

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА "ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ І АВТОМАТИКИ"**

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

щодо виконання лабораторних робіт з нормативної навчальної дисципліни  
циклу професійної та практичної підготовки

### **СТАЦІОНАРНІ МАШИНИ**

для студентів денної та заочної форм навчання

Галузь знань: 0903 Гірництво

Напрями 6.090300 Розробка родовищ корисних копалин - РКК

підготовки: 6.090301 Охорона праці в гірничому виробництві - ОПГ

Красноармійськ, 2011

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА "ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ І АВТОМАТИКИ"**

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

щодо виконання лабораторних робіт з нормативної навчальної дисципліни  
циклу професійної та практичної підготовки

### **СТАЦІОНАРНІ МАШИНИ**

для студентів денної та заочної форм навчання

Галузь знань: 0903 Гірництво

Напрями 6.090300 Розробка родовищ корисних копалин - РКК  
підготовки: 6.090301 Охорона праці в гірничому виробництві - ОПГ

Розглянуто на засіданні кафедри  
"Електромеханіки і автоматика"  
КП ДВНЗ ДонНТУ  
протокол № 9 від 23.02.2011 р.

Затверджено на засіданні  
Навчально-видавничої Ради ДонНТУ  
протокол № від

Красноармійськ, 2011

*Методичні рекомендації щодо виконання лабораторних робіт з нормативної навчальної дисципліни циклу дисциплін професійної та практичної підготовки "Стаціонарні машини" для студентів денної та заочної форм навчання галузі знань 0903 "Гірництво", напрямів підготовки: 6.090300 "Розробка родовищ корисних копалин" – РКК; 6.090301 "Охорона праці в гірничому виробництві" – ОПГ/Укладачі: Є.А. Триллер, Е.М. Немцев – Красноармійськ: КП ДВНЗ ДонНТУ, 2011. – 105 с.*

У методичних рекомендаціях викладено загальні положення та тематичний зміст лабораторних робіт з нормативної навчальної дисципліни циклу дисциплін професійної та практичної підготовки "Стаціонарні машини". Методичні рекомендації містять завдання щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Стаціонарні машини". Містять інформацію та методичні вказівки для вивчення класифікації, умовних позначень, схем та особливостей конструкції стаціонарних установок гірничих підприємств.

Укладачі:

Є.А. Триллер, к.т.н., доцент кафедри електромеханіки і автоматики КП ДВНЗ ДонНТУ

Е.М. Немцев, старший викладач кафедри електромеханіки і автоматики КП ДВНЗ ДонНТУ

Рецензент: доцент, к.т.н. Рязанцев М.О.

## ЗМІСТ

	стор.
Загальні відомості про техніку безпеки при проведенні лабораторних робіт	5
Методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт	6
Лабораторна робота №1	
"Загальні відомості про шахтні підйомні установки. Корінні частини шахтних підйомних установок"	7
Лабораторна робота №2	
"Основні елементи шахтних підйомних установок"	19
Лабораторна робота №3	
"Вивчення типів та конструкцій підйомних канатів"	28
Лабораторна робота №4	
"Вивчення конструкцій гальмівних пристроїв підйомних машин"	39
Лабораторна робота №5	
"Позначення, класифікація та особливості конструкції відцентрових і осьових турбомашин"	47
Лабораторна робота №6	
"Вивчення конструкції та основних складових елементів осьових вентиляторів головного провітрювання"	54
Лабораторна робота №7	
"Вивчення конструкції та основних складових елементів відцентрових вентиляторів головного провітрювання"	62
Лабораторна робота №8	
"Випробування відцентрового вентилятора"	69
Лабораторна робота №9	
"Особливості конструкції відцентрових секційних насосів серій Д, ЦНС"	74
Лабораторна робота №10	
"Випробування відцентрового насоса"	81
Лабораторна робота №11	
"Основні елементи конструкцій компресорних установок"	90
Лабораторна робота №12	
"Схеми та конструктивні особливості холодильних установок"	96
Рекомендована література	105

## **ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕХНІКУ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

Лабораторні роботи проводяться в спеціалізованих лабораторіях "Стационарних установок" й "Шахтних вентиляторних та водовідливних установок" кафедри електромеханіки і автоматики. На столах та стендах цих лабораторій є робоча напруга 220 В та 380 В, яке при недодержанні правил електробезпеки являє небезпеку для життя людини.

Перед проведенням лабораторних робіт всі студенти повинні ознайомитися з правилами техніки безпеки, що підтверджується особистим підписом у спеціальному журналі проходження інструктажу на робочому місці. Інструктаж студентів з правил техніки безпеки на першому занятті проводить викладач, підпис якого повинен стояти в спеціальному журналі навпроти кожного прізвища студента.

При цьому особа, яка проводить інструктаж, звертає увагу на наступне:

- зони, які є небезпечними у відношенні ураження електричним струмом та падіння;
- дію персоналу в екстрених випадках;
- комутаційні апарати, що переривають електропостачання лабораторій;
- індивідуальні засоби захисту від ураження електричним струмом та заходи надання першої допомоги постраждалому.

При виконанні лабораторних робіт необхідно суворо дотримуватися наступних правил безпеки:

- категорично забороняється ввімкнення та відключення комутаційних апаратів ввідного щита;
- не можна залишати без нагляду лабораторну установку, що знаходиться під напругою;
- у разі виникнення аварійної або непередбаченої ситуації, установку необхідно вимкнути;
- необхідні з'єднання в схемах здійснювати лише при відсутності напруги на лабораторному стенді;
- заборонено здійснювати переключення чи інші дії, які не передбачено порядком проведення лабораторної роботи;
- подача напруги на об'єкт дослідження чи пристрій здійснюється лише після перевірки схеми викладачем та в його присутності.

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО ВИКОНАННЮ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

Лабораторні роботи з дисциплін "Стаціонарні машини" виконують з метою закріплення студентами теоретичних знань, які були отримані ними на лекціях, а також оволодіння студентом практичних навичок дослідження технічних засобів.

Перед та після проведення лабораторних робіт студент повинен вміти:

- розшифровувати літерні та цифрові позначення машин;
- узагальнювати та виділяти окремі елементи стаціонарних машин, які виконують певні функції;
- складати уявлення про принципи та особливості функціонування машин в цілому й про особливості експлуатації стаціонарних машин в шахтних умовах;
- формулювати інженерні висновки.

Перед виконанням кожної лабораторної роботи студент повинен самостійно здійснити підготовку, в процесі якої ретельно вивчається опис машини, а також відповідний розділ конспекту лекцій та рекомендована література, що зазначена в методичних вказівках. При цьому слід:

- вивчити призначення, область застосування та склад пристрою, що досліджується;
- ознайомитися з описом структурної чи принципової схеми машини чи механізму;
- відповісти на контрольні питання.

Якщо з поважної причини студент не зміг вчасно відпрацювати лабораторну роботу, то він повинен це зробити у додатковий час, який визначається викладачем.

По закінченню лабораторної роботи студент оформляє звіт. Звіт виконується в зошиті або на листах паперу формату А4 в рукописному вигляді. Звіт повинен містити у повному обсязі матеріали, які визначено у вимогах, що містяться в кінці кожної лабораторної роботи даних методичних вказівок. Всі необхідні рисунки та схеми повинні мати достатню глибину розкриття принципу роботи механізмів та машин, що вивчаються. Умовно-графічні позначення елементів повинні відповідати вимогам держстандартів та супроводжуватися коротким описом принципу роботи. В кінці звіту представляються інженерні висновки, які містять критичний аналіз проведеної роботи.

Захист звіту здійснюється шляхом усної співбесіди викладача і студента з тематики роботи, що захищається. При незадовільному захисті студент повторно захищає його у додатковий час. Дату і час повторного захисту визначає викладач.

## Лабораторна робота №1

### ТИПИ ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК. КОРИННІ ЧАСТИНИ ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК

Мета заняття: Ознайомитися із загальними відомостями про шахтні підйомні установки. Вивчити основні складові елементи корінних частин шахтних підйомних установок.

#### *Основні теоретичні положення*

Для розробки родовища вугілля необхідно отримати до нього доступ з поверхні землі – розкрити шахтне поле. Розкриття шахтного поля здійснюється безпосередньо з поверхні землі, зазвичай двома стволами (повітряподавальним та вентиляційним). Як правило, у повітряподавальному стволі розташовуються вантажно-людські підйомні установки, у вентиляційному стволі – вантажні установки для підйому вугілля та породи.

Шахтні підйомні установки призначені для видачі на поверхню вугілля і породи з шахти, швидкого й безпечного спуску й підйому людей, транспортування кріпильних матеріалів та гірничошахтного устаткування. За допомогою підйомної установки також здійснюють огляд і ремонт армировки та кріплення ствола шахти. Від надійної, безперебійної й продуктивної роботи шахтного підйому залежить ритмічна робота всієї шахти в цілому, тому до підйомних установок висувають особливі вимоги відносно їх надійності та безпеки роботи.

Залежно від кута нахилу шахтні стволи ділять на вертикальні та похилі. Вертикальні стволи мають прямокутний або круглий поперечний переріз. Для шахт із тривалим терміном служби (50 років і більше) і при значному гірничому тиску застосовують стволи круглого перетину як найбільш стійкі, при цьому кріплення зводять у вигляді суцільної оболонки з бетону або залізобетонних тубінгів.

У всіх випадках ствол шахти на відстані 10 м від поверхні землі повинен бути закріплений негорючим матеріалом. У поперечному перерізі шахтний ствол розділяється розстрілами на відділення: підйомне, сходове, трубно-кабельне та інші, які обладнують відповідно до їх призначення.

Розстріли являють собою металеві двотаврові балки №24 – №30, які встановлюють горизонтально в стволі та закріплюють у його стінках.

У підйомних відділеннях на розстріли навішують вертикальні напрямні провідники для руху по них підйомних посудин і запобігання розгойдуванню піднімальних посудин при їх русі по стволу. Розстріли, провідники та їх скріплення становлять армировку шахтного ствола. Один ствол шахти може бути обладнано двома підйомними установками та відповідно мати два підйомних відділення.

Підйомна установка складається з підйомного устаткування та гірничотехнічних споруджень.

До підйомного устаткування відносяться: підйомні машини, підйомні посудини та канати, розвантажувальні й завантажувальні пристрої.

До гірничотехнічних споруджень відносяться:

- споруди, розташовані в біляствольному дворі (навантажувальний бункер і камера для перекидача при скіповому підйомі або приймальна площадка при клітьовому підйомі);

- ствол шахти, обладнаний провідниками для клітей і скіпів при вертикальному підйомі й рейковим шляхом для вагонеток і скіпів при похилому підйомі;

- надшахтні споруди, що складаються з копра й приймального бункера для розвантаження підйомних посудин; при обладнанні підйому неперекидними клітьями замість приймального бункера споруджується надшахтний будинок із прийомними площадками й відкаточними шляхами.

На рис. 1.1 показані схеми підйомних установок для вертикальних стволів.

Над стволом шахти встановлюється надшахтний копер 1, на верхній площадці якого закріплено два напрямних (копрових) шківів 2. Підйом і спуск клітей 3 (рис. 1.1а) і скіпів 4 (рис. 1.1б) здійснюється підйомною машиною 5, що знаходиться в окремому будинку 6, розташованому на відстані 20 – 40 м від копра. Підйомні канати 7 перекинуті через напрямні шківів і одним кінцем прикріплені до барабана підйомної машини, а іншим – до шахтної кліті або скіпа.

При обертанні барабана підйомної машини один канат навивається на нього, піднімаючи при цьому кліть із шахти, а інший звивається, опускаючи другу кліть у шахту. Підйомні посудини одночасно завантажуються в шахті й розвантажуються на поверхні на спеціальних приймальних площадках.

У підйомних установках, обладнаних неперекидними клітьями, навантажені вагонетки на нижній приймальній площадці вкочуються в кліть, виштовхуючи з неї порожні вагонетки, і піднімаються по стволу до верхньої приймальної площадки в надшахтному будинку, де навантажені вагонетки викочуються з кліті, а порожні вагонетки вкочуються до неї. Потім процес обміну вагонеток на приймальних площадках повторюється.

