтних холодильних установок досить різноманітні і відрізняються розташуванням станції холодильних машин, способом відводу теплоти конденсації, наявністю того чи іншого устаткування і т.д., рис. 1.1...1.4.

Крім представлених, існують схеми з розміщенням станції холодильних машин на поверхні без теплообмінника високого тиску, з розміщенням станції холодильних машин під землею і відводом теплоти конденсації водою шахтного притоку й ін.

Проаналізуйте дані схеми з погляду надійності, безпеки, капітальних і експлуатаційних витрат.

### **2 Лабораторна робота №2. Схеми і робочий процес парокompресорних холодильних машин (агрегатів)**

Стационарні холодильні машини є генераторами холоду, що виробляється на стаціонарних шахтних установках для кондиціонування повітря, які також містять у собі теплообмінники високого тиску, пристрої для відводу теплоти конденсації холодоагенту, станцію водопідготовки, розгалужені трубопровідні мережі холодоносіїв, циркуляційні насоси, стаціонарні повітроохолоджувачі і такі, що періодично пересуваються.

Шахтні установки кондиціонування повітря комплектують холодильними машинами загального призначення, якщо вони встановлені на поверхні, наприклад, *ХТМФ-248-4000*, *ХТМФ-*

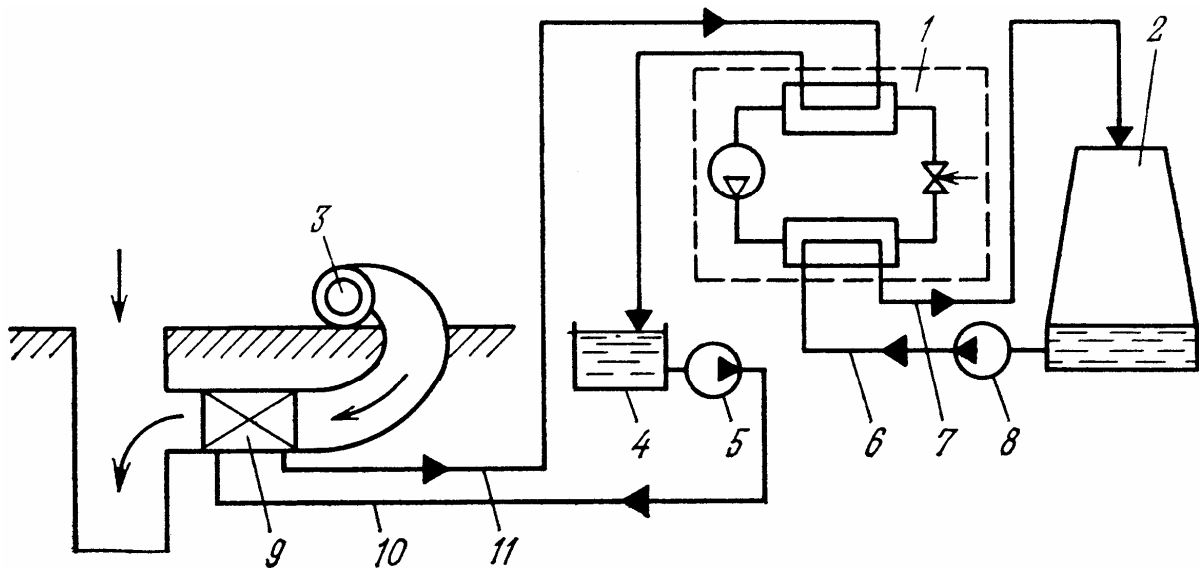


Рисунок 1.1 – Технологічна схема шахтної холодильної установки, що застосовується на етапі будівництва шахти: 1 – парокompресорний холодильний агрегат; 2 – градирня; 3 – вентилятор головного провітрювання; 4 – резервуар холодоносія; 5, 8 – насоси; 6, 7 – трубопроводи відводу теплоти конденсації; 9 – повітроохолоджувач; 10, 11 – трубопроводи холодоносія

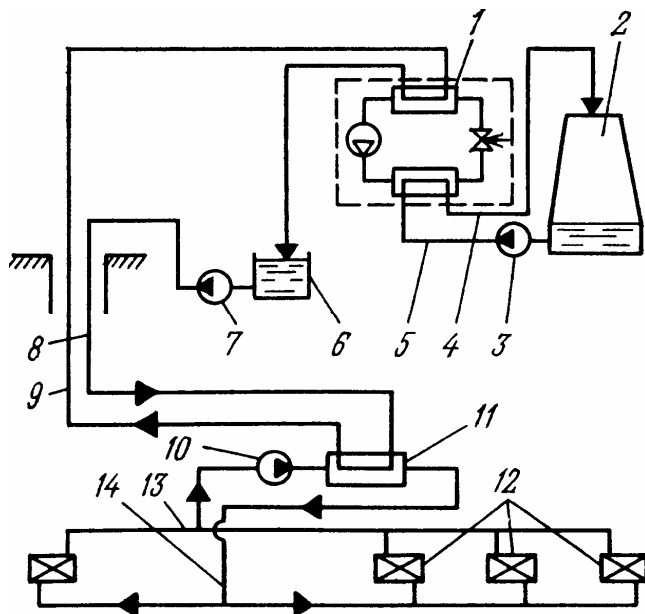


Рисунок 1.2 – Технологічна схема шахтної холодильної установки з розміщенням станції холодильних машин на поверхні: 1 – парокompресорний холодильний агрегат; 2 – градирня; 3, 7, 10 – насоси; 4, 5 – трубопроводи відводу теплоти конденсації; 6 – резервуар первинного холодоносія; 8, 9 – трубопроводи первинного холодоносія; 11 – теплообмінник високого тиску; 12 – повітроохолоджувачі; 13, 14 – трубопроводи вторинного холодоносія

**235М-2000.** У підземних умовах звичайно використовують холодильні машини в рудниковому виконанні: **ШХТМ-1300, 2ТХМВ-2000-2, МФ220-1РШ.**

### 2.1 Холодильні агрегати типу ХТМФ

Парові компресорні холодильні агрегати **ХТМФ-248-4000, ХТМФ-235М-2000** призначені для охолодження води або водяного розчину хлористого кальцію. Марка машин означає: Х – холо-

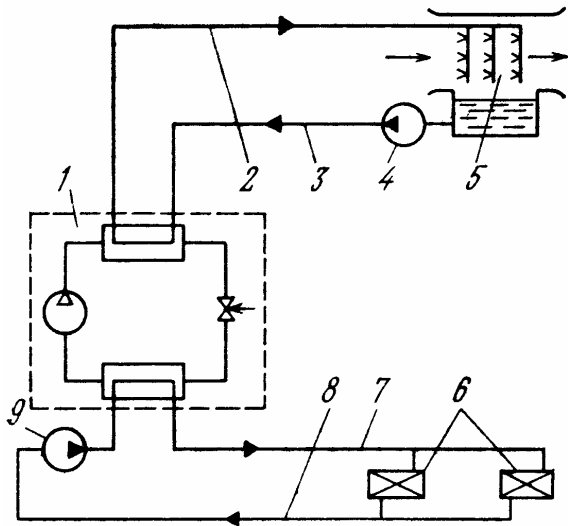


Рисунок 1.3 – Технологічна схема шахтної холодильної установки з розміщенням станції холодильних машин під землею і відводом теплоти конденсації в підземній градирні: 1 – парокompресорний холодильний агрегат; 2, 3 – трубопроводи відводу теплоти конденсації; 4, 9 – насоси; 5 – підземна градирня; 6 – повітроохолоджувачі; 7, 8 – трубопроводи холодоносія

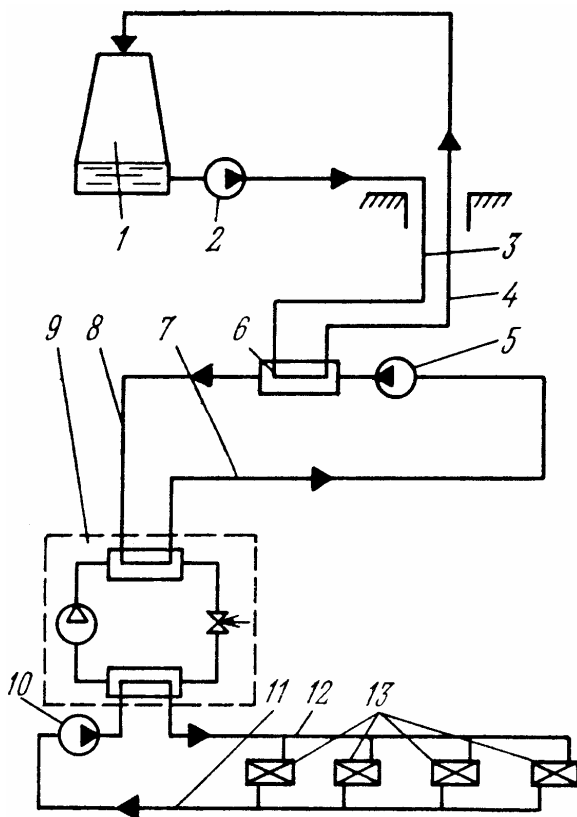


Рисунок 1.4 – Технологічна схема шахтної холодильної установки з розміщенням станції холодильних машин під землею і відводом теплоти конденсації на поверхню: 1 – градирня; 2, 5, 10 – насоси; 3, 4 – трубопроводи відводу теплоти конденсації; 6 – теплообмінник високого тиску; 7, 8 – трубопроводи проміжного тепловідводу; 9 – парокompресорний холодильний агрегат; 11, 12 – трубопроводи вторинного холодоносія; 13 – повітроохолоджувачі

дильна;  $T$  – турбокомпресорна;  $M$  – машина;  $\Phi$  – фреонова; 2 – число ступенів компресора; 48 і 35 – діаметр робочих коліс турбокомпресора в см; буква “ $M$ ” після діаметра показує, що машина модернізована; 4000 і 2000 – холодопродуктивність у тис. ккал/год.

Машина **ХТМФ-248-4000** має ряд модифікацій, що відрізняються діапазоном робочих температур кипіння ( $-2\dots-18$  °С або  $+5\dots-5$  °С), а так само напругою живлення резервного маслонасоса (380 В або 110/220 В). У залежності від робочого діапазону температур випару частота обертання ротора турбокомпресора може бути  $126\text{ с}^{-1}$  ( $7550\text{ хв}^{-1}$ ) чи  $115\text{ с}^{-1}$  ( $6900\text{ хв}^{-1}$ ).

Таблиця 2.1. — Технічна характеристика стаціонарних холодильних машин

| Показники                                 | МФ220-<br>-1РШ       | ШХТМ-<br>-1300   | 2ТХМВ-<br>-2000-2 | ХТМФ-<br>-235М-2000 | ХТМФ-<br>-248-4000 |
|---|----------------------|------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| Температури, °С:<br>випару<br>конденсації | +1...+7<br>до 50     | +1...+5<br>до 55 | +1...+5<br>до 50  | -10...+5<br>35...45 | -5...+5<br>30...40 |
| Холодильна<br>потужність, кВт             | 400...470            | 1160...1630      | 2200...2600       | 1570...2600         | 2300...5100        |
| Номинальний<br>режим:                     |                      |                  |                   |                     |                    |
| температура<br>випару, °С                 | +5                   | +2               | +2                | +2                  | +2                 |
| температура<br>конденсації, °С            | +40                  | +55              | +50               | +40                 | +35                |
| потужність хо-<br>лодильна, кВт           | 470                  | 1510             | 2442              | 2440                | 4500               |
| потужність<br>споживана, кВт              | 130                  | 630              | 900               | 635                 | 1300               |
| Установлена<br>потужність, кВт            | 160                  | 800              | 1000              | 800                 | 1600               |
| Напруга, В                                | 660/380              | 6000             | 6000              | 6000                | 6000               |
| Холодоагент, тип                          | R22                  | R12              | R12               | R12                 | R12                |
| кількість, кг                             | 500                  | 1000             | 1500              | 1500                | 2500               |
| Масило                                    | ХМ 35 або<br>ПФГОС-4 | Т-30             | КП-8<br>або Т-30  | КП-8<br>або Т-30    | КП-8<br>або Т-30   |
| кількість, кг                             | 50                   | 300              | 250               | 400                 | 600                |
| Витрати, м <sup>3</sup> /год.:            |                      |                  |                   |                     |                    |
| холодоносія                               | 70                   | 140              | 190               | 350...450           | 800...1200         |
| охолодної води                            | 90                   | 150              | 250               | 400...600           | 900...1300         |
| Маса, кг                                  | 8000                 | 31860            | 33500             | 32300               | 74680              |

До складу холодильної машини **ХТМФ-248-4000** входять турбокомпресор, мультиплікатор, приводний електродвигун, два конденсатори, випарник, поплавковий бак, система змащення турбокомпресора, система змащення мультиплікатора, щит керування і контролю.

Компресор **ТКФ-248** — відцентровий, двоступінчастий, діаметр робочих коліс 480 мм. Корпус компресора литий, чавунний, складається з двох половин — верхньої і нижньої. Він установлений на литій фундаментальній плиті, при нагріванні має можливість переміщатися по шпонці. Ротор складається з вала, на якому

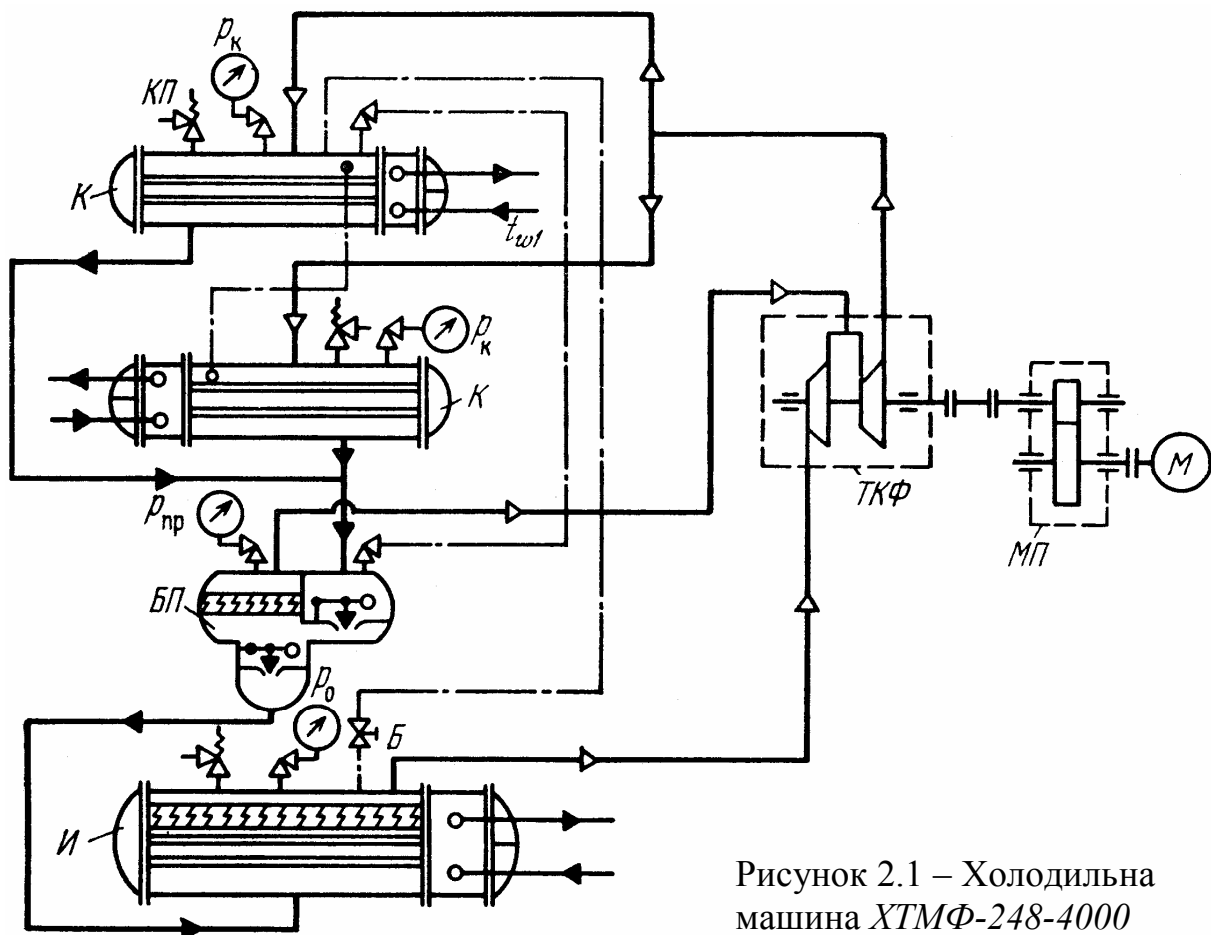


Рисунок 2.1 – Холодильна машина ХТМΦ-248-4000

закріплені два робочих колеса і розвантажувальний поршень (думіс). Усі деталі ротора виготовляють з високоякісної легованої сталі. Міжступеневі лабіринтові ущільнення гребінцевого типу. Торцеве ущільнення вала ротора являє собою систему рухливих і нерухомих елементів, що забезпечують рухливе ущільнення вихідного кінця вала ротора як при роботі, так і при стоянці компресора. У порожнині ущільнення циркулює олія, створюючи гідравлічний затвор, забезпечуючи змащення тертьових поверхонь і охолодження. Вхідний направляючий апарат служить для плавного регулювання подачі. Він складається з лопаток, що можуть повертатися в корпусі за допомогою приводного шестеренного механізму, при цьому подача змінюється від 100% до 30% номінального значення. Ротор утримується двома підшипниками ковзання — опорним та опорно-упорним, корпуси яких прикріплені до корпусу компресора за допомогою кришок.

Приводом служить синхронний електродвигун **СТД-1600-23У4** з частотою обертання  $50 \text{ с}^{-1}$  ( $3000 \text{ хв}^{-1}$ ), потужністю 1600 кВт і водяним охолодженням. Мультиплікатор одноступінчатий, із шевронною передачею, передатне відношення 2,52 чи 2,3.