У підйомних установках, обладнаних скіпами, навантажені вагонетки розвантажуються в приствольному дворі за допомогою перекидача 8 у завантажувальний пристрій 9, звідки вугілля завантажується в скіпи. Потім скіпи піднімаються по стволу на поверхню і у надшахтному будинку автоматично розвантажуються в розвантажувальний пристрій. Скіпи так само, як і кліті, рухаються в стволі по напрямних провідниках.

Приствольні споруди похилої скіпової підйомної установки (рис. 1.2) складаються з камери перекидача та завантажувального бункера із затвором. Скіпи рухаються по похилому стволу, а на поверхні – по естакаді або верстату копра. На поверхні скіп входить у розвантажувальні криві й розвантажується в приймальний бункер. Опорою похилої естакади



служує металева ферма з укріпленими на ній напрямними шківками. Підйомна машина знаходиться в окремому будинку.

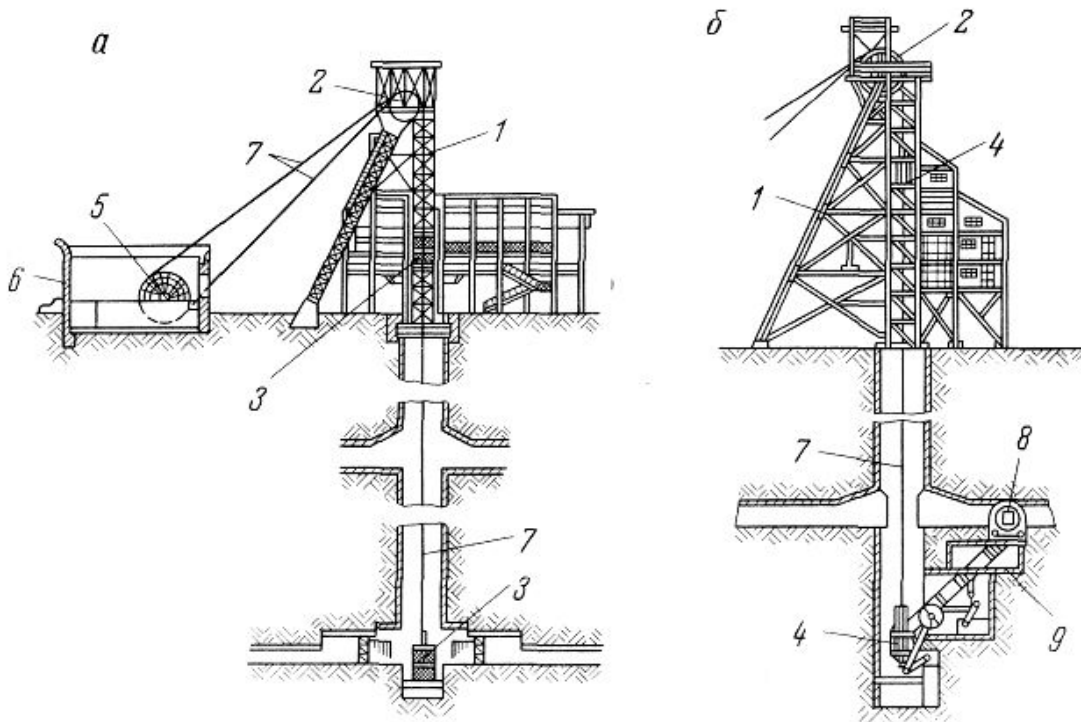


Рис. 1.1 – Схеми підйомних установок для вертикальних стволів:

*a* – клітьової; *б* – скіпової;

1 – надшахтний копер; 2 – копрові шківки; 3 – кліть; 4 – скіп;

5 – підйомна машина; 6 – будівля підйомної машини; 7 – підйомні канати;

8 – перекидач; 9 – завантажуючий пристрій

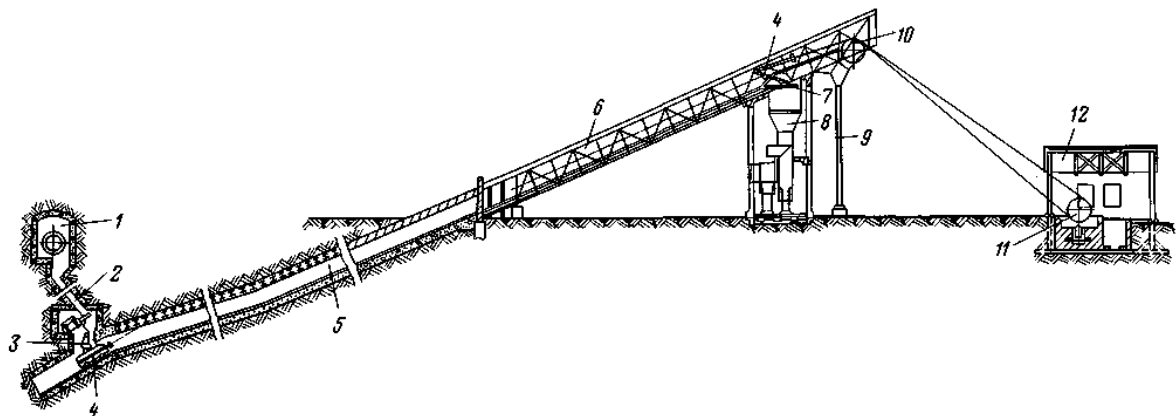


Рис. 1.2 – Схема похилої скіпової підйомної установки

1 – камера перекидача; 2 – завантажуючий бункер; 3 – затвор; 4 – скіп;

5 – похилий ствол; 6 – естакада (станок копра); 7 – розвантажувчі криві;

8 – приймальний бункер; 9 – металева ферма; 10 – направляючий шків;

11 – підйомна машина; 12 – будівля підйомної машини

Шахтні підйомні машини розділяють на малі; великі; зі шківом тертя та багатоканатні.

Позначення підйомних машин з барабаном діаметром більше 3 м наступні: Ц – циліндричні з нерозрізним барабаном; ЦР – циліндричні з

розрізним барабаном; БЦК – біциліндроконічні з розрізним барабаном; 2Ц – двобарабанні з циліндричними барабанами.

Для роботи з одного горизонту або для однокінцевих підйомів з противагою встановлюють великі підйомні машини з одним циліндричним барабаном. Підйомні установки для шахт середньої глибини (400 – 700 м), що обслуговують кілька горизонтів, зазвичай обладнують великими підйомними машинами з двома циліндричними барабанами.

Підйомні машини з двома циліндричними барабанами задовольняють всім основним вимогам експлуатації, володіють рядом переваг, яких не мають однобарабанні машини: можливістю одночасного обслуговування кількох горизонтів шахти; простотою та легкістю регулювання довжини підйомного каната при його витяжці або обрубку кінця для випробування; можливістю розташування копрових шківів на одній осі. Однак і однобарабанні підйомні машини мають свої важливі переваги перед двобарабанними машинами: значно менші габарити у зв'язку з кращим використанням навивочної поверхні барабана (один канат звивається з барабана, а інший одночасно навивається на звільнену поверхню); значно менші значення махових мас, менша вага й порівняно проста конструкція. Але у зв'язку з тим, що підйомні машини з двома циліндричними барабанами мають більш цінні позитивні якості, вони отримали більше поширення у вугільній промисловості, ніж однобарабанні машини.

### **Малі підйомні машини**

Малі шахтні одно- і двобарабанні підйомні машини типу БМ- і 2БМ-2000/3А, БМ- і 2БМ-2500/4(4А), БМ- і 2БМ-3000/4(4А) з барабаном діаметром 2000, 2500 і 3000 мм призначені для обладнання підземних і поверхневих підйомних установок похилих і вертикальних стволів вугільних і гірничорудних шахт невеликої й середньої продуктивності.

Підйомні машини типу БМ-2000/3А и 2БМ-2000/3А с барабаном діаметром 2000 мм мають ряд конструктивних і експлуатаційних переваг, що забезпечують надійність їх роботи та зручність експлуатації. Машини обладнані гідравлічним приводом гальма й гальмових колодок із прес-маси, підвісним редуктором, пультом керування, покажчиком глибини з електричним обмежником швидкості. Машини малогабаритні, компактні, не вимагають підвального приміщення.

Прийняті позначення малих підйомних машин розшифровуються в такий спосіб: БМ – однобарабанна, 2БМ – двобарабанна машина, чисельник вказує діаметр барабана в мм, дві перші цифри знаменника – ширину барабана в мм, зменшену в 100 разів, а останні дві цифри знаменника – передаточне число редуктора; індекс 4 є порядковим номером проведеної заводом модифікації підйомних машин; буква А означає, що дана машина призначена для роботи під землею.

Малі шахтні підйомні машини типу БМ- і 2БМ-2500/4(4А), БМ- і 2БМ-3000/4(4А), виготовлені Донецьким машинобудівним заводом ім. Ленінського комсомолу України, обладнані окремим редуктором,

гідравлічним приводом гальма, безступінчастим механізмом перестановки барабанів, покажчиком глибини з дисками для електричного обмежника швидкості й пультом керування.

У двобарабанних машинах кожний канат навивається на свій барабан, а в однобарабанних обидва канати навиваються на один загальний барабан. При використанні однобарабанних машин для однокінцевого підйому без противаги на них намотується один канат.

У двобарабанних підйомних машинах кожний підйомний канат одним кінцем кріпиться до одного з барабанів, а іншим – до однієї з підйомних посудин. В однобарабанних машинах один канат підводиться до барабана зверху, а інший – знизу й обоє закріплюються на ньому; інші кінці цих канатів прикріплюються до підйомних посудин. Канати кріпляться до барабанів таким чином, щоб при обертанні барабанів під час намотування одного каната відбувалося змотування іншого. Коли один канат навивається на барабан, піднімаючи підйомну посудину із шахти, інший звивається з барабана, опускаючи другу підйомну посудину в шахту.

Замість знятих з серійного виробництва малих підйомних машин типу БМ- і 2БМ-2500, БМ- і 2БМ-3000 з гідравлічним приводом гальма серійно виготовляються сучасні підйомні машини типу Ц-2,5×2, 2Ц-2,5×1,2, Ц-3×2У, 2Ц-3×1,5У (позначення прийняті, аналогічно позначенням великих підйомних машин). Улаштування і конструкції основних вузлів цих машин аналогічні улаштуванню й конструкції таких же вузлів підйомних машин типу Ц-3,5×2А и 2Ц-3,5×1,7А, які розглянуті нижче.

### **Великі підйомні машини з двома циліндричними барабанами**

Великі підйомні машини виготовляють наступних типорозмірів: Ц-3,5×2 з циліндричним нерозрізним барабаном; 2Ц-3,5×1,7, 2Ц-4×1,8, 2Ц-5×2,3 і 2Ц-6×2,4 з двома циліндричними барабанами (перша цифра позначає діаметр барабана в м, друга – ширину барабана в м);

При значному розмаїтті конструкцій, механічну частину великих підйомних машин всіх типів можна розділити на наступні вузли: корінну частину, редуктор, виконавчий орган гальма, привод гальма, пульт керування, пневматичну систему й змащувальну систему.

Великі підйомні машини всіх типів (за винятком машин типу 2Ц-3,5×1,7А), відрізняються одна від одної в основному конструкцією корінної частини. Всі інші вузли є загальними для всіх типів машин або мають незначні конструктивні розходження.

Шахтна підйомна машина 2Ц-3,5×1,7А (рис. 1.3) складається з корінної частини 1, редуктора 2, пульта керування 3, апарату завдання й контролю ходу 4, підйомного електродвигуна 5, гальма 7 переставного барабана, гальма 8 заклиненого барабана, приводу 9 гальма з гальмівними вантажами 10, панелі 11 гальма.

Підйомна машина має два гальма – по одному на кожний барабан. Кожне гальмо приводиться в дію своїм приводом. Гальма при необхідності можуть працювати роздільно. Виконавчий орган гальма має поступальне

переміщення гальмівних балок, футерованих пресмасовими колодками. Привод гальма пружинно-вантажний пневматичний.

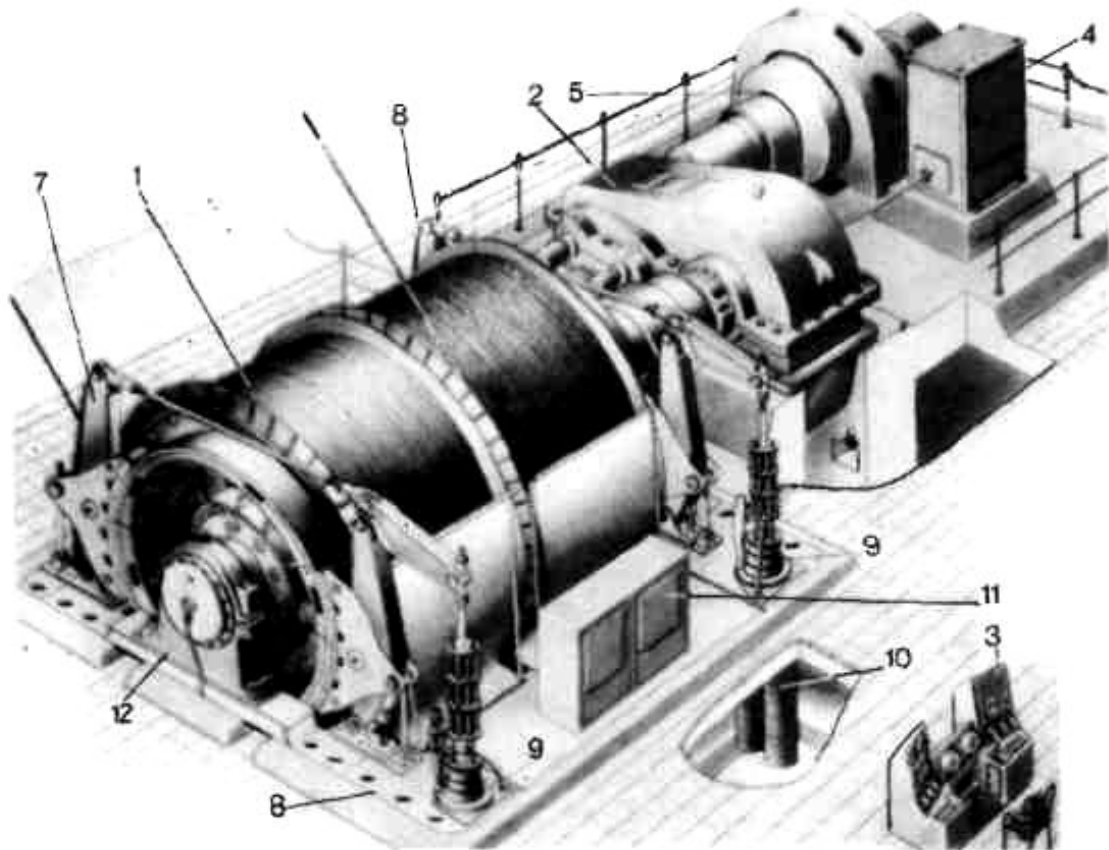


Рис. 1.3 – Шахтна підйомна машина 2Ц-3.5×1,7А

Підйомна машина встановлюється в окремому будинку на залізобетонному фундаменті й прикріплюється до нього анкерними болтами. Кожний барабан підйомної машини постачено гальмом колодкового типу з паралельним переміщенням колодок й симетричним розподілом питомих тисків по довжині дуги колодки, що забезпечує рівномірне зношування колодок. Привод підйомної машини – електричний, змінного або постійного струму. При асинхронному приводі підйомні машини комплектуються одноступінчатим або двоступінчатим редуктором.

### **Великі підйомні машини з одним циліндричним барабаном** **Підйомні машини з розрізним барабаном**

Великі однобарабанні підйомні машини можуть мати циліндричний розрізний або циліндричний нерозрізний барабан. ДСТУ на підйомні машини передбачає лише один типорозмір однобарабанної машини з нерозрізним циліндричним барабаном Ц-3,5×2А. Шахтна підйомна машина Ц-3,5×2А складається з тих же основних вузлів, що й підйомна машина 2Ц-3,5×1,7А й відрізняється від неї лише конструкцією зборки головного вала (буква А в позначенні типу машини вказує на першу модернізацію підйомної машини).

Підйомні машини з одним розрізним циліндричним барабаном створені для того, щоб частково замінити громіздкі двобарабанні машини, а також полегшити й прискорити операції з регулювання довжини канату.

Шахтні підйомні машини з розрізним циліндричним барабаном у цей час виготовляються наступних типорозмірів: ЦР-3,5×3/0,9, ЦР-4×3,2/0,9, ЦР-5×3,2/0,85 і ЦР-6×3,2/0,75 (перша цифра визначає діаметр барабана в м, друга: чисельник – повну ширину розрізного барабана в м, знаменник – ширину переставної (відрізної) частини барабана в м).

Підйомні машини з розрізним циліндричним барабаном за своєю конструкцією однакові й відрізняються тільки розмірами барабанів, корінного вала й корінних підшипників.

Шахтні підйомні машини типу ЦР сучасної конструкції, виготовлені заводом НКМЗ, представлені на рис. 1.4.

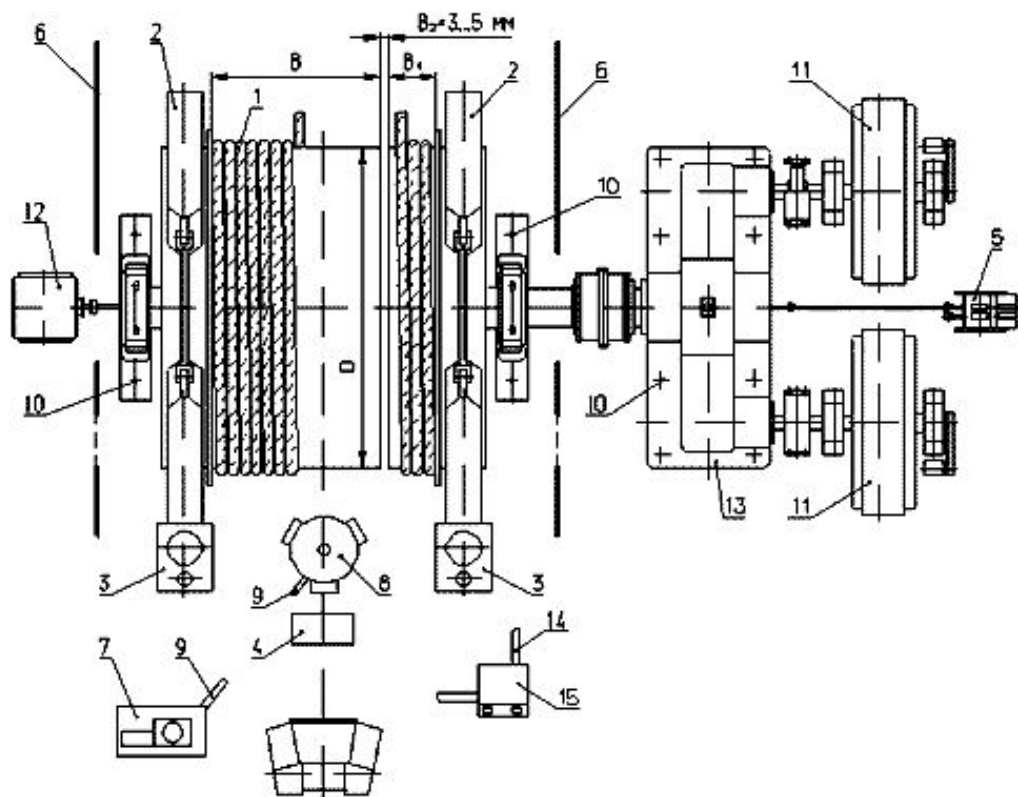


Рис. 1.4 – Шахтна підйомна машина типу ЦР

- 1 - корінна частина, 2 - гальма, 3 - гальмівний привод, 4 - панель керування, 5 - дублюючий обмежувач швидкості, 6 - огорожа, 7 - повітряно-компресорна станція, 8 - повітрязбірник, 9 - арматура й труби пневмосистеми, 10 - комплект анкерних частин, 11 - підйомні електродвигуни, 12 - апаратура керування, 13 - механізм приводу, 14 - арматура й труби системи змащування, 15 - змащувальна станція

Підйомну машину типу ЦР встановлюють в окремому будинку на залізобетонному фундаменті й зміцнюють на ньому анкерними болтами.

Конструктивною особливістю підйомних машин типу ЦР є орган навивки підйомних канатів – розрізний циліндричний барабан, що складається із двох частин. Ліва гілка підйомного канату може навиватися тільки до розрізу, тобто до переставної частини барабана, а права гілка,

закріплена на переставній частині барабана, переходить через розріз. Перехід підйомного каната через розріз із обов'язковим його влучанням у нарізані жолобки заклиненої частини барабана забезпечується збільшеним кроком нарізки під останній виток каната перед розрізом на переставній частині барабана, у результаті чого канат, перетинаючи розріз барабана, попадає в перший струмок заклиненої частини барабана або притискається до крайки початку жолобка й по ній направляється в жолобок.

### **Підйомні машини з розрізним біциліндроконічним барабаном**

Досвід експлуатації підйомних машин з розрізним бициліндроконічним барабаном (БЦК) підтвердив ефективність їх у роботі при значно меншій вазі в порівнянні з аналогічними двобарабанными машинами. На даний момент випускають машини з розрізним біциліндроконічним барабаном наступних типорозмірів: БЦК-8/4,5×2; БЦК-8/5×2,7; БЦК-9/5×2,25 і БЦК-9/5×2 (чисельник позначає діаметр великого циліндра в м, знаменник – діаметр малих циліндрів у м, останнє число – ширину великого циліндра).

Підйомні машини типу БЦК складаються з таких же основних вузлів, що й машини типу 2Ц и ЦР. Основною конструктивною особливістю підйомних машин цього типу є розрізний біциліндроконічний барабан (рис. 1.5). Біциліндроконічну форму барабана застосовують для зменшення впливу неврівноважених навантажень на величину статичних моментів.

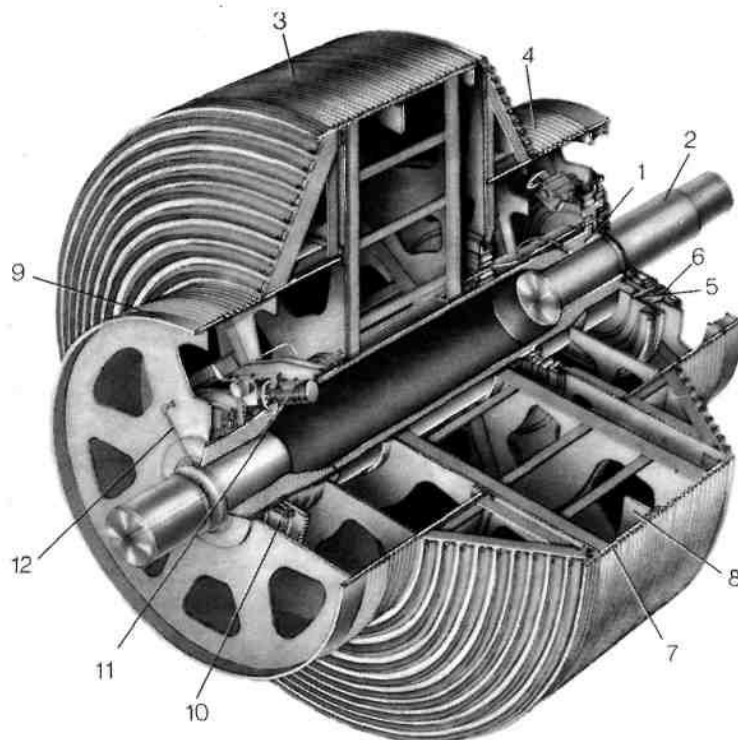


Рис. 1.5 – Збирання головного вала підйомних машин типу БЦК  
 1 - корінний вал, 2 - цапфа, 3 - великий циліндр (заклинена частина),  
 4 - переставна частина, 5 - підшипник, 6 - механізм перестановки, 7 - металева  
 обечайка з нарізаними канавками, 8 - кільце жорсткості, 9 - гальмівні ободи,  
 10 - бобіна, 11 - привод бабіни, 12 - трубопровід стисненого повітря

Гальмівний пристрій і керування підйомними машинами типу БЦК повністю аналогічні пристрою й керуванню стандартними підйомними машинами із двома циліндричними барабанами.