**Випарник ІТП-1800** — горизонтальний, кожухотрубний, двоходовий, поверхня теплообміну —  $1880 \text{ м}^2$ . Робочий тиск у корпусі  $1,25 \text{ МПа}$ , у трубній частині —  $1 \text{ МПа}$ . Кількість теплообмінних трубок —  $2599$ , зовнішній діаметр —  $20 \text{ мм}$ , товщина стінки  $3 \text{ мм}$ . Холодоносії надходять у трубки. Для контролю рівня холодоагенту використаний показчик.

Машину обладнано двома горизонтальними, кожухотрубними, двоходовими конденсаторами **КТР-600** з поверхнею теплообміну  $610 \text{ м}^2$ . Максимальний робочий тиск у корпусі  $1,6 \text{ МПа}$ , у трубній частині —  $1 \text{ МПа}$ . Кількість теплообмінних трубок —  $1061$ , зовнішній діаметр —  $20 \text{ мм}$ , товщина стінки  $3 \text{ мм}$ .

**Поплавковий бак** являє собою горизонтальний апарат, що складається з двох камер — високого і проміжного тисків. У камері високого тиску встановлений поплавковий механізм, що дроселює рідкий холодоагент до проміжного тиску. У камері проміжного тиску аналогічний механізм дроселює рідину до тиску випару. Пари, що утворюються після першого дроселювання, відсмоктуються другою ступінню компресора. У кожній камері є обвідні ручні вентиля та оглядові вікна для контролю рівня і стану поплавкового механізму.

Холодильна машина **ХТМФ-235М-2000** подібна до холодильної машини **ХТМФ-248-4000**, тільки в ній використано один конденсатор типу **КТР-310**, інші діапазони робочих температур, а також частоти обертання ротора компресора —  $158 \text{ с}^{-1}$  ( $9500 \text{ хв}^{-1}$ ) або  $175 \text{ с}^{-1}$  ( $10500 \text{ хв}^{-1}$ ).

## **2.2 Холодильна машина ШХТМ-1300**

Призначена для охолодження води в шахтних установках кондиціонування повітря з підземним розташуванням холодильних станцій. Марка машини позначає: *Ш* — шахтна; *Х* — холодильна; *Т* — турбокомпресорна; *М* — машина; *1300* — номінальна холодопродуктивність у тис. ккал/год.

За схемою і принципом дії машина **ШХТМ-1300** не відрізняється від машин типу **ХТМФ**. Її особливості складаються в підвищеній температурі конденсації, що полегшує відвід теплоти конденсації в підземних умовах, і застосування як привод асинхронного електродвигуна у виконанні *РП* чи *РВ*.

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

Призначена для охолодження води в шахтних установках кондиціонування повітря з підземним розташуванням холодильних станцій. Марка машини позначає: 2 — модифікація; Х — холодильна; Т — турбокомпресорна; М — машина; У — водоохолоджувальна; 2000 — номінальна холодопродуктивність у тис. ккал/год; 2 — двоступінчастий компресор.

Технологічна схема і принцип роботи машини аналогічні машині ШХТМ-1300, від якої вона відрізняється в основному конструкцією турбоагрегату, що складається з турбокомпресора, у корпус якого вбудований співвісний мультиплікатор планетарного типу, й електродвигуна. Корпус компресора і закладні деталі статора не мають горизонтального рознімання, статор утворений набором діафрагм, стягнутих болтами в єдиний пакет. Відрізняються також система змащення й ущільнення. Випарник, конденсатор і поплавковий бак аналогічні описаним вище. Поверхня теплообміну випарника  $630 \text{ м}^2$ , конденсатора —  $320 \text{ м}^2$ .

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

Призначена для охолодження води в шахтних установках кондиціонування повітря з підземним розташуванням холодильних станцій в умовах шахт, небезпечних по газу чи пилу.

Розшифровка позначення: МФ — машина фреонова; 220 — номінальна холодопродуктивність у тис. ккал/год. при температурі кипіння —  $15^\circ\text{C}$  і конденсації  $30^\circ\text{C}$ ; 1 — високотемпературний (від  $+15$  до  $-15^\circ\text{C}$ ) діапазон робочих температур; Р — автоматичне регулювання продуктивності; Ш — шахтне виконання.

До складу машини входять толоковий компресор П220-12-1Ш, електродвигун ВАО-280М, кожухотрубний випарник з теплообмінником, кожухотрубний конденсатор, фільтр-осушувач, щит приладів, апаратура автоматизації.

Компресор П220-12-1Ш — толоковий, одноступінчастий, восьмициліндровий, сальниковий. Діаметр циліндрів 115 мм, хід поршня — 82 мм, частота обертання колінчатого вала —  $24,75 \text{ с}^{-1}$  ( $1485 \text{ хв}^{-1}$ ). Компресор обладнаний вісьма електромагнітами для автоматичного регулювання холодної потужності шляхом віджиму всмоктувальних клапанів (одночасно не більш шести). Холодильна потужність може змінюватися при регулюванні від 100% до 25% із кроком 25%.

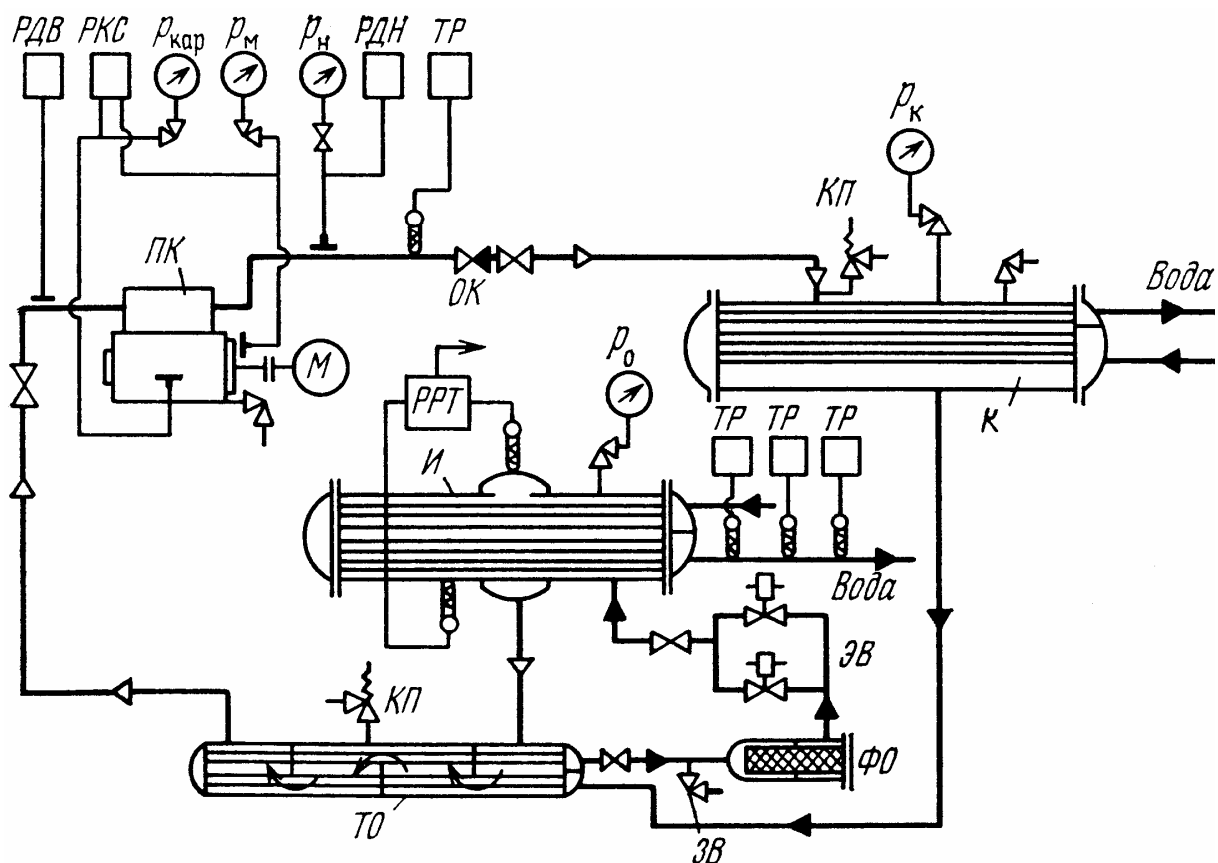


Рисунок 2.2 – Холодильна машина МФ 220-1РШ

*Випарник* — горизонтальний, кожухотрубний, чотириходовий, поверхня теплообміну —  $208 \text{ м}^2$ , зовнішній діаметр трубок 16 мм, товщина стінки 2 мм. Утрата тиску при витраті холодоносія  $70 \text{ м}^3/\text{год}$ . складає 0,05 МПа. Холодоносій надходить у випарник через верхній патрубок, а відводиться через нижній.

*Конденсатор* — горизонтальний, кожухотрубний, поверхня теплообміну —  $115 \text{ м}^2$ , зовнішній діаметр трубок 16 мм, товщина стінки 2 мм. Утрата тиску при витраті охолодної води  $90 \text{ м}^3/\text{год}$ . складає 0,04 МПа.

*Теплообмінник* призначений для охолодження рідкого холодоагенту, що надходить з конденсатора, парами, що відводяться від випарника. Це підвищує ефективність роботи машини.

На щиті встановлені такі контрольно-вимірювальні прилади: мановакууметри, що показують тиски нагнітання, конденсації і кипіння; диференціальний манометр, що показує одночасно три величини: тиск у картері, у маслосистемі і їхня різниця — тиск, що створюється маслонасосом.

### 3 Лабораторна робота №3. Конструкції компресорів пароконпресорних холодильних машин (агрегатів)

Компресори, що застосовуються в холодильній техніці, відрізняються великою розмаїтістю типів, розмірів і конструкцій. У залежності від того, яким образом здійснюється процес стиску, компресори розділяють на дві групи: об'ємного стиску і динамічного.

У компресорах *об'ємного типу* процес стиску пар холодильного агента відбувається в замкнутому обсязі робочої порожнини, що зменшується. До них відносяться *толокові, ротаційні і гвинтові* компресори, з яких толокові одержали найбільше поширення. Більше ніж 90% усіх сучасних компресійних холодильних машин випускають з толковими компресорами. Ротаційні компресори поширені незначно, у малих холодильних машинах холодною потужністю 0,3...0,7 кВт. Гвинтові компресори застосовують у машинах холодною потужністю від 20 до 3000 кВт.

До компресорів *динамічного стиску* відносяться осьові і відцентрові, або *турбокомпресори*. Турбокомпресори використовують у великих холодильних машинах холодною потужністю понад 2 МВт.

У залежності від виду холодильного агента компресори поділяють на *фреонові* й *аміачні*. В останні роки розроблені *уніфіковані* компресори, що можуть працювати як на фреонах, так і на аміаку.

По *холодильній потужності* (при  $t_{\text{и}} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t_{\text{к}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) усі холодильні компресори умовно поділяються на три групи: *малі* (до 12 кВт), *середні* (12...120 кВт) і *великі* (понад 120 кВт).

По *числу ступенів стиску* компресори можуть бути одно-, дво- і триступінчастими, а в залежності від *числа циліндрів* — дво-, чотири-, шести- і восьмициліндрові.

По *розташуванню циліндрів* компресори підрозділяють на горизонтальні, вертикальні, *V-образні* і *W-образні* (віялоподібні).

У залежності від напрямку руху пари холодильного агента в циліндрах розрізняють компресори *прямоточні*, у яких пара проходить по циліндрі тільки в одному напрямку, і *непрямоточні*, у яких пара в циліндрі змінює напрямок руху.

По числу робочих сторін поршня компресори можуть бути *одинарної* (простої) *дії*, коли робоча речовина знаходиться з

однієї сторони поршня, і *подвійної дії*, коли обидві сторони поршня робочі.

Кривошипно-шатунні механізми в холодильних компресорах бувають двох видів: із крейцкопфом (повзуном) і без крейцкопфа. Відповідно і компресори поділяють на *крейцкопфні* і *безкрейцкопфні*.

По конструктивному виконанню циліндрів і картера компресори можуть бути *рознімними* (блок циліндрів і картер являють собою окремі деталі) і *блок-картерними*, у яких обидві ці деталі виготовлені у вигляді єдиного виливка.

У залежності від конструкції ущільнення картера розрізняють компресори *сальникові* (відкриті), *безсальникові* (напівгерметичні) і *герметичні*.

### **3.1 Толокові компресори**

Фреонові толокові компресори, що випускаються серійно за ДСТ 6492-81, маркують у такий спосіб: *Ф* — фреоновий, *Г* — герметичний, *БС* — безсальниковий, *В* — вертикальне розташування циліндрів, *У* — *V*-образне розташування циліндрів, *УУ* — *W*-образне розташування циліндрів. Цифра, що стоїть після літерного позначення марки компресора, характеризує холодопродуктивність у специфікаційному режимі (тис. ккал/год.). Наприклад, марка *ФУ-40* показує: фреоновий компресор, чотирициліндровий, *V*-образне розташування циліндрів, холодопродуктивність 40 000 ккал/год.

Толокові уніфіковані компресори нового ряду мають наступне маркування: *П* — толоковий сальниковий; *ПБ* — толоковий безсальниковий; *ПГ* — толоковий герметичний.

У шахтній практиці для холодильних машин використовують толокові, фреонові, одноступінчаті, непрямоточні блок-картерні, сальникові, чотири- і восьмициліндрові компресори марок *ФУ-40* (кондиціонери *КПШ-90*), *П-220* (холодильні машини *МФ220-1РШ*, *КШ220-2-1*), а також відцентрові двоступінчасті компресори (холодильні машини *ШХТМ-1300*, *ХТМФ-248-4000*, *ХТМФ-235-2000*, *2ТХМВ-2000-2*). В найближчі роки намічений випуск шахтних холодильних машин на базі гвинтових компресорів *21ВХ820-2-0*.

На рис. 3.1 показаний непрямоточний компресор *П-220*. *Блок-картер* — чавунний литий, порожнина усмоктування від-

ділена від порожнини картера перегородкою, у якій є зрівняльні отвори з масловідбійниками. Через отвори відсмоктується пара, що перетікає в порожнину картера через нещільності толокових кілець, для підтримки в картері тиску всмоктування. У компресорах, що працюють на фреоні, через ці отвори олія, що надійшла в усмоктувальну порожнину з потоком пари, повертається в картер. *Гільзи* — чавунні, литі. Верхній торець гільзи є сідлом усмоктувального клапана.

*Всмоктувальні і нагнітальні клапани* — самодіючі однокільцеві, підпружинені, рис. 3.2. Всмоктувальні клапани для фреону й аміаку відрізняються висотою підйому пластини. Нагнітальний клапан встановлений у направляючій всмоктувального клапана, притискається до нього буферною пружиною, тобто є одночасно і фіктивною кришкою циліндра, що охороняє компресор від руйнування у випадку гідравлічного удару. Пружинний запобіжний клапан показаний на рис. 3.3.

*Колінчатий вал* — сталевий, штампований, двоколінний, двоопорний, на підшипниках котіння. Коліна розташовані під кутом  $180^\circ$ . Противаги відштамповані за одне ціле з валом. Для подачі мастила на шатунні підшипники у валу є канали. Шатуни — сталеві, штамповані. Нижня голівка шатуна має косе рознімання, у якому встановлюються тонкостінні біметалічні вкладиші з антифрикційним шаром з алюмінієвого сплаву. Верхня голівка шатуна нероз'ємна.

*Поршні* компресора 1, рис. 3.4, — литі з алюмінієвого сплаву з двома компресійними 2 і двома маслосніжними 3 кільцями. Для зменшення мертвого простору верхній торець поршня має спеціальну форму. Поршневі кільця виготовлені з термостабілізованого графітонаповненого капрону. Для збільшення пружності кілець між поршнем і кільцями розміщуються еспандери 4 зі сталеві стрічки. Кільця виготовляються з замком внахльст і мають спеціальний зуб 5 для запобігання провертання в канавці.

*Сальник*, рис. 3.5, — двосторонній, маслозаповнений. Торцеве ущільнення досягається парою тертя сталь-графіт. Ущільнення рухливих кілець по валу відбувається за допомогою гумових кілець круглого перетину.