Підйомні машини типу БЦК зазвичай мають привод від тихохідного двигуна постійного струму, що з'єднується з корінним валом машини за допомогою зубчастої муфти.

### Підйомні машини зі шківом тертя

Підйомні машини зі шківом тертя зазвичай застосовують для обладнання клітьових установок при великій глибині ствола (800–1200 м).

Підйомні машини з одноканатним шківом тертя в теперішній час зняті з виробництва й виготовляються тільки за індивідуальними замовленнями шахт для заміни тих, що вже знаходяться в експлуатації, причому тільки один типорозмір – ШТ-7,2, де ШТ – шків тертя, 7,2 – діаметр шківа в м.

У машині ШТ-7,2 замість барабану для навивки підйомних канатів застосований одножолобчастий приводний шків тертя. Підйомний канат на приводному шківі не має витків, а тільки охоплює його приблизно на половині кола. Обидва кінці підйомного каната прикріплюються до клітей. Рух клітей здійснюється за рахунок сили тертя, які виникають між підйомним канатом і приводним шківом тертя.

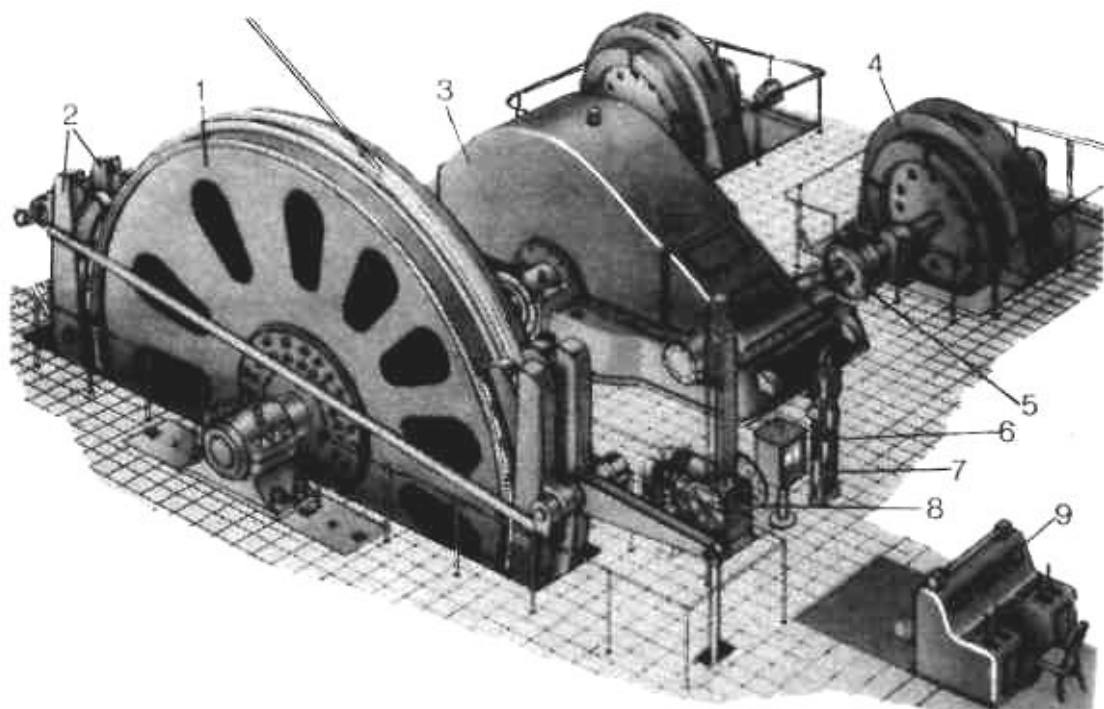


Рис. 1.6 – Шахтна підйомна машина ШТ-7,2

- 1 - приводний шків тертя, 2 - гальмівні колодки, 3 - редуктор, 4 - приводний електродвигун, 5 - муфта, 6 - система змащування, 7 - показчик глибини, 8 - гальмівний привод, 9 – пульт керування

Застосування гальм з кутовим переміщенням гальмових колодок, що мають ряд переваг перед гальмами з паралельним переміщенням гальмових колодок (що встановлюються на всі великі підйомні машини), можливо завдяки незначній різниці натягів канатів, що викликає невеликі крутні моменти на корінному валу машини. Приводом підйомної машини ШТ-7,2 може слугувати асинхронний електродвигун змінного струму, обертання якого передається корінному валу через одноступінчатий редуктор, або тихохідний двигун постійного струму.

### **Багатоканатні підйомні машини**

Підйомні машини з багатоканатними шківками тертя застосовуються для обладнання скіпових і клітьових підйомних установок вертикальних стволів шахт. У звичайних підйомних установках кожна підйомна посудина підвішується на одному канаті. При застосуванні багатоканатної підйомної машини кожна підйомна посудина підвішується на кількох канатах – двох, чотирьох, шести і т.д. Кожний з канатів не навивається на приводний шків тертя, а тільки огинає його, розташовуючись у кільцевій канавці. Рух від циліндричного приводного шківка з нарізаними на ньому паралельними одна одній канавці передається підйомним канатам за допомогою сил тертя, величина яких залежить від кута охоплення шківка канатом, натягу каната та матеріалу футеровки шківка. Багатоканатні підйомні машини встановлюють над стволом шахти безпосередньо на баштовому залізобетонному копрі. Багатоканатний підйом дозволяє застосовувати більше тонкі підйомні канати, при яких потрібні органи навивки меншого діаметра.

Багатоканатна підйомна машина (рис. 1.7) складається з наступних основних вузлів: корінної частини 1, редуктора 2, відхиляючих шківків 3, панелі гальма 4, апарата завдання й контролю ходу 5, пульта керування 6, електродвигуна 7 і установки повітрязбірника з компресором.

Багатоканатна підйомна машина залежно від типу електропривода може бути редукторною (привод від швидкохідного асинхронного електродвигуна) і безредукторною (привод від тихохідного електродвигуна постійного струму). Залежно від схеми підйому багатоканатна підйомна машина може бути зі шківками, що відхиляють, або без них.

Багатоканатними підйомними машинами можна піднімати скіпи вантажопідйомністю до 50 т на шахтах глибиною до 1500 м. Створення барабанних машин з такою вантажопідйомністю для більших глибин практично неможливо.

Тягова здатність багатоканатних підйомних машин залежить від схеми обведення каната (тобто кута охоплення шківка тертя підйомним канатом) і коефіцієнта тертя каната об футеровку шківків. Схеми обводу каната для багатоканатних підйомних машин можуть мати кути охоплення  $180^\circ$  (без застосування відхиляючих шківків),  $190^\circ$ – $200^\circ$ ,  $270^\circ$  і  $360^\circ$  (при застосуванні відхиляючих шківків).



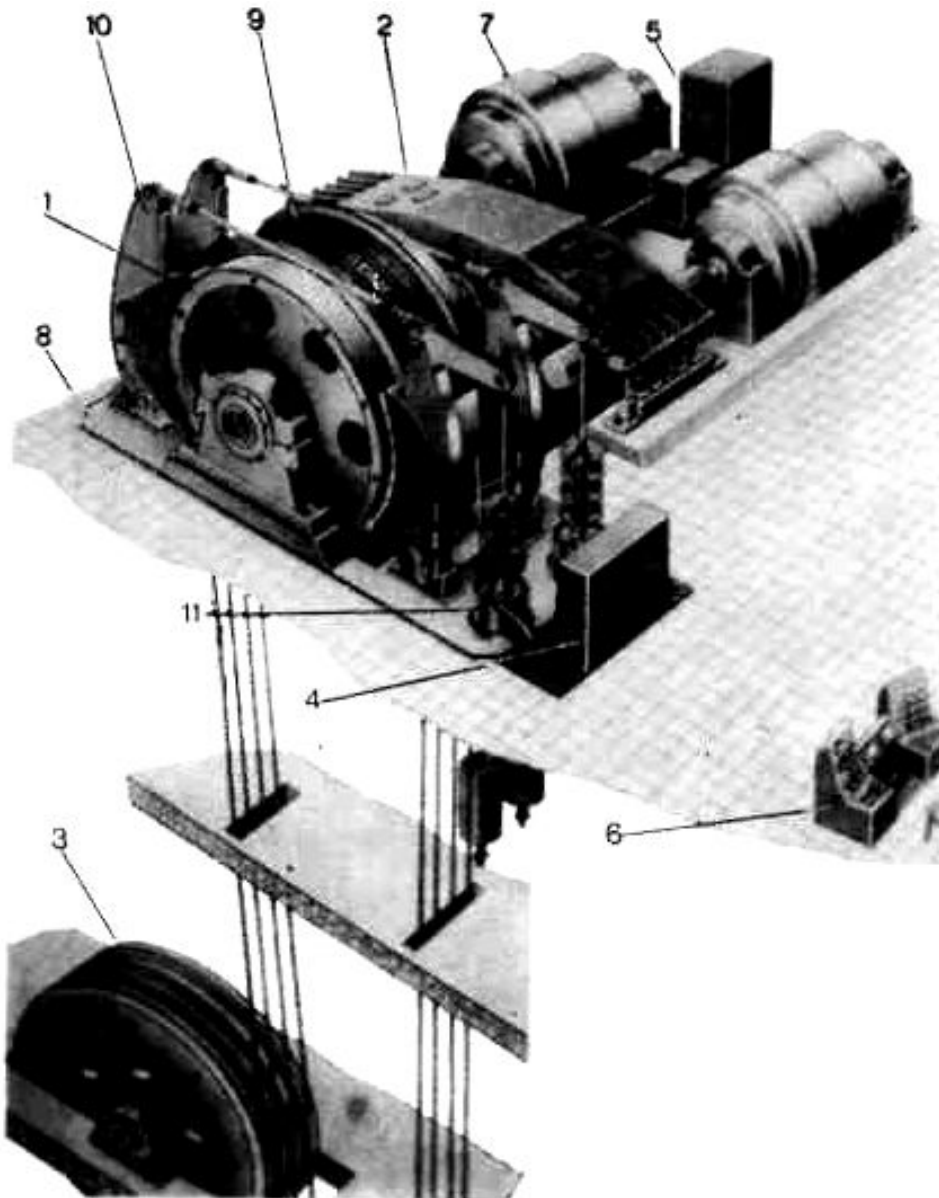


Рис. 1.7 – Багатоканатна підйомна машина

Від запобігання ковзання канатів по жолобках приводного шківів необхідно, щоб менший з натягів обох гілок каната був значно більшим за різницю натягів цих канатів. Тому при багатоканатному двокінцевому підйомі обов'язкове застосування хвостових канатів.

#### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, презентації.
2. Макети підйомних установок.

#### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами, презентаційними матеріалами та макетами підйомних установок вивчити їх конструкцію та принцип роботи.

2. Для різних видів підйомних машин, що вивчається, навести конструктивні схеми та викласти принцип їх дії.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, область застосування, основні технічні характеристики, загальні схеми і принцип дії підйомних машин, що вивчалися на лабораторній роботі.

### ***Контрольні питання***

1. Визначте загальне призначення підйомних установок.
2. З яких елементів складається арміровка шахтного ствола з підйомною установкою?
3. Відзначте переваги однобарабанної підйомної машини з розрізним барабаном над двобарабанною підйомною машиною.
4. Від чого залежить необхідність застосування редуктора на підйомних машинах?
5. Розшифруйте позначення: Ц-3,5х2А; ЦР-бх3,4/0,6; ШТ-7,2.
6. З якою метою на багатоканатних підйомних установках застосовують відхиляючі шківни?
7. Визначте область застосування багатоканатних підйомних машин.
8. Які елементи відносять до підйомного устаткування?
9. Чи застосовують парашутні пристрої на багатоканатних підйомах?
10. На шахтах якої глибини отримали поширення багатоканатні підйомні установки?
11. Визначте область застосування підйомних машин з біциліндроконічними барабанами.

## Лабораторна робота №2

### ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК

Мета заняття: Вивчити основні складові елементи шахтних підйомних установок.

#### Основні теоретичні положення

До устаткування підйомних установок відносяться копри, підйомні посудини з підвісними та парашутними пристроями, підйомні канати, копрові шківни (шківни, що направляють), посадкові пристрої для клітей (кулаки; площадки, що гойдаються; бруси), завантажувальні й розвантажувальні пристрої.

Копри необхідні для підтримки направляючих шківнів і сприйняття сил, діючої на них, для кріплення провідників, що виходять зі ствола, розвантажувальних кривих для скіпів і перекидних клітей і балок для посадкових кулаків або майданчиків, що гойдаються.

Копри виготовляють із сталі або залізобетону. По кількості підйомів, що обслуговуються копри ділять на однопідйомні і багатопідйомні. Висота копрів коливається в межах 60÷130 м для головних підйомних установок і 30÷60 м – для допоміжних. Застосовуються копри наступних конструкцій: А-образні (рис. 2.1 а), чотиристоечні (рис. 2.1 б), шатрові копри (рис. 2.1 в), баштові копри (рис. 2.1 г). Прохідницькі копри безстанкові, збірно-розбірні, їх виготовляють зі сталі, вони мають шатрову конструкцію.

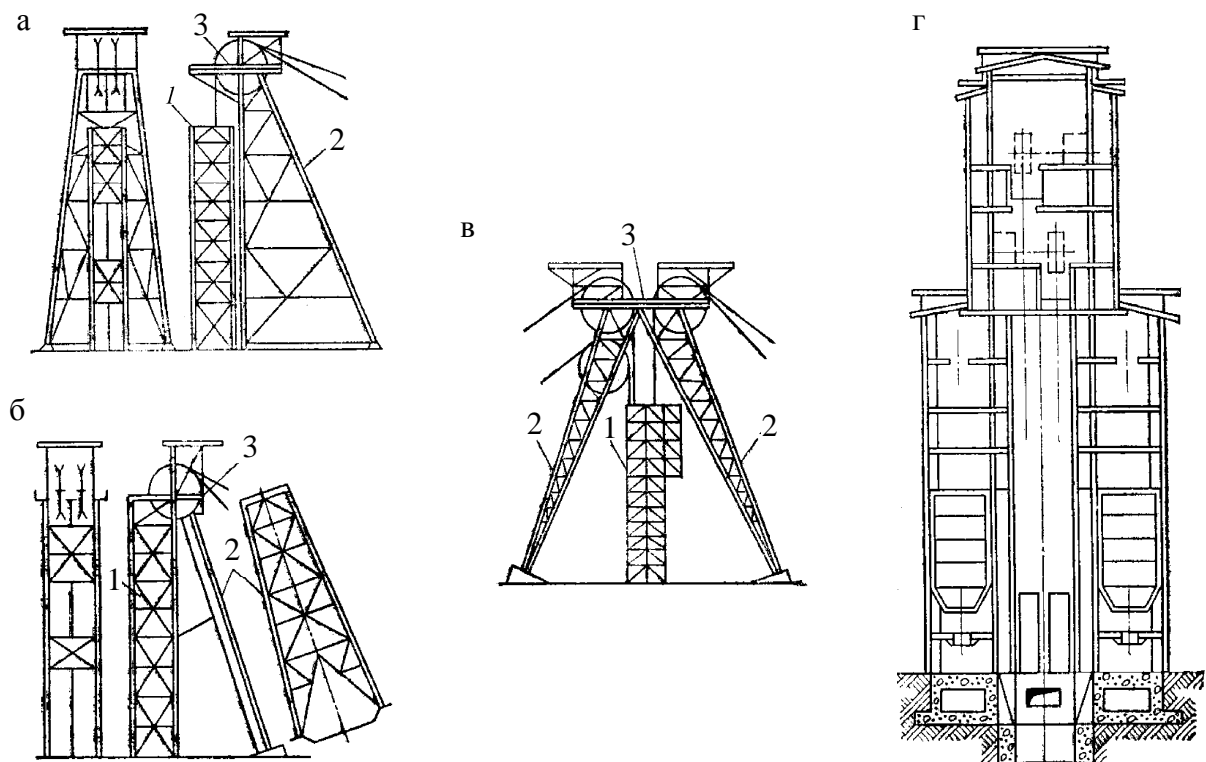


Рис. 2.1 – Копри

а - А-образний; б - чотиристоечний; в - шатровий, г - баштовий  
1 - вертикальний станок, 2 - поперечка (нога), 3 - майданчик

До підйомних посудин для вертикальних стволів відносять шахтні кліті, скіпи й бадді, а для похилих стволів – кліті, скіпи та вагонетки. Якщо шахта має кілька підйомних установок, то головний підйом обладнують скіпами (рис. 2.2, 2.3).

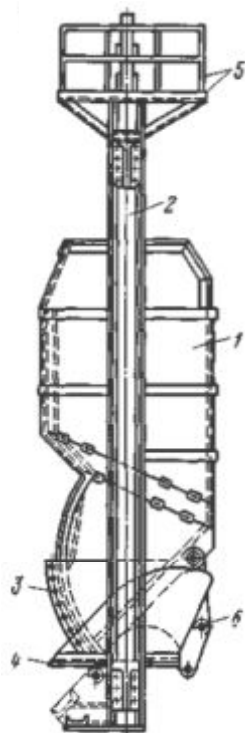


Рис. 2.2 – Скіп з розвантаженням через дно з секторним затвором  
1 - кузов, 2 - рама, 3 - секторний затвор, 4 - висувний рештак, 5 - площадка з огорожею, 6 – розвантажувальні ролики

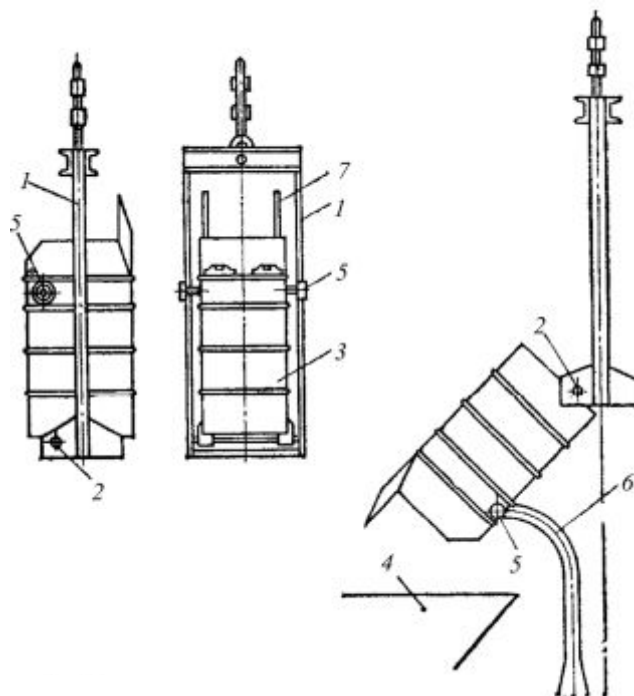


Рис. 2.3 – Скіп, що перекидається  
1 - рама, 2 - шарнір, 3 - кузов, 4 - бункер, 5 - ролики, 6 - розвантажуючі криві, 7 - полок

При скіповому підйомі вага корисного вантажу, що піднімається, і вага скіпа приблизно однакові, а при клітьовому підйомі вага вантажу, що піднімається, становить лише третю частину від ваги кліті з вантажем. Тому при скіповому підйомі менше потужність двигуна, витрата електроенергії, розміри й вартість механічної частини підйомної установки.

Клітьова підйомна установка на шахтах, що мають скіпові підйоми, призначена для допоміжних операцій (спуск і підйом людей, транспортування породи, матеріалів й устаткування), виконання яких здійснюється неперекидними клітьми (рис. 2.4).

Головний підйом, обладнаний неперекидними клітьми, зустрічається на неглибоких шахтах малої продуктивності, що мають одну підйомну установку. На шахтах, де для видачі вугілля й виконання всіх допоміжних операцій досить однієї підйомної установки, підйом обладнують перекидними клітьми (рис. 2.5).

Бадді (рис. 2.6) застосовують при проходці (або поглиблені) стволів шахт для транспортування породи й матеріалів, а також спуску й підйому

людей. Підйомна установка може бути обладнана однією або двома баддями. Для запобігання розгойдування бадді при її русі по стволу навішують канатні провідники. Бадді бувають перекидні та неперекидні.

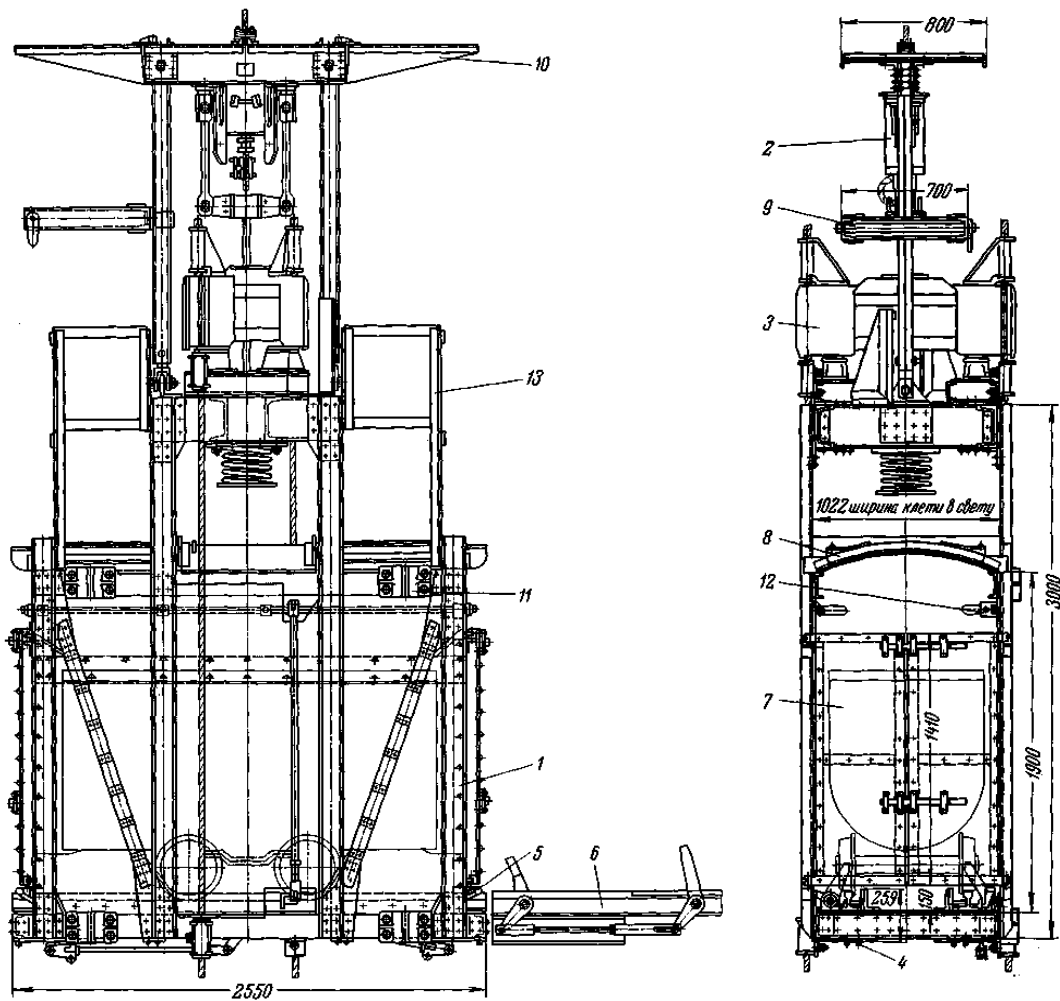


Рис. 2.4 – Уніфікована шахтна неперекидна кліть типу УКН  
 1 - каркас, 2 - підвісний пристрій, 3 - парашутний пристрій,  
 4 - посадкові амортизатори, 5 - клітьові стопори, 6 - привод стопорів,  
 7 - двері, 8 - дах кліті, 9 - пристосування для спуску довгомірів,  
 10 - запобіжний зонт, 11 - направляючі опори,  
 12 - поруччя, 13 - огорожа

Приєднання підйомних канатів до клітей і скіпів здійснюється за допомогою підвісних пристроїв, які можуть від'єднувати від вантажонесучої конструкції підйомних посудин. Підвісний пристрій складається з причіпного пристрою, до якого приєднується підйомний канат, і елементів підвіски, що з'єднує причіпний пристрій з вантажопідйомною конструкцією підйомної посудини (рис. 2.7).