*Змащення* нижніх голівок шатуна робиться під тиском від шестеренного насоса. Олія засмоктується через сітчастий фільтр грубого очищення і подається в сітчастий фільтр тонкого очи-

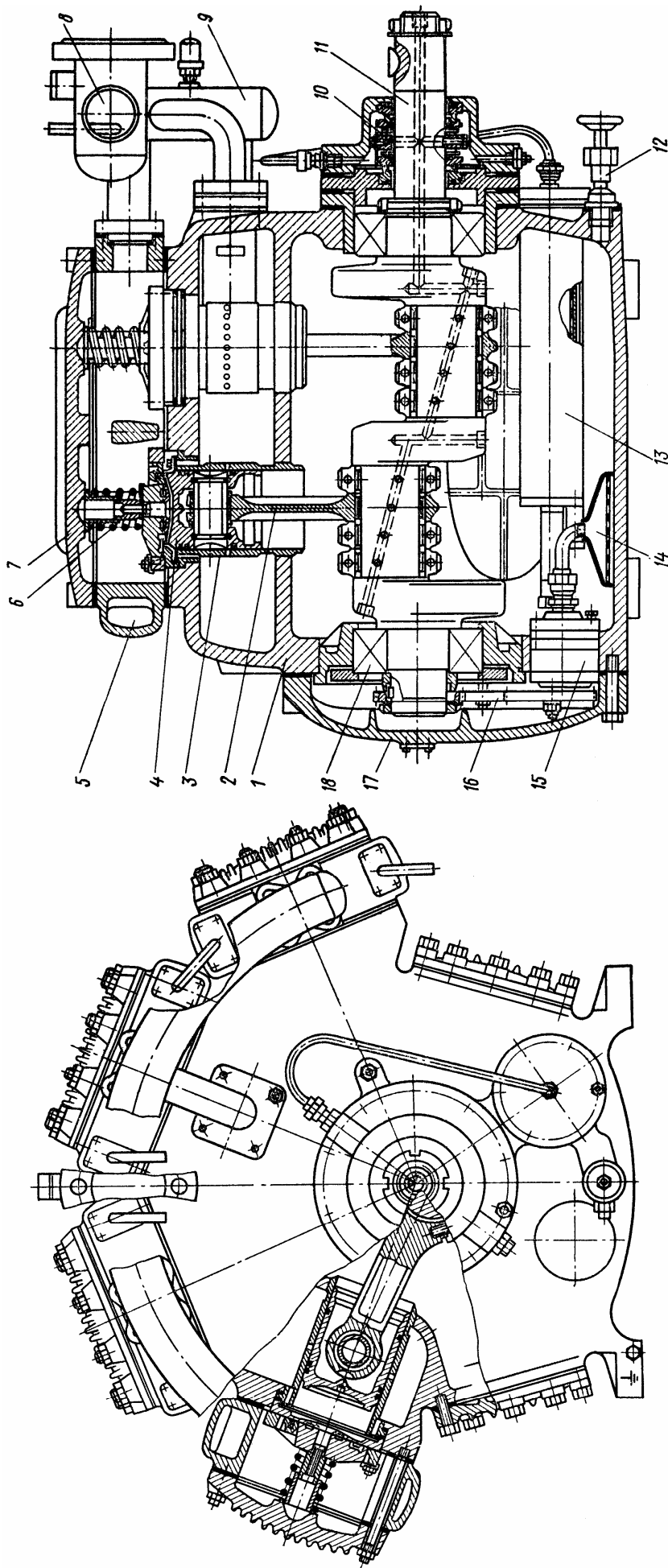


Рисунок 3.1 – Компрессор П-220: 1 – блок-картер; 2 – шатунно-толокова група; 3 – гільза; 4 – клапанна група; 5 – голівка з водяною сорочкою; 6 – буферна пружина; 7 – верхня кришка; 8 – нагнітальний колектор; 9 – всмоктувальний колектор; 10 – сальник; 11 – колінчатий вал; 12 – масляний фільтр тонкого очищення; 13 – масляний фільтр грубого очищення; 14 – масляний фільтр грубого очищення; 15 – масляний насос; 16 – шестірні; 17 – передня кришка; 18 – підшипник

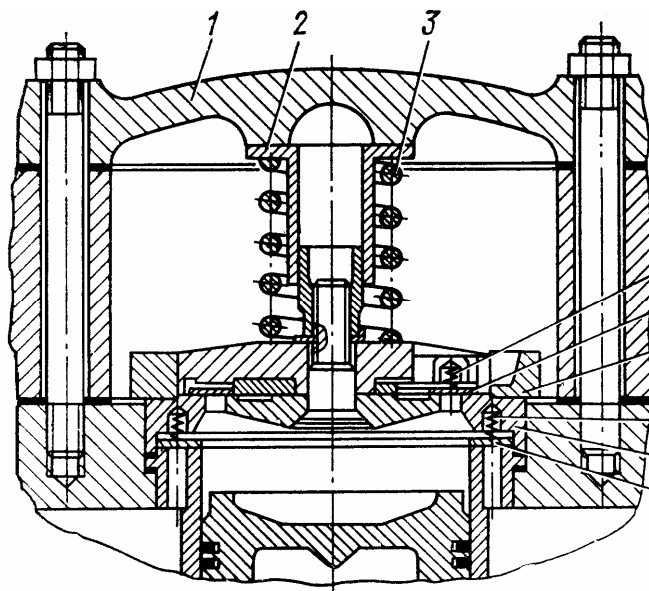


Рисунок 3.2 – Клапанна група без регулювання продуктивності: 1 – кришка; 2 – втулка; 3 – буферна пружина; 4 – пружина нагнітального клапана; 5 – пластина нагнітального клапана; 6 – корпус нагнітального клапана; 7 – пружина всмоктувального клапана; 8 – корпус всмоктувального клапана; 9 – пластина всмоктувального клапана

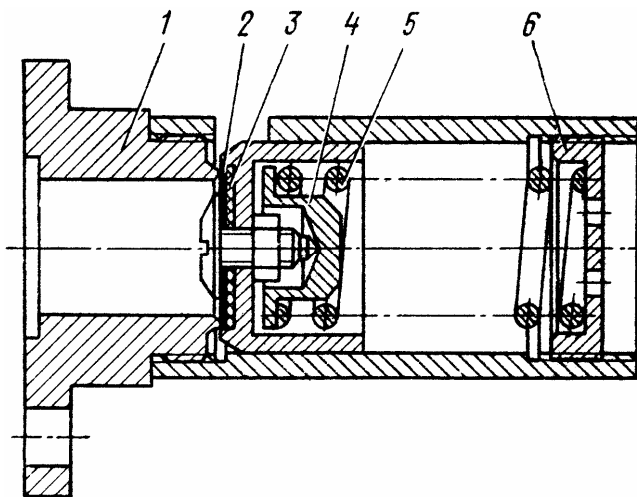


Рисунок 3.3 – Запобіжний клапан: 1 – сідло; 2 – гумова прокладка; 3 – фторопластова прокладка; 4 – клапан; 5 – пружина; 6 – регулююча гайка

щення, потім у корпус сальника, звідки по отворах у колінчатому валі попадає до шатунних підшипників. Змащення опорних підшипників, верхніх голівок шатунів і циліндрів відбувається за рахунок розбризкування. Для нормальної роботи компресора різниця тисків у сальнику і картері повинна бути в межах 0,2... ..0,3 МПа. У фільтр тонкого очищення вбудовано пропускний регулювальний клапан, що підтримує відповідний тиск. У картер фреонових компресорів вбудовано електропідігрівач олії. Підігрів дозволяє випарити фреон, що розчинився в олії під час тривалої стоянки, і тим самим виключити відмову масляного насоса в результаті спінювання олії під час пуску компресора.

Всі аміачні і низькотемпературні фреонові компресори мають водяне охолодження нагнітальної порожнини циліндрів.

Компресори випускаються *без регулювання і з регулюванням* продуктивності. Регулювання здійснюється віджимом плас-



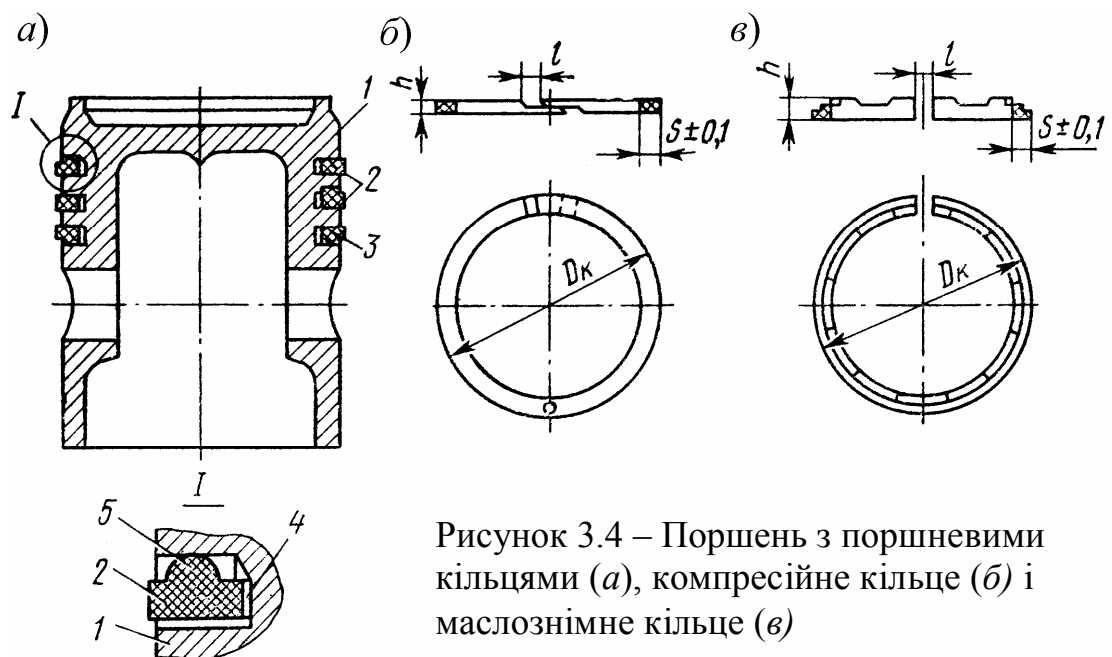


Рисунок 3.4 – Поршень з поршневими кільцями (а), компресійне кільце (б) і маслознімне кільце (в)

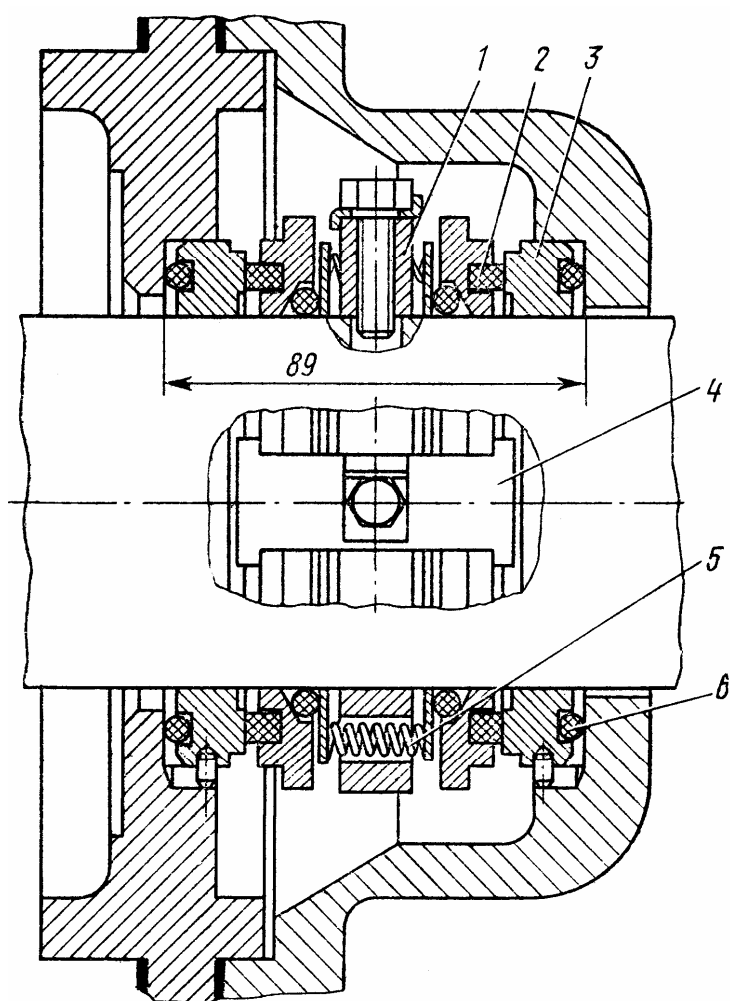


Рисунок 3.5 – Сальник компресора П-220:  
 1 – обойма;  
 2 – графітове кільце;  
 3 – сталеве кільце;  
 4 – планка;  
 5 – пружина;  
 6 – ущільнювальне кільце

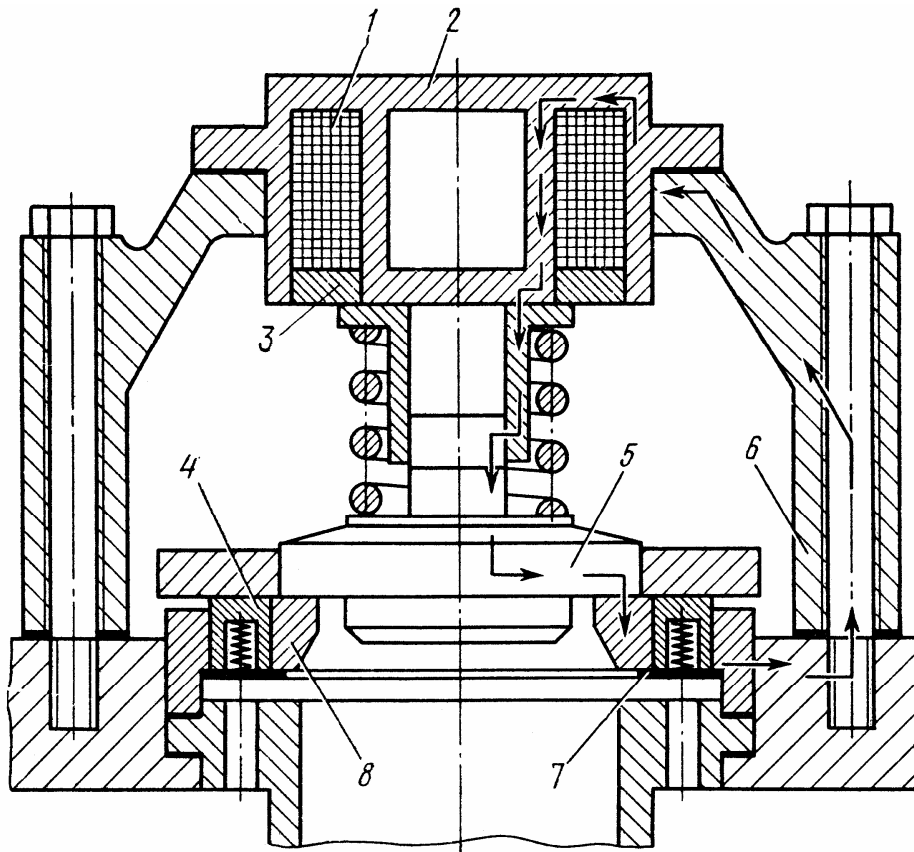


Рисунок 3.6 – Схема електромагнітного віджиму пластини всмоктувального клапана: 1 – котушка електромагніта; 2 – корпус електромагніта; 3, 4 – немагнітні вставки; 5 – нагнітальний клапан; 6 – проставка компресора; 7 – пластинка всмоктувального клапана; 8 – корпус всмоктувального клапана

тин всмоктувальних клапанів.

Віджим пластин відбувається за рахунок зосередженого в зоні пластин електромагнітного поля, що притягає пластини до сідла клапана. Електромагніти розміщені у верхніх кришках циліндрів. Напруга, що подається на котушку, складає 36 В. При подачі струму на котушку електромагніта утвориться магнітне поле. Завдяки наявності в корпусах котушки і клапана уварених вставок з немагнітної сталі, магнітні силові лінії поширюються за схемою, що зображено на рис. 3.6. При всмоктуванні пластинка усмоктувального клапана притискається до корпусу клапана і, замикаючи магнітне поле між зовнішнім і внутрішнім кільцями корпусу, залишається в притягнутому положенні. При знятті напруги з котушок клапан стає самодіючим. Напрямна нагнітального клапана виготовлена з алюмінію, що виключає замикання магнітних силових ліній безпосередньо через нагнітальний клапан.

Конструктивно компресори, призначені для роботи на фреонах, відрізняються від компресорів, що працюють на аміаку,

тільки сортом матеріалу гумовотехнічних виробів і різним матеріалом приводної шестірні масляного насоса, а також відсутністю водяного охолодження циліндрів. Крім того, у компресорах, що працюють на фреоні, в одній з бічних кришок змонтований нагрівальний елемент, що запобігає спінюванню олії, щоб уникнути зриву його подачі в систему при пуску компресора після тривалих стоянок при низьких температурах навколишнього повітря.