До причіпних пристроїв відносяться безжимкові важелево-клинові коуши і клинові безжимкові коуши з одностороннім затискуванням каната, а також грушовидні жимкові коуши (рис. 2.8, 2.9).

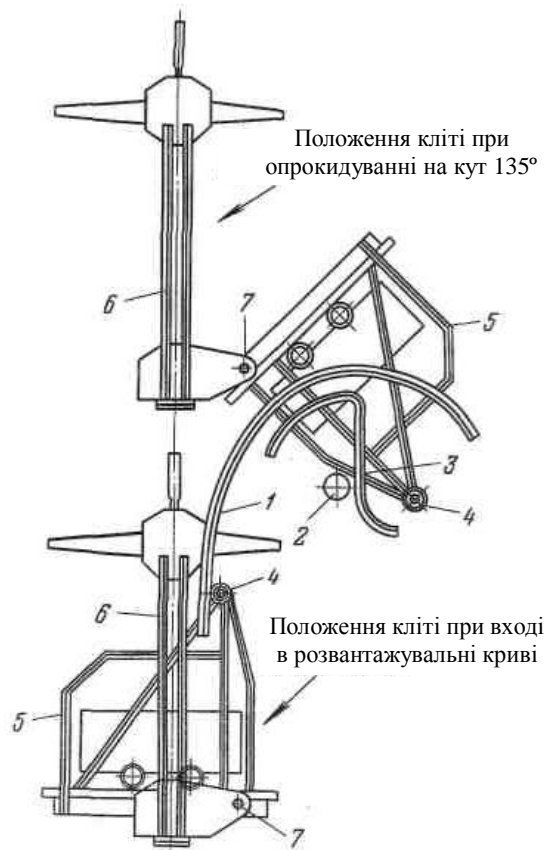


Рис. 2.5 – Схема розвантаження вагонеток в опрокидній кліті  
 1 - розвантажувальні криві, 2 - опорний ролик, 3 - направляюча, 4 – ролики, що перекидають, 5 - платформа, що перекидається, 6 - рама кліті, 7 - вісь

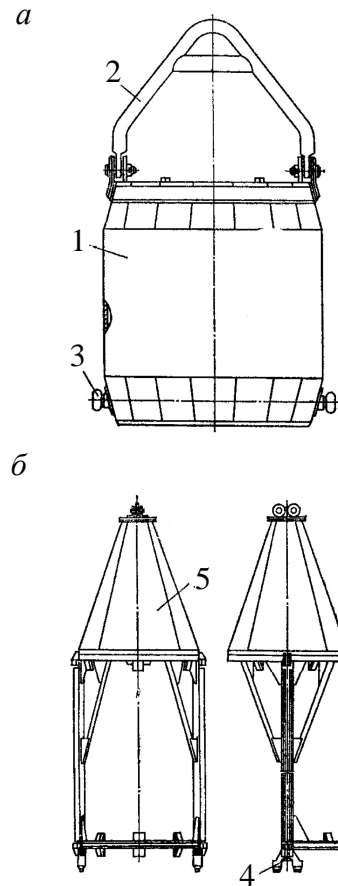


Рис. 2.6 – Самоперекидна баддя  
 а - загальний вигляд;  
 б - направляюча рамка  
 1 - зварний кузов, 2 - дуга, 3 - цапфа, 4 - гніздо, 5 - парасолька

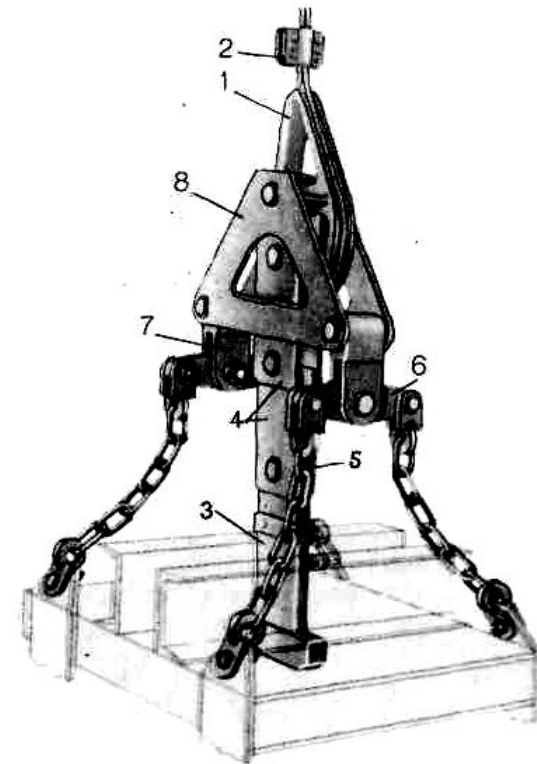


Рис. 2.7 – Підвісний пристрій нерегульований з запобіжними ланцюгами  
 1 - коуш, 2 - жимки, 3 - вертикальна штанга, 4 - шарніри, 5 - корабельний ланцюг, 6 - траверса, 7 - петлі, 8 - коромисло

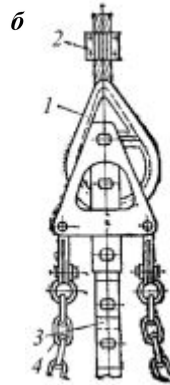
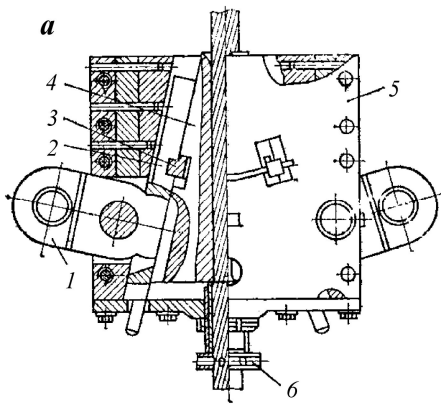


Рис. 2.8 – Причіпні пристрої підйомних посудин  
*а* – важелево-клиновий коуш: 1 - важіль, 2 - вертикальний клин, 3 - горизонтальний клин, 4 - зворотній клин, 5 - корпус, 6 - опорна втулка;  
*б* – грушовидний коуш: 1 - коуш, 2 - жимки (хомути), 3 - тяга, 4 - запобіжні ланцюги

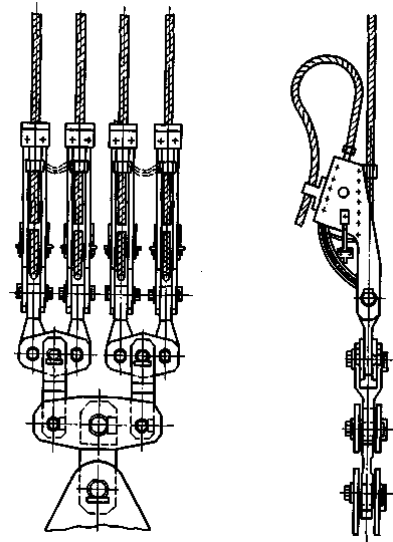


Рис. 2.9 – Балансирний підвісний пристрій для багатоканатних підйомних машин

Для плавного руху підйомних посудин паралельно осі ствола шахти застосовують металеві або дерев'яні провідники, закріплені вздовж ствола. Для кожної кліті є по два провідники, розташованих по відношенню до кліті з однієї або двох довгих її сторін.

Металеві провідники бувають рейкові, коробчатого перетину і канатні. Провідники перших двох типів прикріплюють до розстрілів, а канатні закріплюють на копрі і натягують вантажами в зумпфі ствола. При застосуванні дерев'яних чи канатних провідників посудини мають плавний хід, ремонт дерев'яних провідників більш легкий. У порівнянні з дерев'яними металеві провідники займають менше місця, менш чутливі до вихідного вентиляційного струменя і мають більший термін служби.

По провідниках рухаються направляючі пристрої, закріплені на підйомних посудинах. Ці пристрої виконуються у вигляді башмаків ковзання закритого (рис. 2.10 а) або відкритого (рис. 2.10 б) типу.



Рис. 2.10 – Направляючі пристрої підйомних посудин  
*а* – башмаки ковзання закритого типу;  
*б* – башмаки ковзання відкритого типу;  
*в* – у вигляді роlikоопор (1 – ролик)

Башмаки ковзання застосовують при рейкових і дерев'яних провідниках на посудинах, що мають швидкість руху не більше 7 м/с. При коробчастих провідниках і великій швидкості руху посудин використовують направляючі пристрої у вигляді роликоопор (рис. 2.10 в). Поверхню котіння роликів футерують пружними матеріалами.

Згідно ПБ кліті, які слугують для спуску і підйому людей, за винятком клітей багатоканатних установок, забезпечують парашутами, які повинні забезпечити автоматичну зупинку кліті при обриві каната та безпечний для людей режим гальмування. Сповільнення порожніх клітей при їх уловлюванні повинно бути не більшим за  $50 \text{ м/с}^2$ , а при зупинці клітей з максимальним числом людей – не меншим за  $6 \text{ м/с}^2$ .

Парашут складається з уловлювачів і приводного механізму. Джерелом енергії для приведення в дію парашута є маса кліті і сила пружин парашутного пристрою.

Парашути своїми уловлювачами можуть діяти або на спеціальні гальмові канати, або на провідники.

Застосовують наступні типи парашутів, діючих на гальмові канати:

а) ПТК з миттєвим захопленням уловлювачами при обриві підйомного каната двох гальмових канатів, ПТКП для установок з противагою і ПТКШ для установок з ведучим шківом тертя; ці парашути призначені для будь-яких типів металевих провідників при будь-яких схемах їх розташування;

б) ПКЛ з миттєвим захопленням ексцентрико-клинового уловлювача за один гальмовий канат і ПКЛШ для установок з ведучим шківом тертя, ці парашути застосовують при односторонньому розташуванні рейкових провідників.

Гальмові канати пасмової конструкції верхніми своїми кінцями сполучаються з амортизаційними канатами на копрі, а нижні кінці їх кріплять до балок, що встановлюються в зумпфі. Згідно ПБ запас міцності гальмових і амортизаційних канатів при дії динамічного навантаження повинен бути не нижчим трикратного.

При обриві підйомного каната 8 (рис. 2.11), гальмівні канати 3 захоплюються вловлювачем парашута 7 та зв'язують кліть з гальмівними пристроями парашута – амортизаторами. Верхніми кінцями гальмівні канати приєднуються до амортизаційних канатів 9 за допомогою з'єднувальних муфт 10, нижніми – закріплюються в зумпфі та натягуються із зусиллям близько 1 т для зменшення зношування муфт і гальмівного каната. Гальмівні канати вибираються за розрахунковим динамічним навантаженням з трикратним запасом міцності.

В парашутах типу МПТ (ПТК) механізми вловлювача та вмикаючого пристрою об'єднані. При обриві підйомного каната пружина 1 (рис. 2.12) віджимає вниз шток 2 і за допомогою траверси 3 й серги 4 повертає важіль 5 навколо осі 6. В зв'язку з цим клин 7 за допомогою важеля 5 піднімається вгору і захоплює гальмові канати 8, на яких і зависає кліть. На рис. 2.12 також позначені: 9 – направляюча втулка, 10 – шток підвіски.



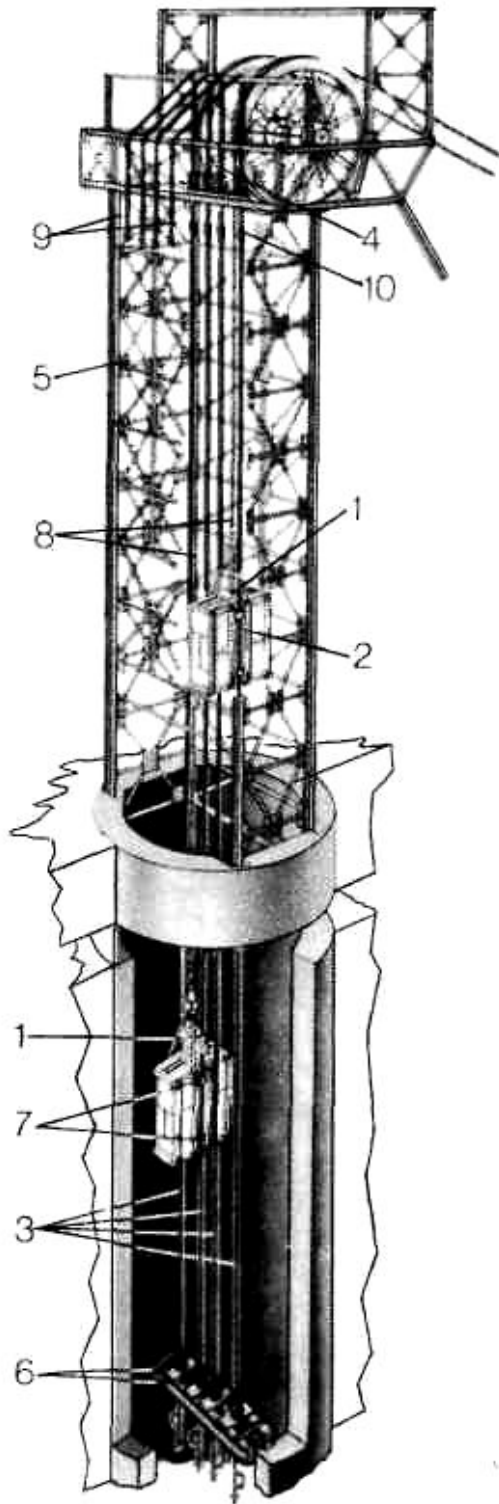


Рис. 2.11 – Парашутний пристрій  
МПТ (ПТК)

- 1 - привод парашута, 2 - кліть,
- 3 - гальмівні канати,
- 4 - амортизатори, 5 - станок копра,
- 6 - натяжний пристрій, 7 - ловителі,
- 8 - підйомні канати, 9 - амортизуючі канати, 10 - з'єднуючі муфти

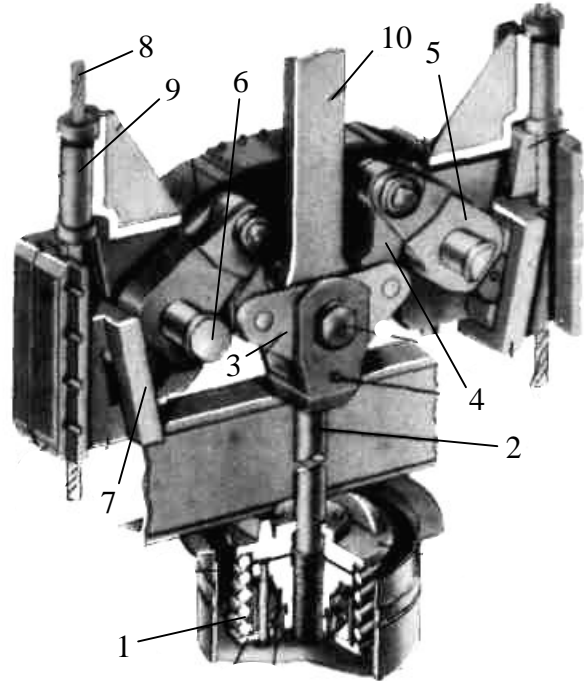


Рис. 2.12 – Ловитель парашутного пристрою  
ПТК (позначення в тексті)

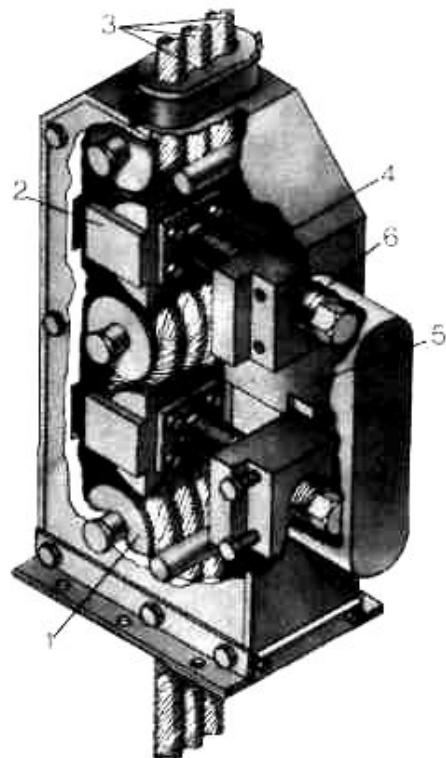


Рис. 2.13 – Триструмковий канатно-гвинтовий амортизатор  
(позначення в тексті)

Безпечний режим уловлювання кліті при обриві підйимального каната забезпечується амортизаторами, що встановлюються на копрі. На парашутних пристроях типу МПТ (ПТК) застосовують канатно-гвинтові амортизатори (рис. 2.13), який складається з валків 1 та сухарів 2, між якими пропущено сталевий амортизаційний канат 3. Валки, сухарі й фасонні гайки 4 закріплені між двома стінками корпусу 5. При протягуванні каната через амортизатор витрачається велика робота на деформацію каната. Зусилля протяжки каната регулюється гвинтом 6 – чим більше вигнуто канат в амортизаторі, тим більше зусилля протягування. Амортизатори за числом канатів, що одночасно протягнуто в них, розділяють на однострумкові, двострумкові та триструмкові. За кількістю гвинтів – на одnogвинтові та двогвинтові. Довжина амортизаційних канатів приймається такою, що дорівнює подвійному розрахунковому шляху гальмування.

Гальмівні канати з'єднуються з амортизаційними за допомогою з'єднувальних муфт. В зумпфі гальмівні канати прикріплюються до спеціально встановленої балки за допомогою жимків.

Для перевантаження вугілля з вагонеток в скіпи в шахті, нижче приствольного двору, встановлюють завантажувальний пристрій.

До приходу скіпа під завантаження до завантажувального пристрою (рис. 2.14) верхній і нижній затвори закриті. При цьому в мірному бункері знаходиться порція вугілля, об'єм якої дорівнює ємності скіпа.

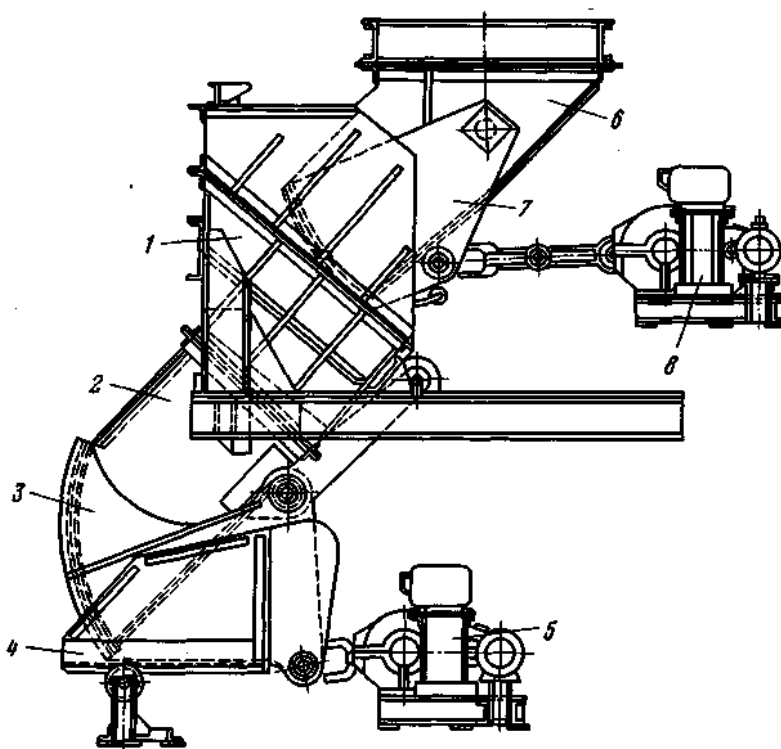


Рис.2.14 – Завантажувальний пристрій з бункером  
 1 - мірний бункер, 2 - жолоб, 3 - затвор жолоба,  
 4 - рештак, 5 - привод затвора, 6 - верхній жолоб,  
 7 - верхній затвор, 8 - привод верхнього затвора

Коли скіп приходить для завантаження, подається імпульс для автоматичного включення привода нижнього затвора. При відкриванні затвор висуває рештак, який слугує тічкою, по якій вугілля з мірного бункера надходить у скіп. Коли нижній затвор повністю відкривається, привод його відключається та включається реле часу, що фіксує відкрите положення затвора на час завантаження скіпа (8 сек). Потім привод нижнього затвора автоматично включається й затвор закривається. Коли нижній затвор повністю закритий, кінцевий вимикач відключає його привод і подає імпульс на автоматичне включення піднімальної машини й включення привода верхнього затвора. При цьому вугілля із залізобетонного бункера великої ємності починає надходити в мірний бункер завантажувального пристрою.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, діафільми.
2. Макети підйомних установок.

### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами та макетами підйомних установок вивчити їх основні конструктивні елементи й призначення цих елементів.
2. Навести схеми складових частин підйомних установок.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, основні технічні характеристики, загальні схеми і описати принцип дії основних складових частин підйомних установок, що вивчалися на лабораторній роботі.

### ***Контрольні питання***

1. Які складові відносять до устаткування підйомних установок?
2. Відзначте переваги та недоліки баштових копрів.
3. Визначте область застосування бадей.
4. Які підйомні посудини можуть бути застосовані в похилих стволах?
5. Назвіть призначення причіпних пристроїв.
6. Скільки поверхів може мати перекидна кліть?
7. З якою метою застосовують направляючі пристрої у вигляді роликкоопор?
8. Чим викликана необхідність застосування на підйомі парашутних пристроїв?
9. Чому частину гальмівного канату не можна використовувати в якості амортизуючого?

## Лабораторна робота №3

### ВИВЧЕННЯ ТИПІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ ПІДЙОМНИХ КАНАТІВ

Мета заняття: Вивчити основні типи та конструкції підйомних канатів й особливості їх застосування.

#### *Основні теоретичні положення*

Сталеві канати є складним та відповідальним видом дровових виробів. Вони мають велику кількість типів та конструкцій та вирізняються за формою поперечного перерізу як самого канату, так і його елементів, а також за фізико-механічними характеристиками проволочок й серцевин.

Сталевий канат являє собою гнучкий кручений виріб, що складається зі сталевих дротів круглого або фасонного перетину й органічної або металевої серцевини (рис. 3.1). Ефективність використання канатів у значній мірі визначається правильністю їх вибору, розрахунку й експлуатації.