### **3.2 Гвинтові компресори**

Розрізняють два типи *гвинтових компресорів*: компресори *сухого стиску*, що стискають і нагнітають газ, не забруднений олією, тобто в порожнину стиску таких компресорів олія не надходить, і *маслозаповнені* компресори, у порожнину стиску яких подається велика кількість олії. У холодильній техніці застосовуються в основному маслозаповнені гвинтові компресори. У порівнянні з компресорами сухого стиску, маслозаповнені мають переваги: олія охолоджує стиснений газ і ущільнює зазори між елементами компресора, що зменшує внутрішні перетічки пари і підвищує об'ємну подачу компресора, а також знижує температуру пари при нагнітанні, що дозволяє спростити конструкцію компресора, знизити частоту обертання, зменшити шум, розширити область одноступінчатого стиску, наблизити процес до найбільш вигідного ізотермічного, підвищивши надійність і довговічність компресорів, здійснити повну їхню автоматизацію. До їхніх недоліків відноситься наявність розвиненої системи змащення, що приводить до збільшення маси і габаритів компресорних агрегатів, підвищення їхньої вартості. Гвинтові компресори мають переваги і перед толоковими: відсутні усмоктувальні і нагнітальні клапани, частини, що рухаються поступально, немає тертя між ротором і корпусом, що підвищує їхню надійність і довговічність і збільшує міжремонтні терміни. Однак енергетична ефективність гвинтових маслозаповнених компресорів трохи нижче, ніж толокових. З урахуванням переваг і недоліків, гвинтові маслозаповнені компресори доцільно застосовувати в діапазоні холодопродуктивності від 400 до 1750 кВт. Розроблено типорозмірний ряд гвинтових компресорів, що містить у собі три базові моделі **5BX-350**, **6BX-700** і **7BX-1400** із зовнішніми діаметрами роторів 200, 250 і 315 мм, відношенням їхньої довжини до діаметра 1,35, що відповідає холодопродуктивності 350, 700, 1400

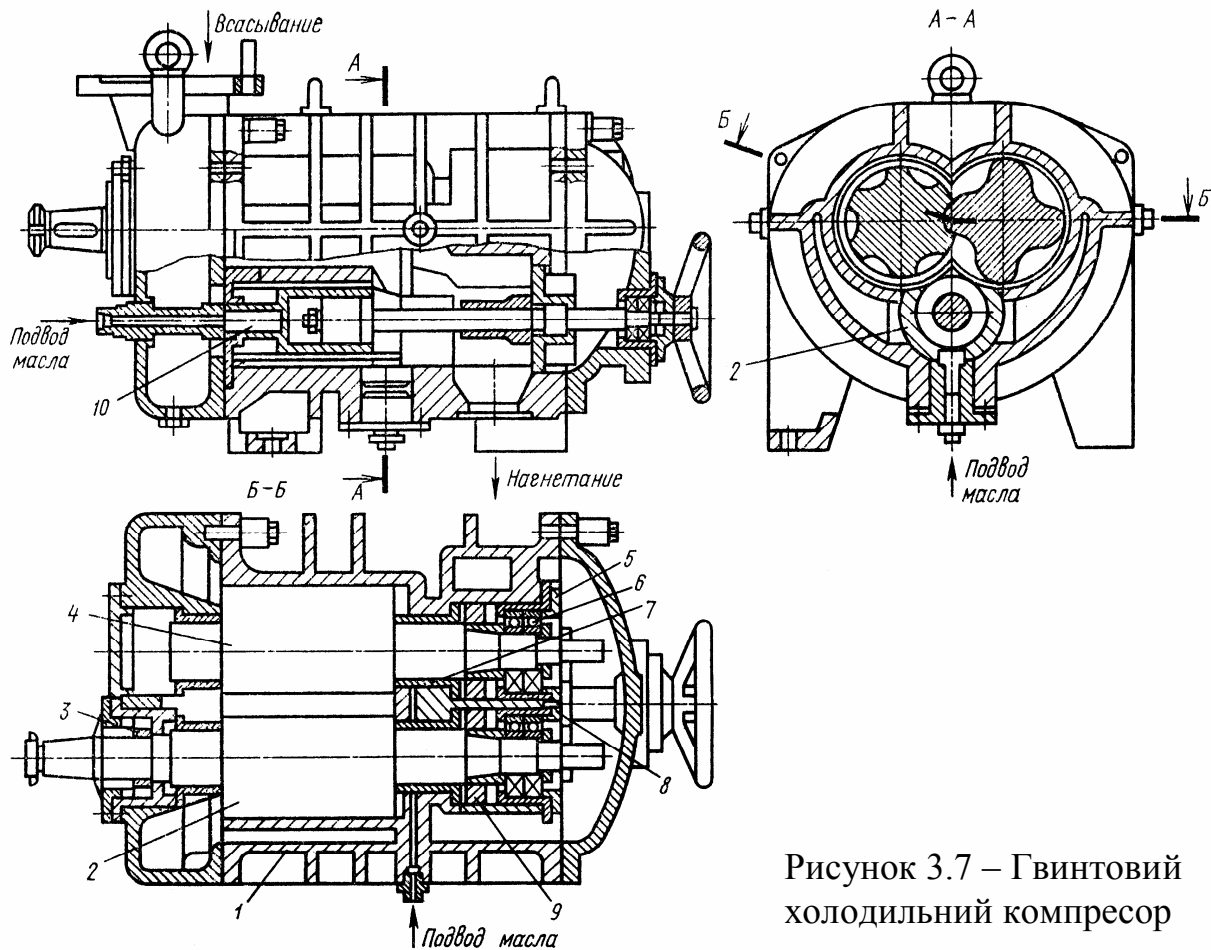


Рисунок 3.7 – Гвинтовий холодинний компресор

тис. ккал/год для аміаку при  $t_{\text{и}} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{к}} = +30\text{ }^{\circ}\text{C}$  і частоті обертання  $50\text{ с}^{-1}$  ( $3000\text{ хв}^{-1}$ ).

Степінь підвищення тиску газу залежить від співвідношення чисел зубів. Звичайно застосовують співвідношення чисел 4:6, а для найбільш високих степенів підвищення тиску — 6:8. Газ нагнітається, коли западини, у яких він знаходиться, сполучаються з нагнітальним вікном, розташованим з іншої торцевої стінки корпусу. Наявність декількох западин і гвинтове розташування їх на роторах забезпечує безперервність подачі газу.

Компресор складається з корпусу, ведучого і веденого роторів, регулятора продуктивності і сальника, рис. 3.7. Корпус 1 компресора — чавунний, литий, з одним вертикальним розніманням. У ньому є робоча порожнина з діагональним розташуванням вікон всмоктування і нагнітання. Вікно нагнітання виконане в змінній торцевій приставці різних розмірів, що дозволяє уніфікувати корпус у компресорах з різними геометричними степенями стиску: 2,6, 4,0 і 5,0. У циліндричних розточеннях корпусу знаходяться ведучий 2 і ведений 4 ротори (гвинти), виготовлені з легованої конструкційної сталі з зубчато-гвинтовими лопатами.

Ведучий ротор, з'єднаний з електродвигуном муфтою, має чотири опуклих зуби, ведений ротор, що приводиться в рух тиском пари, стисненої в робочих порожнинах, має шість западин. При обертанні роторів профілі зубів взаємно обкатуються, не стикаючись один з одним, що досягається точним виконанням профілів зубів і синхронізуючою парою шестирень 8, що утримує вали ротора на визначеній відстані один від одного внаслідок однакової кутової швидкості їхнього обертання і забезпечує мінімальні зазори між профілями роторів (менш 1 мм), а також їх кришками і розточенням корпусу: з боку усмоктування – 0,5 мм, з боку нагнітання – 0,1 мм. Зазори між ротором і циліндричною поверхнею корпусу 0,25 мм. Опорами роторів служать підшипники ковзання 7 у вигляді бронзових втулок, залитих бабітом, що сприймають радіальні навантаження.

При роботі компресора на роторах виникають великі радіальні й осьові навантаження через значну різницю тисків нагнітання й всмоктування, приблизно 1,7...1,8 МПа. Осьові навантаження, що діють на ротори, сприймаються здвоєними радіально-упорними шарикопідшипниками 6, що встановлені в стакані 5 з діаметральним зазором і не сприймають радіальних сил. Крім підшипників 6, осьові навантаження сприймаються розвантажувальним поршнем 9, що переміщається під тиском олії, що подається в порожнину перед поршнем. Вал ведучого ротора з боку усмоктування ущільнюється сальником 3 торцевого типу з графітовими кільцями тертя.

Принцип дії гвинтового компресора такий. При обертанні роторів поступово починаючи від торця усмоктування звільняються западини між зубами. Ці западини завдяки створюваному в них розрідженню заповнюються парою, що надходить через вікно всмоктування з камери всмоктування. До моменту, коли одна з западин ротора цілком звільниться від зуба і обсяг западини буде максимальним, вона пройде вікно всмоктування і на цьому закінчиться процес всмоктування. Обсяг пари виявиться ув'язненим між поверхнями роторів і корпусу. В ході обертання роторів зуб веденого ротора починає заповнювати западину ведучого ротора, зменшуючи її обсяг і тим самим стискаючи пару. Потім западина ведучого ротора з'єднається з відповідною западиною відомого, утворивши загальну парну порожнину. Трохи пізніше наступний зуб ведучого ротора починає

заповнювати розглянуту западину веденого, стиск пари в парній порожнині прискорюється і відбувається до того моменту, коли порожнина підійде до крайки вікна нагнітання, і в момент, коли парна порожнина з'єднається з камерою нагнітання, починається процес нагнітання. Процеси всмоктування, стиску і нагнітання пари послідовно чергуються для кожної окремо взятої парної порожнини, але завдяки безупинному проходженню порожнин одна за одною з великою швидкістю забезпечується безперервна подача пари компресором.

Мастило від насоса подається в усмоктувальну камеру і проходить разом з парою через компресор. Температура олії впливає на температуру нагнітання пари, що навіть при великих відносинах тисків не досягає високих значень, і тому гвинтові маслозаповнені компресори можуть використовуватися для одержання низьких температур в одноступінчатому циклі.

Конструкція гвинтового компресора дозволяє плавно регулювати продуктивність у межах від 10 до 100 %. У нижній частині циліндра є проріз, у якій переміщається золотник 10 уздовж осі роторів за допомогою електродвигуна через черв'ячний редуктор. При крайньому положенні золотника на стороні усмоктування продуктивність компресора буде номінальною. При переміщенні золотника убік нагнітання робоча довжина роторів зменшується і знижується продуктивність. Золотник також розвантажує компресор під час пуску для зменшення пускового моменту і зниження пускових навантажень. Золотник має і ручний привід за допомогою маховика, розташованого на корпусі черв'ячного редуктора.

### **3.3 Ротаційні компресори**

Компресор, у якому ротор (поршень) обертається щодо циліндра, називається **ротаційним**. По характеру руху ротора ротаційні компресори розділяють на дві основні групи: з **ротором, що котиться**, і з **обертотним ротором**.

На рис. 3.8 зображена схема ротаційного компресора з ротором, що котиться. По нерухомій поверхні циліндра 1 котиться ротор 2, що приводиться в рух валом з ексцентриком. Оскільки вісь ротора зміщена щодо осі циліндра, між циліндром і ротором утвориться серпоподібна порожнина, положення якої безупинно міняється в залежності від кута повороту ротора. Серпоподібна порожнина розділена пластиною (лопатою 3), що щільно притис-

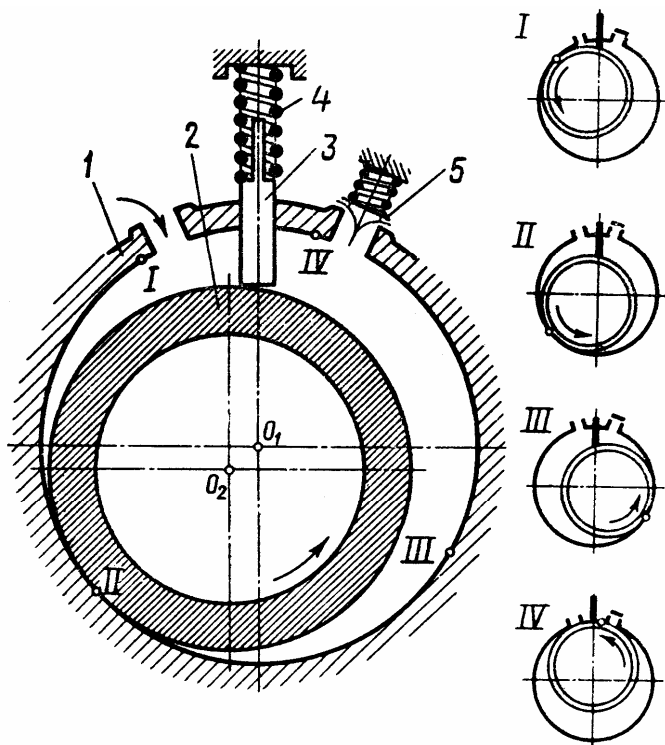


Рисунок 3.8 – Схема ротаційного компресора з ротором, що котиться

кається пружиною 4 до ротора, на дві ізолювані частини — всмоктувальну і нагнітальну. Коли ротор знаходиться у верхньому положенні (I) і віджимає лопату в паз, у циліндрі утвориться одна серпоподібна порожнина, заповнена парами холодоагенту. При подальшому обертанні ротора пластина під дією пружини опускається (II), розділяючи циліндр на дві ізолювані порожнини. Обсяг серпоподібної порожнини, що знаходиться за ротором, збільшується, і порожнина заповнюється парою зі всмоктувального трубопроводу. Процес всмоктування закінчується, коли всмоктувальна порожнина займає максимальний обсяг (III). В міру руху ротора обсяг порожнини перед ротором зменшується, у результаті чого пара стискується; коли тиск пари трохи перевищує тиск у нагнітальному трубопроводі (тобто в конденсаторі), відкривається нагнітальний клапан 5 і стиснута пара виштовхується в нагнітальний трубопровід IV.

Ротаційний герметичний компресор **ФГР-0,7** холодопродуктивністю 815 Вт з ротором, що котиться, показаний на рис. 3.9. Компресор з електродвигуном укладений в штампований сталевий кожух 2. Всередині циліндра 14 розміщений ротор 15, насаджений на ексцентриковий вертикальний вал 3. Вал спирається на два бронзових підшипники 8 і 10. У лівій частині циліндра знаходиться лопата 12 із пружиною 13, що притискає лопату до поверхні ротора. Нагнітальний пластинчастий клапан 1 поміщено у нижній кришці. Компресор урівноважений установкою на торцях ротора 6 двох противаг 7. У нижню частину ексцентрикового вала, що має центральний отвір, впресована втулка 11 з одним центральним і чотирма радіальними отворами, що виконує роль відцентрового масляного насоса. Олія піднімається по цент-

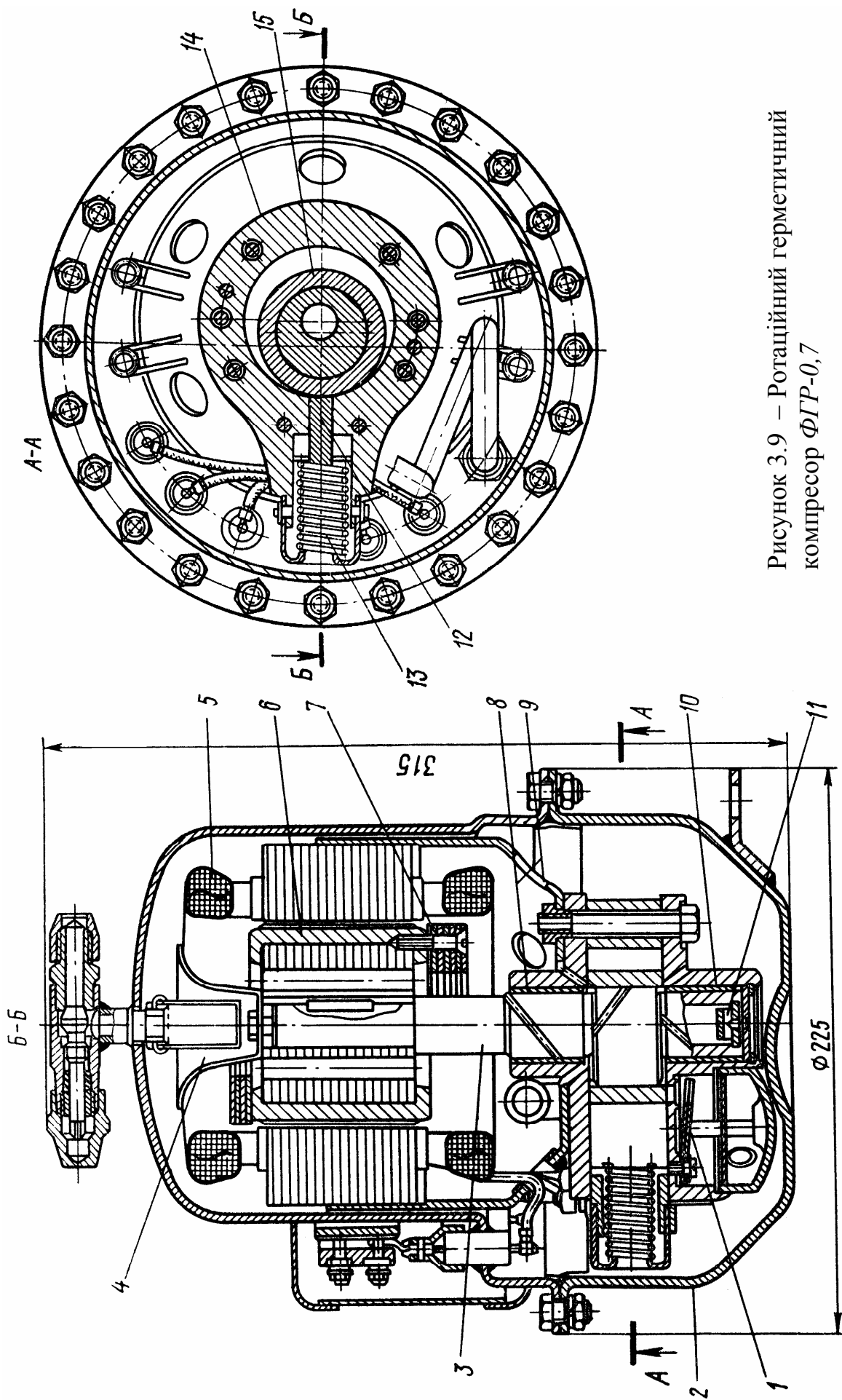


Рисунок 3.9 – Ротаци́нный герметичный компрессор ФГР-0,7



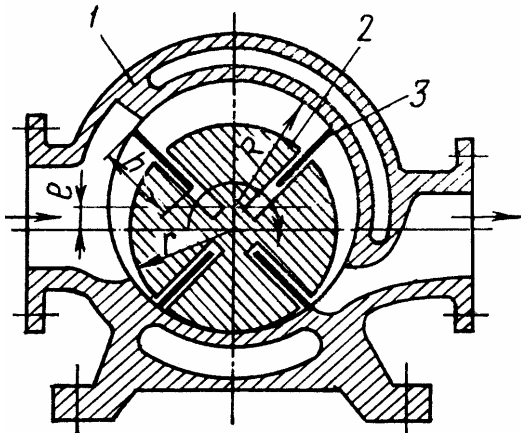


Рисунок 3.10 – Пластинчастий компресор

У верхній частині ексцентрикового вала болтом ротора електродвигуна кріпиться фігурна чашка 4, що служить для відбою олії. Це забезпечує гарне охолодження обмоток 5 електродвигуна і запобігає влученню олії в зазор між статором і ротором.

На рис. 3.10 зображена схема компресора з обертовим ротором 2 у нерухомому циліндрі чи корпусі 1. Вісь обертання ротора зміщена щодо осі циліндра. У роторі є прорізи, у яких сковзають пластини 3. При обертанні ротора пластини під дією відцентрової сили виштовхуються з прорізів і упираються в поверхню циліндра, потім знову займають первісне положення. Простір між циліндром і ротором поділяється пластинами на окремі камери, найбільший обсяг яких — у верхній частині циліндра, найменший — у нижній частині. Пара з усмоктувального трубопроводу захоплюється пластинами і стискується в камерах між пластинами. Коли камера досягає нагнітального вікна, пара виштовхується через вікно в нагнітальний трубопровід. Ротаційні пластинчасті аміачні компресори в даний час застосовують у якості підтискних для одержання низьких температур у двоступінчастій установці. Промисловість випускає пластинчастий ротаційний аміачний компресор *P90-7-6*, рис. 3.11.

Циліндр 1 і торцеві кришки 5 і 10 компресора – чавунні, литі, з водяними охолодними сорочками 4. Ротор 2 являє собою чавунний барабан, напесований на сталевий вал 9. По всій довжині ротора профрезеровані пази під пластини 3, вироблені з азботекстоліту. Вал спирається на радіальні роликпідшипники 11. Вихідний кінець вала ущільнюється за допомогою сальника тертя 7, встановленого в корпусі 6. Сальник закритий кришкою 8,

ральному отворі вала до середньої частини верхнього підшипника, звідки через радіальне свердління подається в спіральну канавку, по якій викидається в чашку 9, що є маслозбірником. З чашки олія по трьох каналах надходить у кільцеву канавку верхньої частини роторного підшипника, потім по спіральній канавці спускається в нижню кільцеву канавку і виводиться в

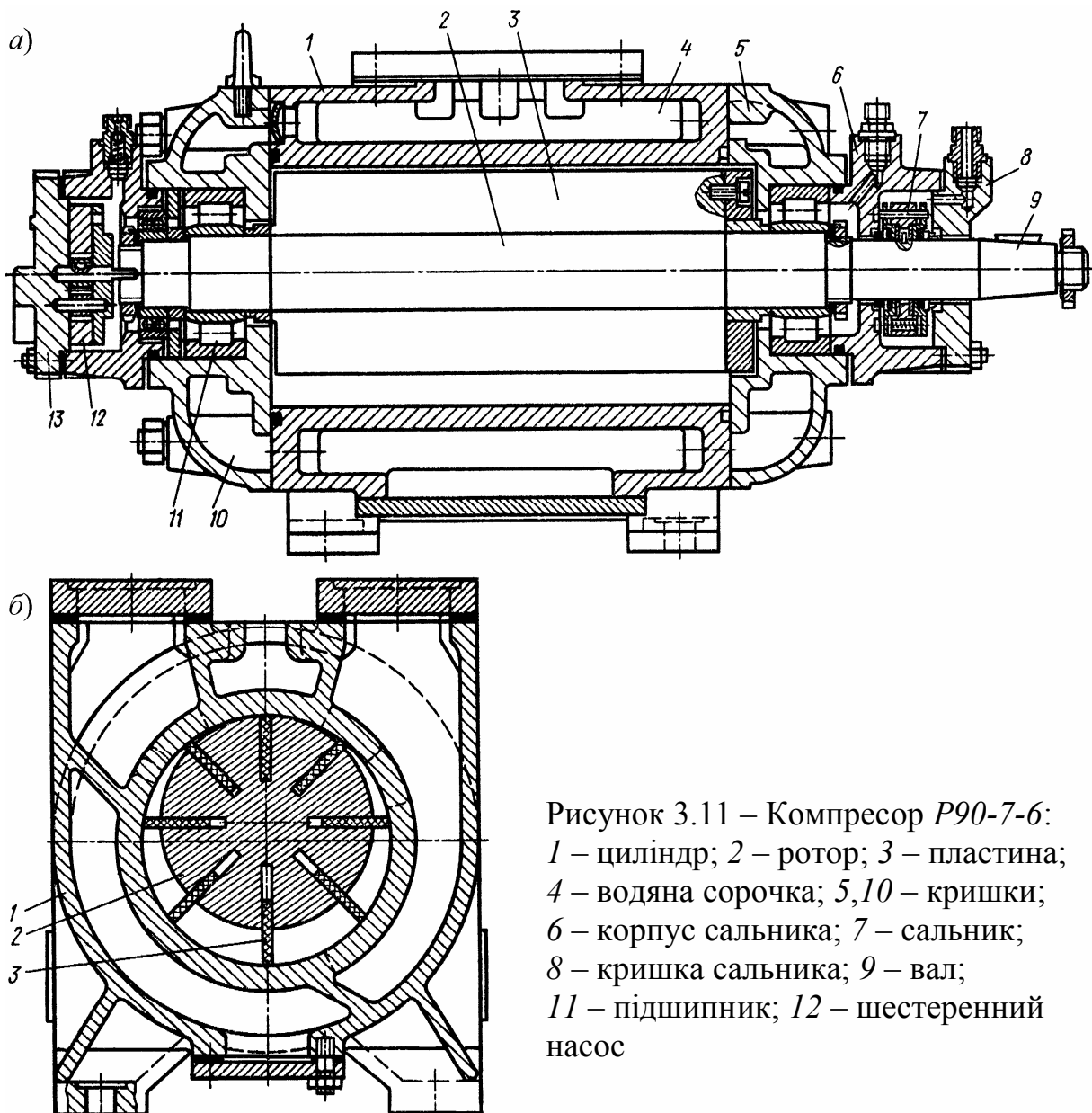


Рисунок 3.11 – Компресор *P90-7-6*:  
 1 – циліндр; 2 – ротор; 3 – пластина;  
 4 – водяна сорочка; 5, 10 – кришки;  
 6 – корпус сальника; 7 – сальник;  
 8 – кришка сальника; 9 – вал;  
 11 – підшипник; 12 – шестеренний  
 насос

пара тертя — графіт-сталь. Клапанів у компресорі немає, пари аміаку всмоктуються і нагнітаються через вікна циліндра. Змащення компресора здійснюється від шестеренного насоса 12, що змонтований на компресорі і приводиться в дію від його вала. Насос закритий кришкою 13.

Ротаційні компресори в порівнянні з толоковими мають ряд переваг: значно менші габаритні розміри і масу, відсутність всмоктувальних, а часто і нагнітальних клапанів; гарну врівноваженість, що дає можливість відмовитися від фундаментів, установлювати компресори на верхніх поверхах будівель і застосовувати їх у транспортних установках. Внаслідок невеликої кількості частин, що рухаються, які піддаються зносу і поломці, ротаційні компресори надійні в експлуатації навіть при роботі «вологим ходом» і прості в обслуговуванні. Істотний їхній недолік у порів-

нянні з толоковими компресорами — необхідність великої точності виготовлення, тому що високий к.к.д. цих машин можна забезпечити при мінімальних нещільностях між ротором і торцями циліндра, пластинами і стінками.

#### **4 Лабораторна робота №4. Конструкції апаратів парокompресорних холодильних машин (агрегатів)**

У холодильній техніці розрізняють основні і допоміжні апарати. До основних теплообмінних апаратів компресорних холодильних машин відносять конденсатори і випарники, до допоміжних – теплообмінні й інші апарати, що забезпечують стабільність, безпеку, а також підвищену енергетичну ефективність роботи холодильних машин і установок. Наприклад, до допоміжних апаратів шахтних холодильних машин відносять ресивери, регенеративні теплообмінники, фільтри, осушувачі.

##### **4.1 Конденсатори**

Конденсатори — теплообмінні апарати, у яких здійснюється процес перетворення холодильного агента з газоподібного стану в рідке.

По способу відводу теплоти конденсатори фреонових холодильних машин бувають з *водяним, випарним і повітряним* охолодженням. Використовують переважно горизонтальні кожухотрубні конденсатори типу *КТР* із водяним охолодженням.

Кожухотрубний конденсатор типу *КТР*, рис. 4.1, складається зі сталевого кожуха 5, до торців якого приварені трубні решітки 1. В отворах трубних решіток розвальцьовані мідні оребрені трубки 4, усередині яких рухається охолодна вода. Трубні решітки закриті кришками 3 з перегородками, що забезпечують багатопотіковий (від 2 до 8 ходів) потік охолодної води. На одній із кришок є два патрубки: нижній для підведення охолодної, верхній — для відводу нагрітої води. Зверху або збоку на кожусі є патрубок із фланцем для підведення газоподібного холодоагенту з компресора, запобіжний клапан 6, а також клапан 11 для випуску повітря. Знизу до кожуха приварені відстійник і патрубок для добору рідкого холодоагенту. Пари надходять у міжтрубний простір, рідкий холодоагент збирається в нижній (ресиверній) частині кожуха. Для контролю за рівнем рідини конденсатори обладнують показчиками рівня.

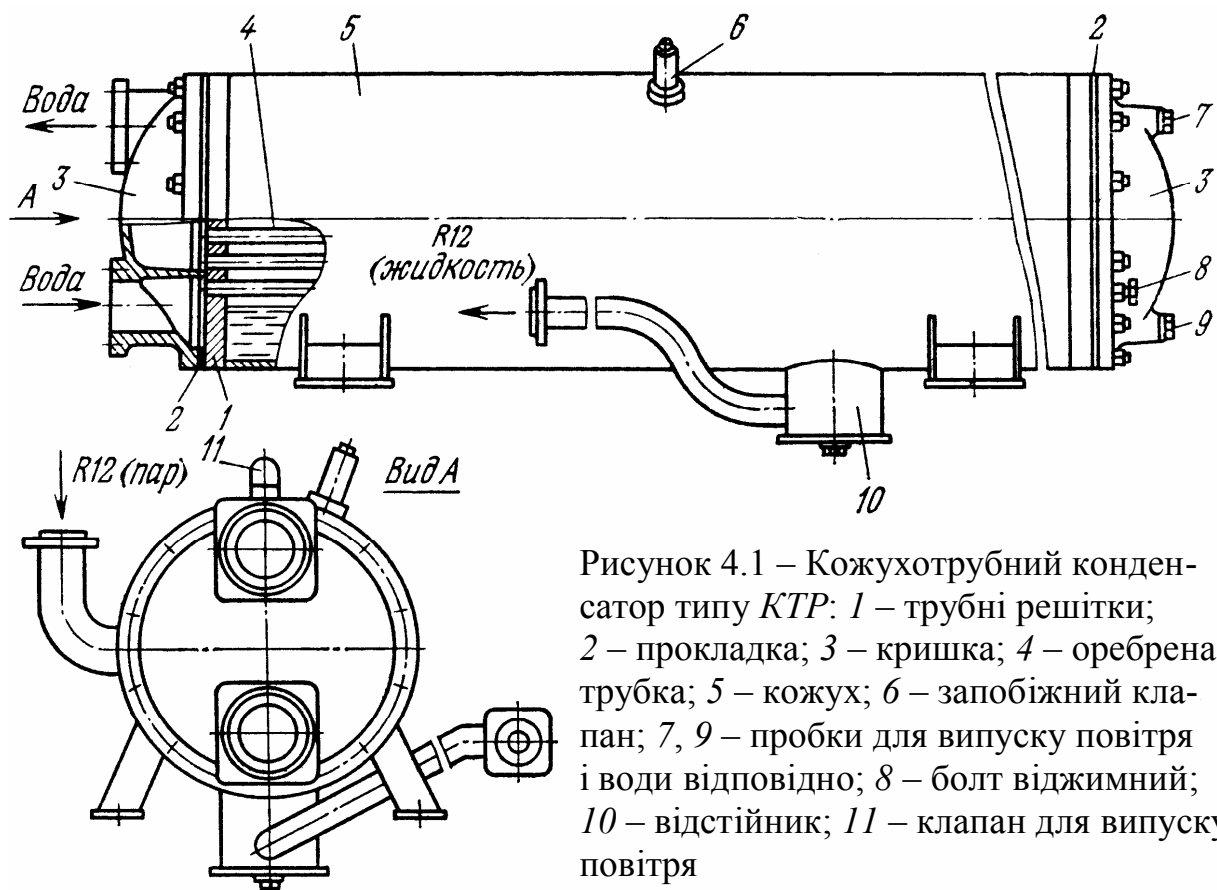


Рисунок 4.1 – Кожухотрубний конденсатор типу *KTP*: 1 – трубні решітки; 2 – прокладка; 3 – кришка; 4 – оребрена трубка; 5 – кожух; 6 – запобіжний клапан; 7, 9 – пробки для випуску повітря і води відповідно; 8 – болт віджимний; 10 – відстійник; 11 – клапан для випуску повітря

Теплопередавальна поверхня фреонових конденсаторів типу *KTP* виконана з мідних труб  $20 \times 3$  мм і коефіцієнтом оребрення  $\beta = F_H / F_{BH} = 3,64$ .

Останнім часом для фреонових кожухотрубних конденсаторів використовують мідні оребренні труби з заготовки  $16 \times 2$  мм із коефіцієнтом оребрення 3,99. Такі труби встановлені, наприклад, у конденсаторах *KTP-25* (кондиціонер *KПШ-90*).

Особливості конструкції кожухотрубних конденсаторів для холодильних машин з відцентровими компресорами обумовлені великими масовими витратами холодильного агента. З метою рівномірного розподілу пару холодильного агента подають у конденсатор через колектор, приєднаний до апарата в декількох перетинах по довжині, або через розподільну решітку.

Марка конденсатора типу *KTP* (наприклад, *KTP-50*) розшифровується в такий спосіб: *K* — конденсатор, *T* — трубчастий, *P* — ребристий; цифри після букв показують величину зовнішньої теплообмінної поверхні в  $m^2$ .

Коефіцієнти теплопередачі конденсаторів залежать від конструкції теплообмінної поверхні, швидкості руху охолодної води й

інших факторів. Для конденсаторів типу **КТР-300** (холодильна машина **ХТМФ-235М-2000**)  $k = 3,0 \dots 3,5$  кВт/(м<sup>2</sup>·К).

## 4.2 Випарники

По характеру заповнення холодильним агентом випарники поділяють на **затоплені** і **незатоплені**.

У **кожухотрубних випарниках затопленого типу** холодильний агент кипить у міжтрубному просторі, а охолоджувана рідина протікає в трубах. У порівнянні з іншими апаратами вони менш піддані корозії, тому що мають закриту циркуляційну систему холодоносія, більш компактні, мають високу теплову ефективність. Їх недолік — небезпека замерзання холодоносія в трубах у випадку порушень його протоки.

Фреонові холодильні машини комплектують кожухотрубними випарниками типу **ІТР**. Конструктивно ці випарники аналогічні кожухотрубним конденсаторам типу **КТР**.

Парорідинна суміш від регулюючого вентиля підводиться знизу в міжтрубний простір апарата. У верхній частині випарника передбачено вільний від труб простір, що служить сепаратором для відділення пари від часток рідини, що захоплюється ним.

Випарники обладнано запобіжним клапаном, покажчиком рівня рідини, мановакууметрами для визначення тиску і температури кипіння. Для зниження втрат холоду зовнішня поверхня випарника покривається теплогідроізоляцією.

Для фреонових випарників, що працюють на **R12** (**ІТР-1800**, **ІТР-600**), коефіцієнт теплопередачі в залежності від умов кипіння складає  $0,8 \dots 1,4$  кВт/(м<sup>2</sup>·К) при щільності теплового потоку  $q = 4 \dots 10$  кВт/м<sup>2</sup>. Для випарників, що працюють на **R22**, при швидкості холодоносія  $1,0 \dots 1,5$  м/с і середньої різниці температур  $\Delta t = 4 \dots 6$  °С —  $q = 3,3 \dots 7,9$  кВт/м<sup>2</sup>.

У **кожухотрубних випарниках незатопленого типу** холодильний агент кипить усередині труб, а холодоносій рухається у міжтрубному просторі. У кожусі такого випарника передбачено поперечні сегментообразні перегородки, що забезпечують підвищену швидкість холодоносія ( $0,3 \dots 0,8$  м/с) і поперечне обтікання холодоносієм пучка труб.

Труби, що утворюють теплообмінну поверхню випарника, виготовляють з міді. Розмір труб  $20 \times 1,5$  або  $16 \times 1,0$  мм. Усередині труб запресовані восьми- або десятиканальні алюмінієві сердеч-

ники, рис. 4.2. Коефіцієнт оребрення для труб розміром  $20 \times 1,5$  мм складає 2,52, а для труб розміром  $16 \times 1,0$  мм — 2,21.

Випарники з внутрітрубним кипінням холодильного агента застосовані в шахтних холодильних машинах *КШ 220-2-1* і *21 ШМКТ 820-2-0*. Вони дозволяють одержати низькі кінцеві температури холодоносія, не побоюючись його замерзання і можливого розриву труб. Вода в таких апаратах може охолоджуватися до  $1 \dots 2$  °С. Однак ці випарники надійно працюють тільки при досить повному заповненні трубок рідким холодильним агентом.

**Випарники для охолодження повітря** бувають двох видів — із **природною циркуляцією** повітря і з **примусовою**, створюваною за допомогою вентилятора. Випарники з природною циркуляцією застосовують переважно для комплектації машин торгового холодильного устаткування.

За конструктивними ознаками випарники поділяють на **ребристотрубні**, **гладкотрубні**, **листочкові** або листопрокатні і **панельні**. У фреонових холодильних машинах одержали поширення ребристотрубні випарники, виготовлені з труб, оребрених різними способами. Оребрення труб роблять для збільшення зовнішньої теплопередавальної поверхні. У більшості випадків застосовують оребрення декількох труб плоскими суцільними ребрами прямокутної форми.

Випарники збирають з декількох ребристотрубних секцій. Кінці трубок з'єднують калачами. Для виготовлення секцій застосовують труби з міді діаметром 12, 16, 18 і 20 мм. Ребра штампують з алюмінієвої стрічки товщиною 0,5 мм або латунної стрічки товщиною 0,4...0,5 мм. Крок ребер для випарників, що працюють при температурах кипіння нижче 0 °С, — 8...15 мм, а при температурах кипіння вище 0 °С — 3...5 мм. Місця з'єднання трубок з калачами паяють мідно-фосфорним припоєм або латунню.

Шахтні пересувні кондиціонери типу *КПШ* обладнані ребристотрубними випарниками з примусовим рухом повітря. Секція такого випарника показана на рис. 4.3.

### **4.3 Допоміжні апарати**

**Ресивери** — сталеві циліндричні судини, що використовуються як ємкості для рідкого холодильного агента. До корпусу ресивера приварюють патрубки для приєднання його до системи холодильної машини й установки необхідних запірних вентилів.

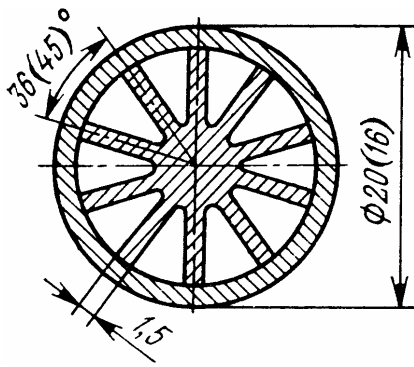


Рисунок 4.2 – Трубка з внутрішнім оребренням

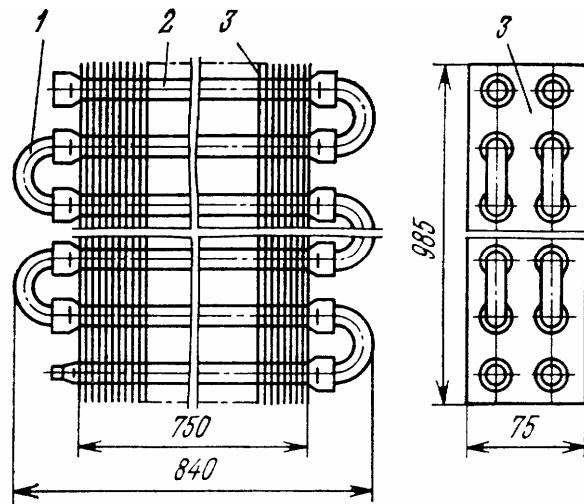


Рисунок 4.3 – Секція ребристотрубного випарника (кондиціонер КПШ-90): 1 – калач; 2 – трубка мідна; 3 – латунне ребро

Ресивери великих холодильних установок забезпечуються запобіжним клапаном, показчиком рівня, оглядовим люком, патрубком для приєднання зрівняльної лінії.

У залежності від виконуваних функцій розрізняють ресивери *лінійні* і *дренажні*.

**Лінійні ресивери** встановлюють між конденсатором і регулюючим вентилям. Вони служать для компенсації розходження в заповненні випарника рідиною при зміні теплового навантаження, звільнення конденсатора від рідини, а також збереження запасу рідкого холодильного агента, необхідного для компенсації витоків у системі холодильної машини.

**Дренажні ресивери** необхідні для зливу рідкого холодильного агента з апаратів і трубопроводів, як при експлуатації, так і перед ремонтом. Дренажний ресивер повинний уміщати рідкий холодильний агент із будь-якого апарата або з найбільш ємкого випарника.

У фреонових холодильних машинах в якості дренажного застосовані ресивери **РУФІ**. Місткість їх підбирають виходячи з кількості холодильного агента, заправленого в одну машину і його кількості, що витрачається на поповнення всієї холодильної станції протягом кварталу. Заповнення і спорожнювання ресивера здійснюють звичайно передавлюванням холодоагенту у відповідні апарати холодильної машини. Для цього можна застосовувати також допоміжні фреонові холодильні агрегати, з'єднані трубами з ресивером і апаратами основної холодильної машини.

Внутрішня поверхня ресивера обробляється з метою додання їй властивостей хімічної пасивності.

**Регенеративні теплообмінники** використовують у системах фреонових холодильних машин з толоковими і гвинтовими компресорами.

У теплообміннику здійснюються процеси перегріву пари, що надходить у компресор з випарника, і переохолодження рідини, що рухається з конденсатора до регулюючого вентиля. По конструктивному виконанню розрізняють регенеративні теплообмінники типу «труба в трубі», кожухозмієвикові і кожухотрубні.

Кожухозмієвиковий теплообмінник являє собою сталеву трубу з двома сферичними днищами, у якій установлений змійовик з мідної труби. При роботі холодильної машини по змійовику рухається рідина, а в межтрубному просторі — пара, що відсмоктується компресором з випарника. Рух пари спрямований у протитік руху рідини.

**Осушувачі** застосовують у фреонових холодильних машинах для поглинання вологи з рідкого холодильного агента. Як поглиначі вологи (адсорбенти) використовують висушені *силікагель* або *цеоліт*. Кількість цеоліту в осушувачі при експлуатації повинна бути не менш 2 г на 1 кг фреону, що міститься в холодильній машині. Для запобігання віднесення дрібних часток адсорбенту в систему осушувачі звичайно виконують разом з фільтром (фільтр-осушувач). У холодильних машинах холодопродуктивністю до 110 кВт у фільтрах-осушувачах поширені сітки з латуні, а в машинах великої продуктивності — з корозієстійкої сталі або оцинковані з вуглецевистої сталі. Останні встановлюють у два шари (рідинні фільтри) або в один (фільтри-осушувачі).

**Фільтр-осушувач** розміщують на рідинній лінії після конденсатора.

**Фільтри**, що застосовують в холодильних машинах, поділяють на *газові*, *рідинні* і *масляні*. Вони служать для захисту дросельних приладів і тертьових поверхонь компресорів, а також приладів автоматичного регулювання від механічних забруднень — окалини, обпилювань, продуктів корозії і т.п.

Газові фільтри встановлюють на всмоктувальній лінії перед входом пари холодильного агента в компресор, рідинні — на трубопроводі після конденсатора чи ресивера безпосередньо



перед регулюючим вентиляем, а масляні — у системах змащення компресора.

У рідинних фільтрах, призначених для аміачних і фреонових холодильних машин, каркас виготовляють зі сталеві безшовної труби зі стінкою товщиною 0,8 мм і отворами діаметром 10 мм. На трубі закріплюють дрібну металеву сітку.

## **5 Лабораторна робота № 5. Устаткування станції холодильних машин**

До складу *станції холодильних машин*, розташованої в спеціальному будинку чи підземній камері, входять не менш двох *холодильних машин* (одна з яких резервна), *ресиверна станція* і *допоміжне устаткування*.

У блоці з будинком холодної станції розташовують спеціальний *ропний резервуар*, що містить відсіки для розриву ропної циркуляційної системи, готування розсолу і збереження запасу солі.

До складу *ресиверної станції* входять: *допоміжний компресорно-конденсаторний холодноий агрегат*, *ресивери*, *повітряний компресор*, *фільтр-осушувач* для стисненого повітря, *вакуум-насос*, *фільтр-осушувач* холодоагенту, *установка для очищення олії*, *зарядний колектор* для приєднання балонів з холодоагентом і *система трубопроводів із запірною арматурою*. Тип і кількість устаткування визначають у залежності від типу і кількості холодильних машин.

*Допоміжний компресорно-конденсаторний холодноий агрегат АК-ФУ40* служить для відсмоктування холодоагенту з балонів, конденсації і слива його в ресивер або випарник, заходжування машини перед пуском, зниження тиску в ресивері, евакуацію холодоагенту з машини в ресивер чи назад. Він складається з толокового компресора ФУ-40, конденсатора КТР-25, електродвигуна АОП2-72-4, приладів автоматичного захисту — реле тиску РД і контролю змащення типу РКС.

Для збереження холодоагенту призначені *ресивери* типу РЛ місткістю від 2 до 6 м<sup>3</sup> (не менш двох).

*Гвинтовий повітряний компресор* служить для створення тиску при іспиті фреонової системи на герметичність.

*Вакуум-насос* типу ВН використовують для осушки системи холодоагенту від вологи і вакуумування її перед заповненням.

*Фреоновий фільтр-осушувач* служить для осушки холодоагенту від вологи. Він має форму вертикальної судини зі знімною кришкою, що дозволяє робити очищення фільтруючого елемента і заміну стакана, що осушує.

*Олієочисна установка ПСМ1-3000* продуктивністю 3000 л/год. призначена для регенерації відпрацьованої олії.

*Допоміжне устаткування* холодильної станції містить у собі насос для готування розсолу і маслостанцію для централізованої роздачі чистої олії. У будинку холодильної станції розміщені маслобаки холодильних машин і ємкість для збору відпрацьованої олії, а також насос для подачі води до допоміжного фреонового агрегату.

## **6 Лабораторна робота № 6. Теплообмінні апарати**

До теплообмінних апаратів стаціонарних установок кондиціонування повітря відносяться *теплообмінники високого тиску, повітро- і водоохолоджувачі*.

*Теплообмінники високого тиску (ТВТ)* встановлюють у шахті, для передачі теплоти від *вторинного холодоносія* (води), що циркулює між *ТВТ* і повітроохолоджувачами, до *первинного холодоносія* (води чи розсолу), що циркулює між випарниками холодильних машин і *ТВТ*. Останні можна застосовувати також для передачі теплоти від охолодної води, що циркулює між конденсаторами холодильних машин і *ТВТ*, до води, що циркулює між *ТВТ* і градирнею, що знаходиться на поверхні шахти.

*ТВТ* набирають з окремих типових *кожухотрубних секцій* (елементів) з розрахунку необхідної холодильної потужності. Кожна секція являє собою кожухотрубний теплообмінний апарат з діаметром кожуха 374 мм. Зовнішній діаметр теплообмінних трубок 20 мм, внутрішній 16 мм, загальна поверхня теплообміну однієї секції 79,7 м<sup>2</sup>. Припустимий тиск у корпусі 2,5 МПа, у трубах — 17,5 МПа.

*Повітроохолоджувачі* — теплообмінні апарати, у яких відбувається процес теплообміну між охолоджуванним повітрям і холодоносієм (водою). У залежності від місця розміщення повітроохолоджувачі розділяють на *стаціонарні, агрегатовані* (пересувні) і *лавні*.

Стаціонарні та агрегатовані повітроохолоджувачі збирають з *типових ребристотрубних секцій*. Секція складається з 20

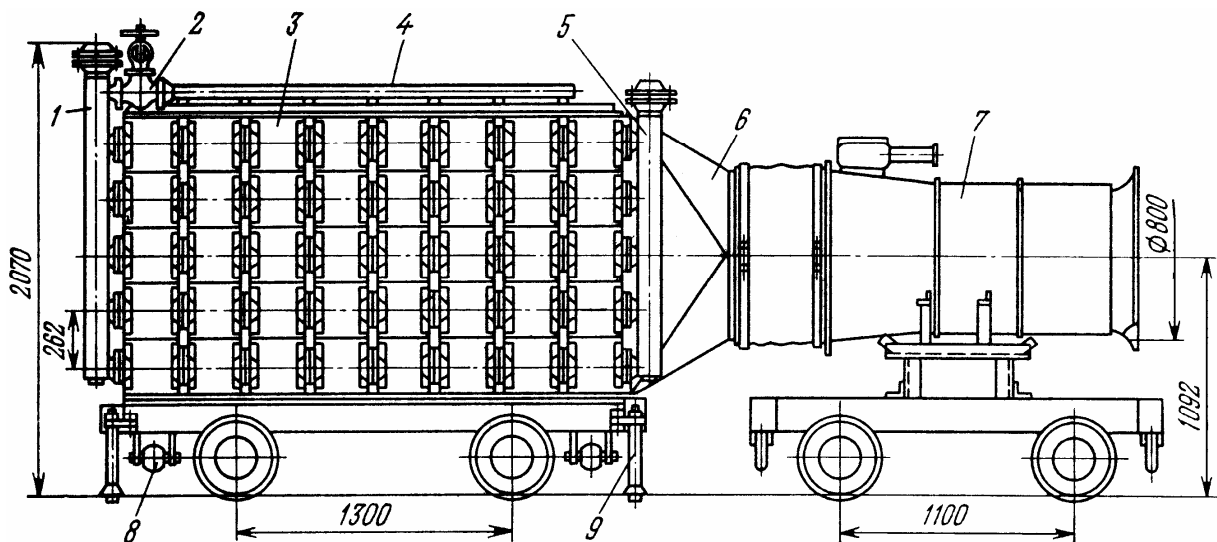


Рисунок 6.1 – Шахтний агрегатований повітроохолоджувач типу АРВЕ:  
 1, 5 – колектори для підведення і відводу холодоносія відповідно;  
 2 – вентиль для подачі промивної води; 3 – секція; 4 – промивний колектор; 6 – дифузор; 7 – вентилятор; 8 – коток; 9 – домкрат

трубок, об'єднаних поперечними пластинами (ребрами). Діаметр трубки 20 мм, відстань між ребрами 7 мм. Кінці трубок приварені до трубних решіток.

*Стационарні* повітроохолоджувачі застосовують при центральній схемі охолодження повітря на поверхні шахти. Їх збирають з типових секцій безпосередньо на місці установки.

*Агрегатовані* повітроохолоджувачі, рис. 6.1, встановлюють у гірничих виробках на візку, обладнаному типовими вагонетковими скатами, комплектують вентиляторами місцевого провітрювання з електро- чи пневмоприводом.

*Лавні* повітроохолоджувачі, призначені для розосередженого охолодження повітря в очисних вибоях, встановлюють на ґрунті або підвішують до кріпи. Холодна вода подається по гнучкому трубопроводу, прокладеному уздовж очисного вибою.

**Водоохолоджувачі** — теплообмінні апарати, призначені для охолодження конденсаторної води.

При розміщенні холодильних машин на поверхні охолодження конденсаторної води роблять у типових секційних вентиляторних *градирнях*. Число секцій залежить від потужності холодильної станції і складає в більшості випадків від двох до п'яти.

**Градирня** складається з *водозбірного басейну* з трубопроводами (підземна частина) і *каркаса* з технологічним устаткуванням і *вентиляторними установками* (наземна частина).

При розміщенні холодильних машин у гірничих виробках у системах оборотного водопостачання конденсаторів застосовують *форсуночні водоохолоджувачі* з горизонтальною камерою зрошення, що складається зі *зрошувача*, *краплеуловлювача* і *піддона* для збору охолодженої води. *Зрошувач* являє собою трубчастий колектор з *форсунками*. Останні розташовують в один ряд по перетині камери зрошення в шаховому порядку. Для огляду і заміни форсунок конструкцією водоохолоджувача передбачений доступ у камеру зрошення. Частина перетину водоохолоджувача, призначена для проходу транспортних засобів і людей, виконують вільною від форсунок. Вільний перетин водоохолоджувача перекритий вентиляційними дверми, а прохід по периметру відділений від камери зрошення герметичною перегородкою. Ділянку гірничої виробки, зайняту під водоохолоджувач, включаючи водозбірник охолодженої води, бетонують і гідроізюлюють. Для уловлювання крапель води, що виносяться потоком повітря з камери зрошення, водоохолоджувач обладнаний *краплеуловлювачем* лабіринтового типу (при швидкості повітря до 3 м/с) або *динамічним водовіддільником* пропелерного типу (при більшій швидкості повітря).

## **7 Лабораторна робота № 7. Пересувні холодильні агрегати і кондиціонери**

Пересувні шахтні установки кондиціонування повітря не мають стаціонарних фундаментів, можуть при необхідності пересуватися і розміщуватися в різних гірничих виробках. У загальному випадку в їхній склад входять генератори холоду, повітроохолоджувачі, засоби для доставки холодоносія, засоби для відводу теплоти конденсації, засоби енергопостачання.

*Пересувні кондиціонери* призначені для місцевого охолодження повітря і відрізняються тим, що не мають рідких холодоносіїв.

### **7.1 Водоохолоджуюча машина КШ 220-2-1**

Пересувна шахтна установка для кондиціонування повітря *КШ 220-2-1* призначена для охолодження води і розрахована на розміщення в гірничих виробках. Розшифровка позначення: *КШ* — машина шахтна для кондиціонування повітря; *220* — номінальна холодопродуктивність у тис. ккал/год. при температурі

Таблиця 7.1 - Технічні характеристики пересувних установок

| Найменування установки               | КШ 220-2-1 | 21ШМКТ 820-2-0 | КПШ-90  |
|--------------------------------------|------------|----------------|---------|
| Холодильна потужність, кВт           | 314        | 1000           | 105     |
| Температура води, °С:                |            |                |         |
| на виході з випарника                | +5         | +4             |         |
| на вході в конденсатор               | +40        | +35            |         |
| Витрата, м <sup>3</sup> /год.:       |            |                |         |
| холодоносія                          | 65         | 93             |         |
| охолодної води                       | 95         | 140            |         |
| Споживана електрична потужність, кВт | 112        | 408            | 36      |
| Установлена потужність, кВт          | 132        | 500            |         |
| Напруга живлення, В                  | 660        | 6000           | 380/660 |
| Холодильний агент                    | R22        | R22            | R12     |
| Мастило                              | ПФГОС-4    | ХС40           | ХФ12-16 |
| Маса, що заправляється, кг:          |            |                |         |
| холодильного агента                  | 170        | 500            |         |
| мастила                              | 20         | 600            |         |
| Маса, кг                             | 8500       | 20800          | 3000    |

кипіння  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  і конденсації  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 2 — працює на R22; 1 — високотемпературний (від  $+15$  до  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) діапазон робочих температур.

Водоохолоджуюча машина **КШ 220-2-1** складається з двох окремих блоків: **компресорного** й **апаратного**, і апаратури автоматизації “**Холод 250-2-1**”, що поставляється у виді окремих блоків і монтується на місці експлуатації. Устаткування компресорного й апаратного блоків змонтовано на рамах, виконаних у виді саночок. Компресорний блок містить компресор **П220-12-1Ш**, з’єднаний еластичною муфтою з електродвигуном **ВАО-280S-4У2-5**, щит приладів з манометрами і приладами захисту. В апаратному блоці знаходяться конденсатор, випарник з теплообмінником, фільтр-осушувач, трубопроводи з арматурою, мановакууметри і термореле системи регулювання температури холодоносія.

**Випарник ІТШ-45** — горизонтальний, кожухотрубний, з внутрішнім оребренням трубок, зовнішня поверхня теплообміну  $46,6\text{ м}^2$ , зовнішній діаметр мідних трубок 20 мм, товщина стінки 1,5 мм. Втрати тиску при витраті охолоджуваної води  $70\text{ м}^3/\text{год}$ . складають 0,07 МПа. У трубки вставлені алюмінієві сердечники, що утворюють у кожній трубці 10 внутрішніх каналів. Кінці трубок розвальцьовані в сталевих трубних решітках, приварених до кор-

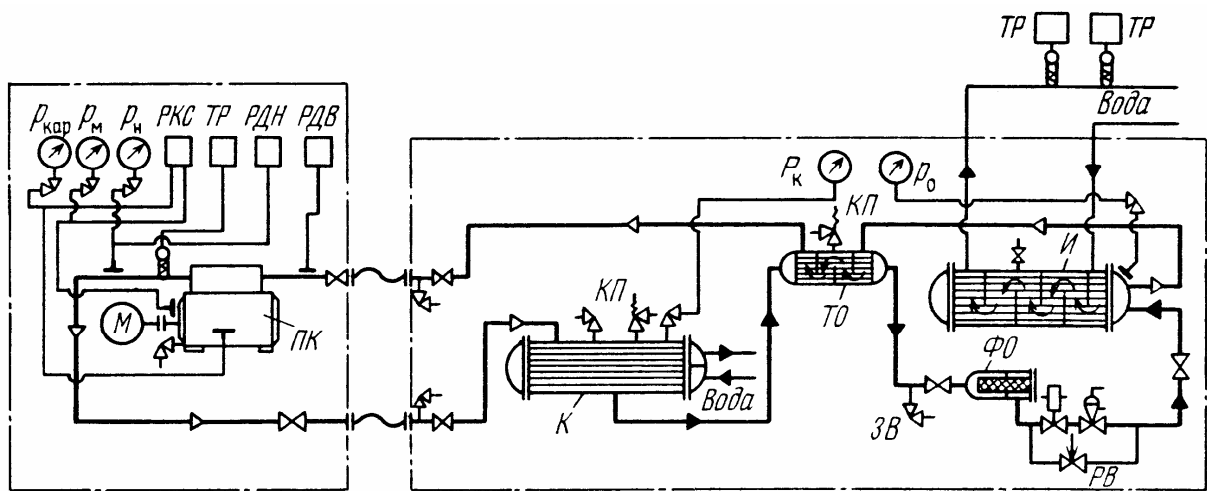


Рисунок 7.1 – Схема машини *КШ 220-2-1*

пуса. На вході холодоагент розприскується двома форсунками. У міжтрубному просторі розміщені поперечні перегородки. На крищі з патрубками розташовані вентиля для приєднання зрівняльної трубки *ТРВ*, вакуумметра і запобіжного клапана, якого настраюють на тиск 1,6 МПа.

*Теплообмінник* — горизонтальний, кожухотрубний, із внутрішнім оребренням мідних трубок і зовнішньою поверхнею теплообміну  $7,14 \text{ м}^2$ , приварений до випарника і конструктивно є його частиною.

*Конденсатор КХШ-110* — горизонтальний, кожухотрубний, двоходовий, зовнішня поверхня теплообміну  $113 \text{ м}^2$ . Втрати тиску при витраті охолодної води  $100 \text{ м}^3/\text{год}$ , складають 0,07 МПа. Нижня частина конденсатора вільна від трубок і є ресивером.

*Контрольно* — вимірювальні прилади стандартних типів розташовані на компресорному й агрегатному блоці.

Принцип дії холодильної машини *КШ 220-2-1* аналогічний холодильній машині *МФ220-1РШ*. Відмінності полягають у тому, що холодоагент кипить у трубках випарника, а холодоносії рухається в міжтрубному просторі. Крім того, регулювання подачі рідини у випарник здійснюється терморегулювальним вентилям *22ТРВ-400*, автоматичне регулювання холодної потужності забезпечується в межах 100 ... 50 % номінального значення.

## 7.2 Водохолоджуюча машина *21ШМКТ 820-2-0*

Шахтна пересувна водохолоджуюча машина *21ШМКТ 820-2-0* по призначенню, компонованню і принципу дії аналогіч-

на машині *KШ 220-2-1*. Відрізняється типом компресора, потужністю, системою змащення і наявністю вузлів, властивих машинам із гвинтовим компресором. Розшифровка позначення: *21* — модифікація; *Ш* — шахтна; *МКТ* — машина холодильна одноступінчата для охолодження рідкого холодоносія з водяним охолодженням конденсатора; *820* — номінальна холодильна потужність, кВт, при температурі кипіння  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  і конденсації  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; *2* — працює на *R22*; *0* — робочий діапазон температур кипіння від  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Компресорний блок* містить гвинтовий компресор, з'єднаний муфтою з електродвигуном потужністю 500 кВт, масловіддільник, маслоохолоджувач, масляний насосний агрегат, газовий і масляний фільтри, запобіжний клапан, щит приладів з манометрами і приладами захисту, трубопроводи з арматурою. В апаратному блоці знаходяться конденсатор, випарник, фреоновий теплообмінник, фільтр-осушувач, терморегулювальні вентилі, соленоїдні вентилі, запобіжний клапан, трубопроводи з арматурою.

Компресор *21ВХ 820-2-0* — *гвинтовий*, сальниковий, маслозаповнений, з ручним регулюванням подачі. Максимальний перепад тисків 1,76 МПа, частота обертання ведучого ротора  $49,3\text{ с}^{-1}$  ( $2960\text{ хв}^{-1}$ ), витрата олії 280 л/хв; степінь підвищення тиску — до 17; межі регулювання холодильної потужності 100 ... 25 %. Осьові навантаження сприймаються здвоєними радіально-упорними шарикопідшипниками. Частина осьових навантажень, що діють на ведучий ротор, сприймається розвантажувальним поршнем. Плавне регулювання подачі здійснюється золотниковим регулятором, що є частиною поверхні циліндричних розточень, у яких обертаються ротори. Золотник переміщують уздовж осі за допомогою гвинтового привода. Він зменшує робочу довжину роторів, перепускаючи на усмоктування частину пари, що потрапила в парну порожнину до початку стиснення.

Масляний насос робить примусове змащення роторів, золотника, розвантажувального пристрою, підшипників, торцевого ущільнення вала ведучого ротора. Масловіддільник відокремлює олію від холодоагенту в двох ступінях — за допомогою циклона і пакета сіток. Масляні фільтри здійснюють тонке очищення, затримуючи тверді частки розміром понад 0,04 мм. Двосекційний кожухотрубний маслоохолоджувач обладнано штуцером для

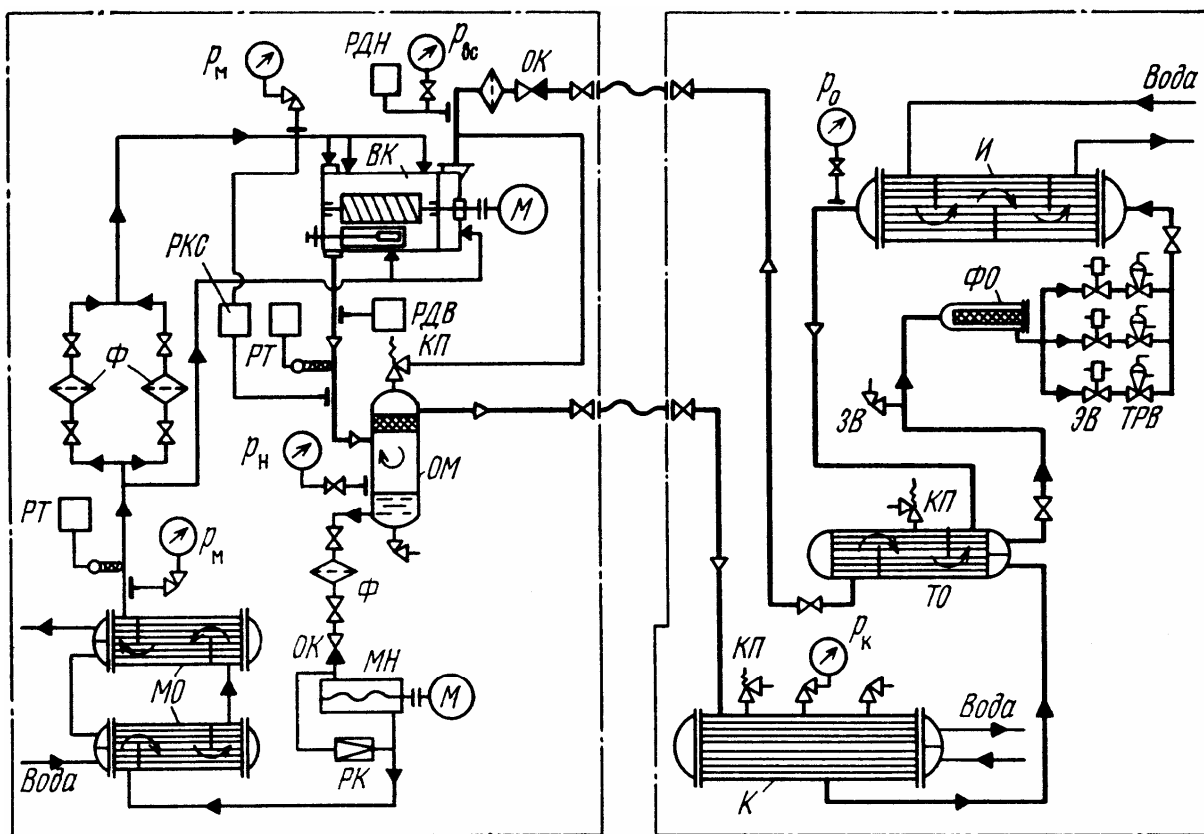


Рисунок 7.2 – Схема машини 21ШМКТ 820-2-0

зливу олії, по його трубках рухається охолодна вода, а олія — у міжтрубному просторі.

Газовий фільтр очищає від механічних домішок крупністю понад 0,18 мм пари холодоагенту на вході в компресор.

На приладовому щиті розташовані прилади захисту, мановакууметри і запірні вентилі для підключення мановакууметрів.

**Випарник И270** — горизонтальний, кожухотрубний, із внутрішнім кипінням холодоагенту, зовнішня поверхня теплообміну 270 м<sup>2</sup>, зовнішній діаметр мідних трубок 20 мм, товщина стінки 1,5 мм, кількість — 421. Втрати тиску при витраті охолоджуваної води 70 м<sup>3</sup>/год. складають 0,07 МПа. У трубки вставлені алюмінієві сердечники, що утворюють у кожній трубці 10 каналів.

**Конденсатор КХ570** — горизонтальний, кожухотрубний, з водяним охолодженням. Поверхня теплообміну з боку холодоагенту — 570 м<sup>2</sup>, зовнішній діаметр мідних трубок 16 мм, товщина стінки 2 мм, кількість трубок — 1032.

**Теплообмінник ТФ20** — горизонтальний, кожухотрубний, із внутрішнім оребренням мідних трубок, зовнішній діаметр трубок 16 мм, товщина стінки 2 мм, поверхня теплообміну 21 м<sup>2</sup>.



Принцип дії машини **21ШМКТ 820-2-0** аналогічний машині **КШ 220-2-1**. Відмінності полягають в особливостях роботи гвинтового компресора, у порожнину стиску якого з метою відводу тепла й ущільнення зазорів одночасно з парами холодоагенту подається олія. Стиснена паромасляна суміш через вікно нагнітання надходить у масловіддільник, а потім через фільтр грубого очищення забирається насосом і подається в маслоохолоджувач. Потім олія очищається у фільтрі тонкого очищення і направляється в компресор.

### **7.3 Шахтний пересувний кондиціонер КПШ-90**

*Шахтний пересувний кондиціонер КПШ-90* призначений для місцевого охолодження повітря переважно в підготовчих виробках глибоких шахт, у яких допускається застосування електроустаткування у вибухозахищеному виконанні. Розшифровка позначення: *КПШ* — кондиціонер пересувний шахтний; *90* — номінальна холодопродуктивність у тис. ккал/год.

Шахтний кондиціонер **КПШ-90** являє собою парокompресорну холодильну машину, що складається з двох агрегатів: компресорно-конденсаторного і повітрообробного. Кожен агрегат має механізм ходу і причіпні пристрої, що дозволяють транспортувати їх спільно або роздільно по підземних рейкових шляхах. У робочому стані зв'язок між агрегатами по холодоагенту здійснено спеціальними гнучкими рукавами.

*Компресорно-конденсаторний агрегат* містить компресор **ФУ-40**, з'єднаний еластичною муфтою з електродвигуном **ВАО 81-4У5** потужністю 36 кВт, кожухотрубний конденсатор, фреоновий теплообмінний фільтроосушувальний апарат, щит приладів з манометрами і приладами захисту, пульт керування **АПК-1МШ**, трубопроводи з арматурою.

*Повітрообробний агрегат* містить у собі повітроохолоджувач, терморегулювальний вентиль **12ТВ-100**, трубопроводи з арматурою.

*Теплообмінник* — горизонтальний, кожухотрубний, із внутрішнім оребренням мідних трубок і зовнішньою поверхнею теплообміну  $7,14 \text{ м}^2$ , приварений до випарника і конструктивно є його частиною.

*Конденсатор* — горизонтальний, кожухотрубний, поверхня теплообміну  $30 \text{ м}^2$  утворена мідними ребристими трубками,

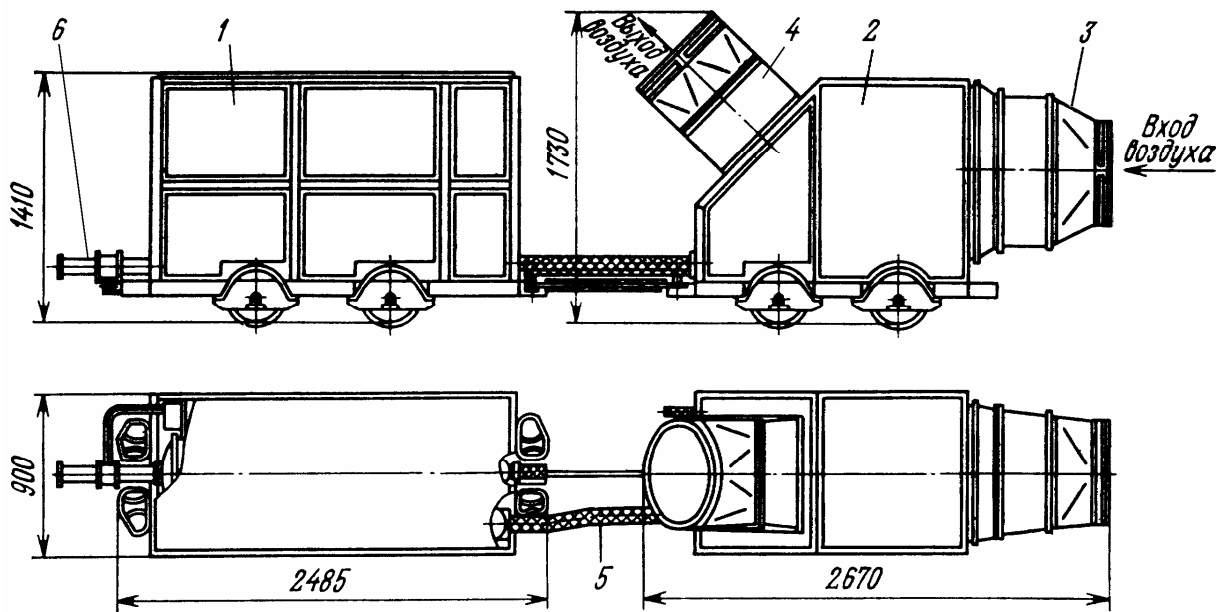


Рисунок 7.3 – Кондиціонер КПШ-90: 1 – компресорно-конденсаторний агрегат; 2 – повітрообробний агрегат; 3 – патрубок входу охолодженого повітря; 4 – патрубок виходу охолодженого повітря; 5 – гнучкі рукави для рідкого і газоподібного холодоагенту; 6 – патрубки підведення води

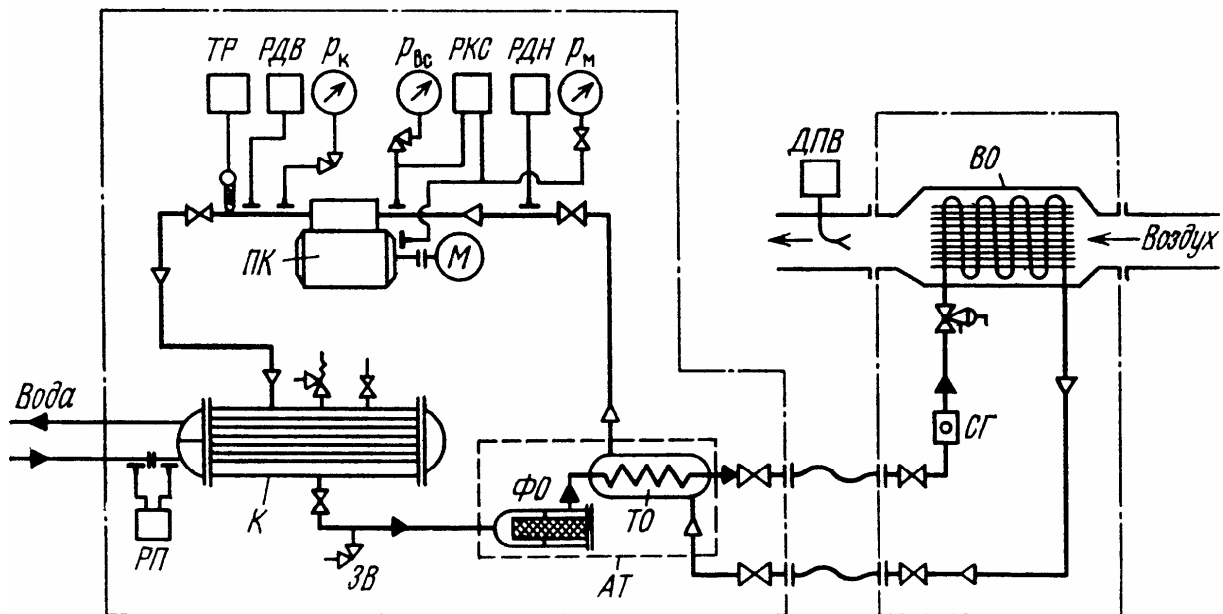


Рисунок 7.4 – Схема кондиціонера КПШ-90

зовнішній діаметр яких 16 мм, товщина стінки 2 мм, число трубок — 167, довжина кожної трубки 1400 мм. Нижня частина конденсатора є ресивером для рідкого холодоагенту.

Теплообмінний фільтроосушувальний апарат має фільтр і елемент, що поглинає вологу. Площа теплообміну  $1,8 \text{ м}^2$ .

Повітроохолоджувач (випарник) складається з блоку батарей, піддона, розподільника і терморегулювального вентиля 12ТВ-100. На вході і виході повітроохолоджувача передбачені

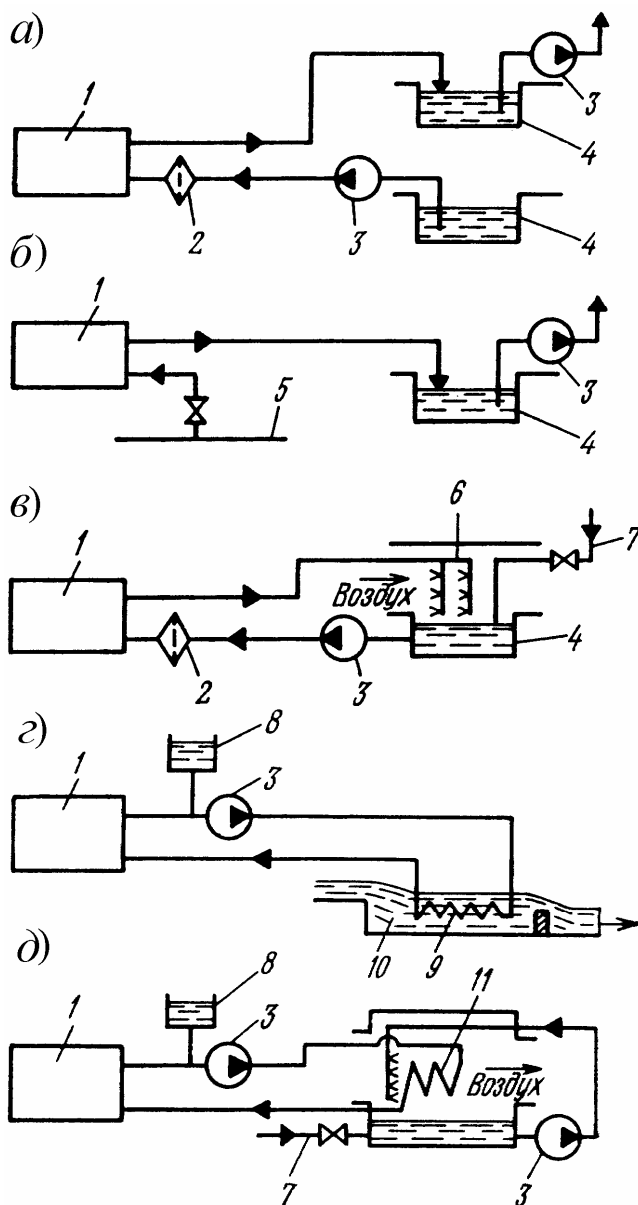


Рисунок 7.5 – Схеми відводу теплоти конденсації: очищеною шахтною водою з резервуара (а) або чистою водою з протипожежно-зрошувального трубопроводу (б) зі скиданням нагрітої води в колодязь водовідливної установки; оборотною водою, що охолоджується за допомогою форсуночного охолоджувача (в), теплообмінника, зануреного в проточну шахтну воду (г) або повітряно-водовипарного охолоджувача (д);  
 1 – конденсатор; 2 – фільтр; 3 – насос; 4 – водозбірник; 5 – трубопровід шахтної системи охолодження; 6 – форсуночний охолоджувач; 7 – подживлювальний трубопровід; 8 – розширювальна ємність; 9 – теплообмінник; 10 – канал для протоки шахтної води; 11 – повітряний водовипарний охолоджувач

патрубки для підведення і відводу охолоджуваного повітря. Поверхня теплообміну  $173 \text{ м}^2$  утворена мідними трубками, зовнішній діаметр яких 15 мм, товщина стінки 1 мм. Трубки оребрені зовні латунними пластинами товщиною 0,4 мм. Відстань між ребрами 5 мм. Втрати тиску в повітроохолоджувачі при номінальній витраті повітря  $3,34 \text{ м}^3/\text{с}$  складають 0,98 кПа.

Випар холодоагенту в трубках повітроохолоджувача забезпечується за рахунок теплоти, що відбирається від охолоджуваного повітря, що продувається через випарник вентилятором місцевого провітрювання.

У залежності від конкретних гірничо-технічних умов установки з водоохолодними машинами чи кондиціонерами типу КПШ можуть мати різні схеми відводу теплоти конденсації холодоагенту, рис. 7.5.

#### **7.4 Шахтний пересувний кондиціонер КППШ-90П**

Шахтний пересувний кондиціонер **КППШ-90П** призначений для місцевого охолодження повітря переважно в підготовчих виробках глибоких шахт, у яких заборонено застосування електроенергії. Розшифровка позначення: **КППШ** — кондиціонер пересувний шахтний; **90** — номінальна холодопродуктивність у тис. ккал/год., **П** — обладнаний пневмоприводом.

Основні вузли кондиціонера і їхнє компоновання аналогічні кондиціонеру **КППШ-90**. Різниця полягає в приводі компресора: у кондиціонері **КППШ-90П** застосовано шестеренний пневмодвигун з живленням від шахтної пневматичної мережі. Номінальний тиск стисненого повітря 0,5 МПа, потужність пневмодвигуна 30 кВт.

Відпрацьоване у пневмодвигуні холодне повітря надходить у спеціальний вологомасловіддільник, де очищається і скидається у повітропровід. У повітропроводі він змішується з повітрям, охолодженим кондиціонером, у результаті чого холодопродуктивність кондиціонера зростає до 134 кВт.

#### **7.5 Повітряний кондиціонер РВК-1**

Повітряний кондиціонер **РВК-1** відноситься до повітряних генераторів холоду, робочий цикл яких не супроводжується зміною агрегатного стану робочого тіла (повітря), а змінюється лише його тиск і температура.

*Шахтний повітряний кондиціонер РВК-1* призначений для місцевого охолодження повітря переважно в підготовчих виробках шахт усіх категорій. Розшифровка позначення: **Р** — роторний; **В** — повітряний; **К** — кондиціонер; **1** — модифікація.

Основа кондиціонера — *роторний детандер*, що має два циліндричних ротори, синхронне обертання яких у розточках чавунного корпусу **1** (рис. 7.6) забезпечується двома косозубими шестірнями, розташованими на кінцях роторів. Ведучий ротор **2** має два симетричних виступи, ведений **3** — дві западини. Як навантаження для споживання потужності, що розвивається детандером, використовується робоче колесо шахтного осьового вентилятора **СВМ-6М**, насаджене на вісь ведучого ротора.

Очищення повітря здійснюється сітчастим фільтром, шум поглинається двома глушниками, транспортування забезпечується скатами від вагонетки **УВГ-1,3**.

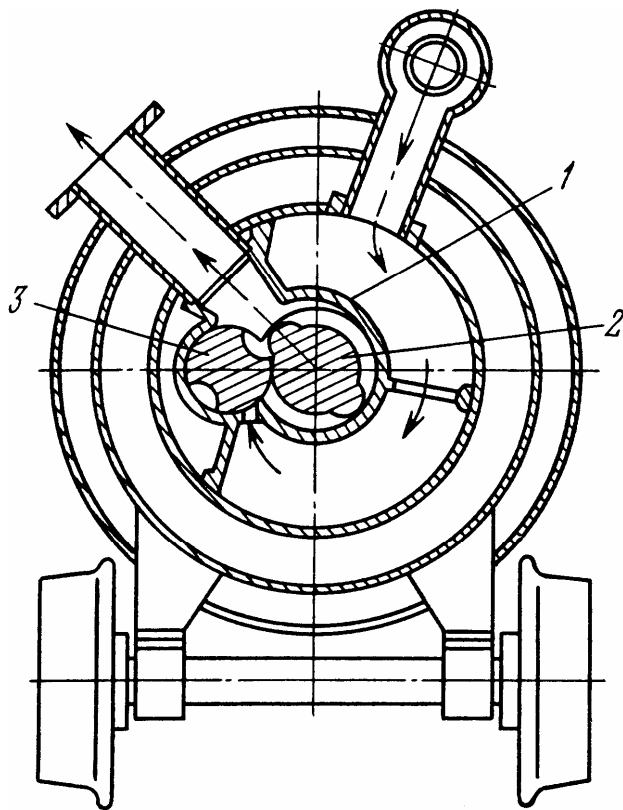


Рисунок 7.6 – Повітряний кондиціонер *PBK-1*

Працює кондиціонер від стисненого повітря, що надходить із шахтної пневматичної мережі через фільтр у детандер, де воно обертає ведучий ротор. Ведений ротор відкриває впускне вікно і стиснене повітря заповнює робочу порожнину детандера, утворену виступом ведучого і западиною веденого ротора, корпусом детандера, зовнішньою поверхнею (тілом) роторів і торцями стаканів. Впуск продовжується доти, доки тіло веденого ротора не перекриє впускне вікно і не відсіче робочу порожнину від магістралі стисненого повітря.

Повітря, що надійшло в машину, розширюється, охолоджується, перетікає по пропускних каналах в основну порожнину машини і виштовхується у вихлопний трубопровід. Пройшовши глушитель, холодне повітря надходить у вентиляційний трубопровід, де змішується з потоком повітря від вентилятора місцевого провітрювання, знижує його температуру і подається споживачу.

Технологічна схема установки повітряного кондиціонера *PBK-1* досить проста, оскільки не потрібно відводити теплоту конденсації (рис. 7.7). Кондиціонер 9 установлюють горизонтально на відстані 20 ... 30 м від тупикового вибою і з'єднують з вентиляційним трубопроводом 1 за допомогою проставки 3 і з магістральним трубопроводом стиснутого повітря 4 гнучкими рукавами 2 і 8. Вентиль 5 служить для продувки магістралі з метою видалення води і механічних домішок перед пуском кондиціонера. Вентиль 6 — для його включення і регулювання продуктивності, контроль тиску при цьому здійснюється по манометру 7.

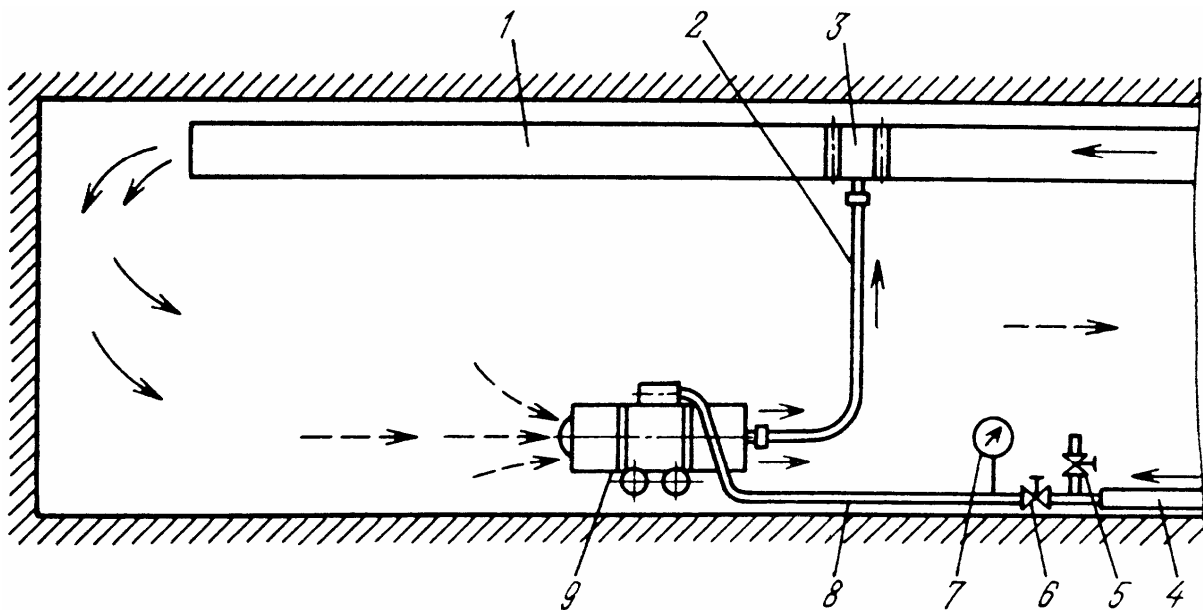


Рисунок 7.7 – Установка повітряного кондиціонера *PBK-1*

Таблиця 7.2 — Технічна характеристика повітряного кондиціонера *PBK-1*

|   |              |
|---|--------------|
| Холодильна потужність, кВт                      | 14 ... 17,4  |
| Витрата стиснутого повітря, м <sup>3</sup> /хв. | 15 ... 17    |
| Робочий тиск стиснутого повітря, МПа            | 0,45 ... 0,6 |
| Габарити, мм:                                   |              |
| довжина з глушителями шуму                      | 1900         |
| ширина  | 857          |
| висота  | 1076         |
| Маса, кг  | 713          |

### 7.6 Вихрові охолоджувачі

Вихрові охолоджувачі, або вихрові труби, також відносяться до повітряних генераторів холоду. Вони застосовуються як генератори холоду для протитеплових засобів індивідуального захисту, а також як самостійні охолодні пристрої.

*Достоїнства* вихрових труб такі: простота конструкції й експлуатації, надійність у роботі, швидкий вихід на робочий режим. *Недолік* — низька енергетична ефективність.

Принцип дії *вихрового охолоджувача*, рис. 7.8. Стиснене повітря через тангенціальне введення, розташоване безпосередньо біля діафрагми, надходить у порожнину труби по дотичній, перпендикулярній до осі труби. З іншого боку від діафрагми — вільний вихід труби. Суміжний відрізок труби, подовжений до

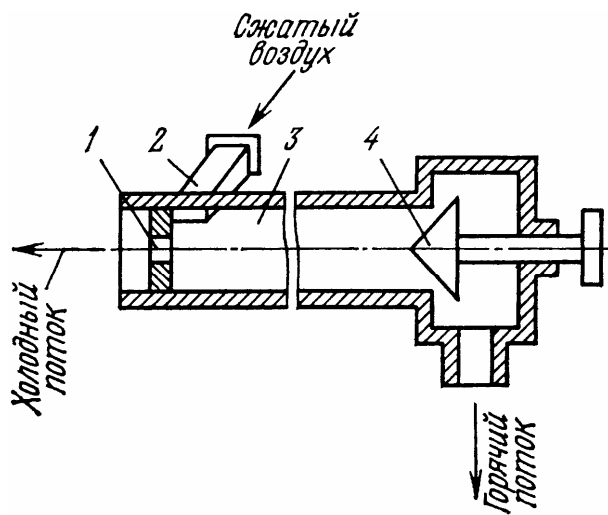


Рисунок 7.8 – Вихровий охолоджувач: 1 – діафрагма; 2 – тангенціальне введення; 3 – суміжний відрізок труби; 4 – дросельний вентиль

5 ... 20 діаметрів, прикривається дросельним вентилем. Повітря, що надходить через тангенціальне введення з великою швидкістю, закручується, внаслідок чого під дією відцентрових сил питома кінетична енергія і тиск біля стінок труби підвищуються, а по осі — знижуються. Такий енергетичний перерозподіл супроводжується перерозподілом температурних потоків: через отвір діафрагми виходить холодний, а через дросель — гарячий потік. За допомогою дроселя можна регулювати витрату і температуру обох потоків. Варто пам'ятати при цьому, що зі зниженням температури холодного повітря, знижується і його частка в загальній витраті.

## Список рекомендованої літератури

1. Проектирование и эксплуатация шахтных систем кондиционирования воздуха. / Под ред. Цейтлин Ю.А. — М.: Недра, 1985.
2. Черниченко В.К., Дрига Я.И., Яковенко А.К. Устройство, монтаж и эксплуатация шахтных холодильных установок. — М.: Недра, 1987.
3. Картавый Н.Г. Стационарные машины. Учебник для вузов. — М.: Недра, 1981.
4. Стационарные установки шахт / Под. ред. Братченко Б.Ф. — М.: Недра, 1977.
5. Кондрашова Н.Г., Лашутина Н.Г. Холодильно-компрессорные машины и установки: Учебник для машиностр. техникумов — М: Высш. шк., 1984.
6. Методические указания к лабораторным работам по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту шахтных компрессорных установок. — Донецк: ДПИ, 1992.



## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Загальні вказівки .....  | 3  |
| 1 Лабораторна робота №1. Схеми шахтних холодильних установок .....                                   | 3  |
| 2 Лабораторна робота №2. Схеми і робочий процес парокompресорних холодильних машин (агрегатів).....  | 3  |
| 3 Лабораторна робота №3. Конструкції компресорів парокompресорних холодильних машин (агрегатів)..... | 11 |
| 4 Лабораторна робота №4. Конструкції апаратів парокompресорних холодильних машин (агрегатів).....    | 26 |
| 5 Лабораторна робота № 5. Устаткування станції холодильних машин.....                                | 32 |
| 6 Лабораторна робота № 6. Теплообмінні апарати.....  | 33 |
| 7 Лабораторна робота № 7. Пересувні холодильні агрегати і кондиціонери .....                         | 35 |
| Список рекомендованої літератури .....   | 47 |

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
по вивченню конструкцій холодильних установок  
(для студентів механічних спеціальностей)

Укладачі: Валентин Михайлович Оверко, к.т.н, доц.  
Олег Васильович Федоров, к.т.н.