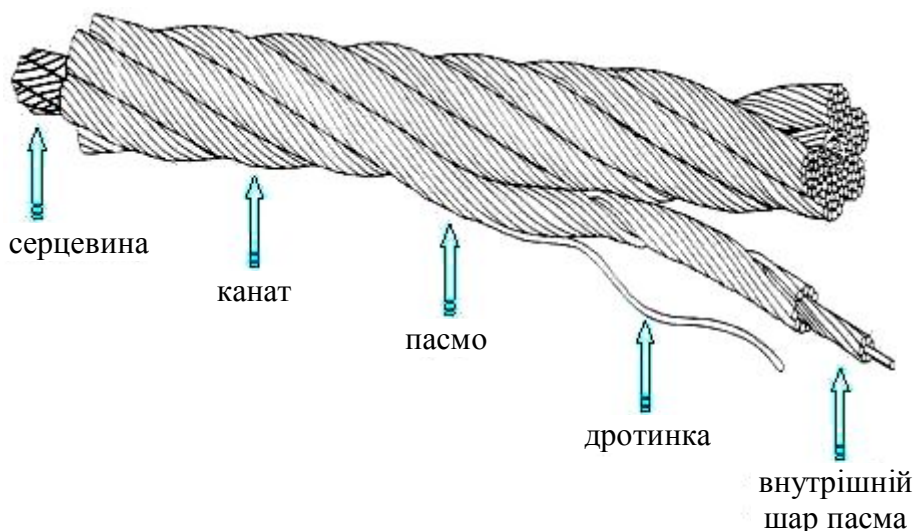


Рис. 3.1 – Елементи канату

Сортамент канатів, що рекомендують до застосування в шахтних стволах, залежно від призначення наведено у таблиці 3.1.

Відповідно до ДСТУ 3241-80 (державний стандарт на сталеві канати, виготовлені із круглого дроту), ДСТУ 18899-73 (сталеві закриті несучі канати загального призначення), ДСТУ 10505-76 (сталеві закриті підйомні канати, що застосовуються у вугільній і гірничорудній промисловості) канати підрозділяються за наступними ознаками:

*За конструкцією* (в шахтних стволах застосування канатів кабельтового звивання й восьмипасмових не допускається):

одинарного звивання – які складаються з дротів, звитих по спіралі;

подвійного звивання – які складаються з пасм, звитих в один або кілька концентричних шарів;

потрійного звивання – які складаються зі звитих канатів подвійного звивання (стренги).

Таблиця 3.1 –

## ДСТУ й ТУ на канати, які допускаються до застосування на шахтних підйомних установках

Канати вертикальних підйомів		Канати похилих підйомів	Канати, що врівноважують	Канати провідникові та відбійні	Канати гальмівні для парашутів <sup>5</sup> типу	
барабанних машин	машин зі шківом тертя				ПТКА (діаметр, мм; ДСТУ або ТУ <sup>6</sup> )	ПКЛА (діаметр, мм; ДСТУ або ТУ <sup>6</sup> )
Для експлуатаційних підйомів: ТУ 14-4-1444-87-Б (ДСТУ 7668-80) (ДСТУ 7669-80) (ДСТУ 2688-80) (ДСТУ 3085-80) (ДСТУ 16828-81) (ДСТУ 10506-76) ТУ 14-4-1444-87-А <sup>1</sup> ТУ 14-4-496-74 ТУ 14-4-1552-89 "Дайформ" <sup>8</sup>  Для прохідницьких подъемов: ДСТУ 10506-76 ДСТУ 16828-81	ТУ14-4-1444-87-А (ТУ 14-4-1444-87-Б <sup>2</sup> ) (ДСТУ 7668-80 <sup>2</sup> ) Круглий овалнопрядний <sup>8</sup> "Дайформ" <sup>8</sup>	ДСТУ 3077-80 ДСТУ 2688-80 ДСТУ 7668-80 <sup>3</sup> ТУ 14-4-1444-87-Б <sup>3</sup> Канат з пластично обжатими пасмами ПК типу ТУ 14-4-874-78 ТУ 14-4-875-78 "Дайформ" <sup>8</sup> (ДСТУ 3079-80) (ДСТУ 7665-80)	ДСТУ 3088-80 Плаский зі шпильками Резинотросовий (ДСТУ 16827-81) (ДСТУ 16828-81) (ДСТУ 3091-80) (ДСТУ 3092-80) Круглий, що не крутиться підвищеної гнучкості <sup>8</sup>	Для експлуатаційних підйомів: ДСТУ 3090-73 ДСТУ 7675-73 ДСТУ 7669-80 ДСТУ 7667-80 ТУ 14-4-1158-81 <sup>4</sup> ДСТУ 7668-80 ТУ 14-4-1444-87-Б Напівзакриті <sup>7</sup> Для прохідницьких підйомів: ДСТУ 7669-80 ДСТУ 7667-80 ДСТУ 16827-81 ДСТУ 16828-81 ТУ 14-4-1136-81 <sup>4</sup> Напівзакриті <sup>7</sup>	ПТКА 6,3 (25,5; ДСТУ 3077-80) ПТКА12,5 (30,5; ДСТУ 3077-80) (32,5; ДСТУ 3077-80) ПТКА20 ПТКША20 (35,0; ДСТУ 3077-80) (37,0; ДСТУ 3077-80) (36,5; ТУ 14-4-1444-87-А) (35,5; ДСТУ 7665-80) ПТКА25 ПТКША25 (40,0; ДСТУ 3077-80) (41,0; ДСТУ 3077-80)	ПКЛА 6,3 (35,0; ДСТУ 3077-80) (35,5; ДСТУ 7665-80) (37,0; ДСТУ 3077-80) (36,5; ТУ 14-4-1444-87-А) ПКЛА12,5 (40,0; ДСТУ 3077-80) (41,0; ДСТУ 3077-80) (42,0; ДСТУ 7665-80) (42,0; ТУ 14-4-1444-87-А) ПКЛА20 ПКЛША20 (50,5; ТУ 14-4-1444-87-А) (52,0; ДСТУ 3079-80)

Канати вертикальних підйомів		Канати похилих підйомів	Канати, що врівноважують	Канати провідникові та відбійні	Канати гальмівні для парашутів <sup>5</sup> типу	
барабанних машин	машин зі шківом тертя				ПТКА (діаметр, мм; ДСТУ або ТУ <sup>6</sup> )	ПКЛА (діаметр, мм; ДСТУ або ТУ <sup>6</sup> )
					(42,0; ДСТУ 7665-80) (42,0; ТУ 14-4-1444-87-А) ПТКА30 ПТКША30 (45,0; ДСТУ 3077-80) (45,0; ДСТУ 7665-80) (46,5; ТУ 14-4-1444-87-А) (47,0; ДСТУ 3079-80)	ПКЛА30 ПКЛША30 (56,0; ДСТУ 3079-80) (58,0; ДСТУ 3079-80)

**Примітка.** ДСТУ й ТУ на канати, вказані в дужках, повинні застосовуватися при неможливості використання уніфікованих типорозмірів канатів.

<sup>1</sup> Допускається застосування за умови нанесення змазки перед навішуванням.

<sup>2</sup> Допускається застосування за умови зняття змазки перед навішуванням.

<sup>3</sup> Для похилих підйомів з кутом нахилу більше за 60°.

<sup>4</sup> Канати в стадії освоєння заводами.

<sup>5</sup> Амортизаційні канати парашутів й пристроїв від перепідйому для багатоканатних підйомів – 45,0 мм; ДСТУ 7665-80.

<sup>6</sup> Гальмівні канати парашута ПТКПА прийняті як для парашута ПТКА12,5.

<sup>7</sup> Спіральний канат із зовнішнім шаром з круглих та Х-подібних проволоч.

<sup>8</sup> Канати сучасних конструкцій, які показали високу наробку. У випадку застосування цих канатів с коушами типу КД обов'язкова протяжка канату в коуші не рідше одного разу на шість місяців та застосування крестового зажиму.

за формою поперечного перерізу:

круглі;

плоскі – поперечний переріз яких близький до прямокутника.

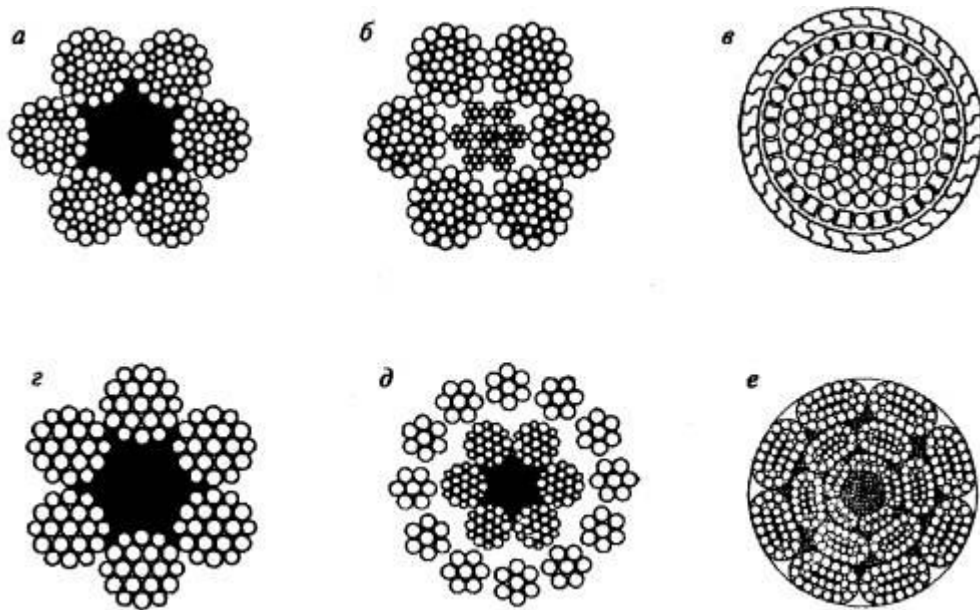


Рис. 3.2 – Канати підйомні для експлуатаційних й прохідницьких вертикальних підйомів: *a* – за ТУ 14-4-1444-87-А, ТУ 14-4-1444-87-Б, ДСТУ 7668-80; *б* – за ДСТУ 7669-80; *в* – за ДСТУ 10506-76; *г* – за ДСТУ 2688-80; *д* – за ДСТУ 16828-80; *е* – овальнопасмовий, що не крутиться

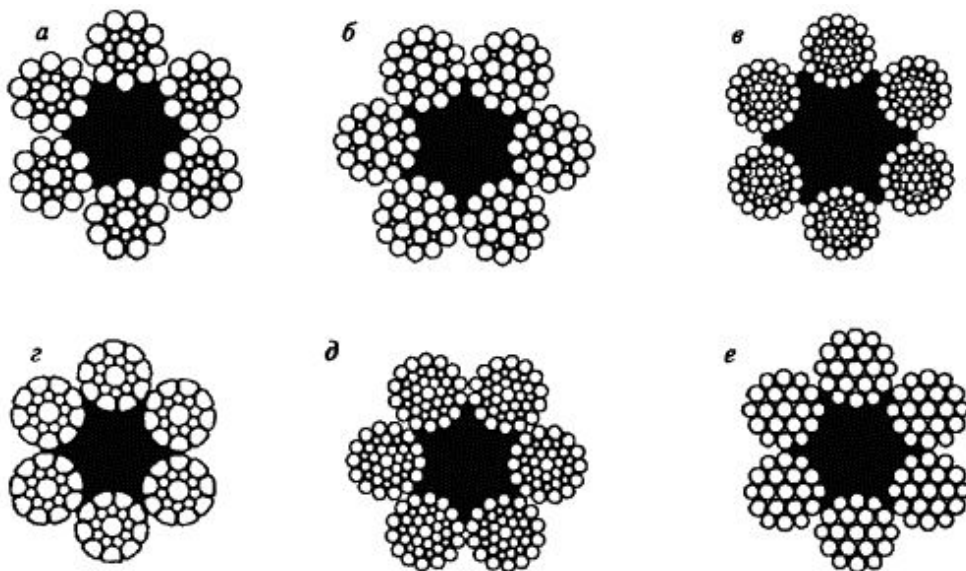


Рис. 3.3 – Канати підйомні для похилих стволів: *a* – за ДСТУ 3077-80; *б* – за ДСТУ 7665-80; *в* – за ДСТУ 3079-80; *г* – канати з пластично обжатих пасм ПК; *д* – за ТУ 14-4-1444-87-Б, ДСТУ 7668-80; *е* – за ДСТУ 2688-80

за формою поперечного перерізу пасм:

круглопасмові;

фасоннопасмові – поперечний переріз пасм, яких відрізняється від круглого.

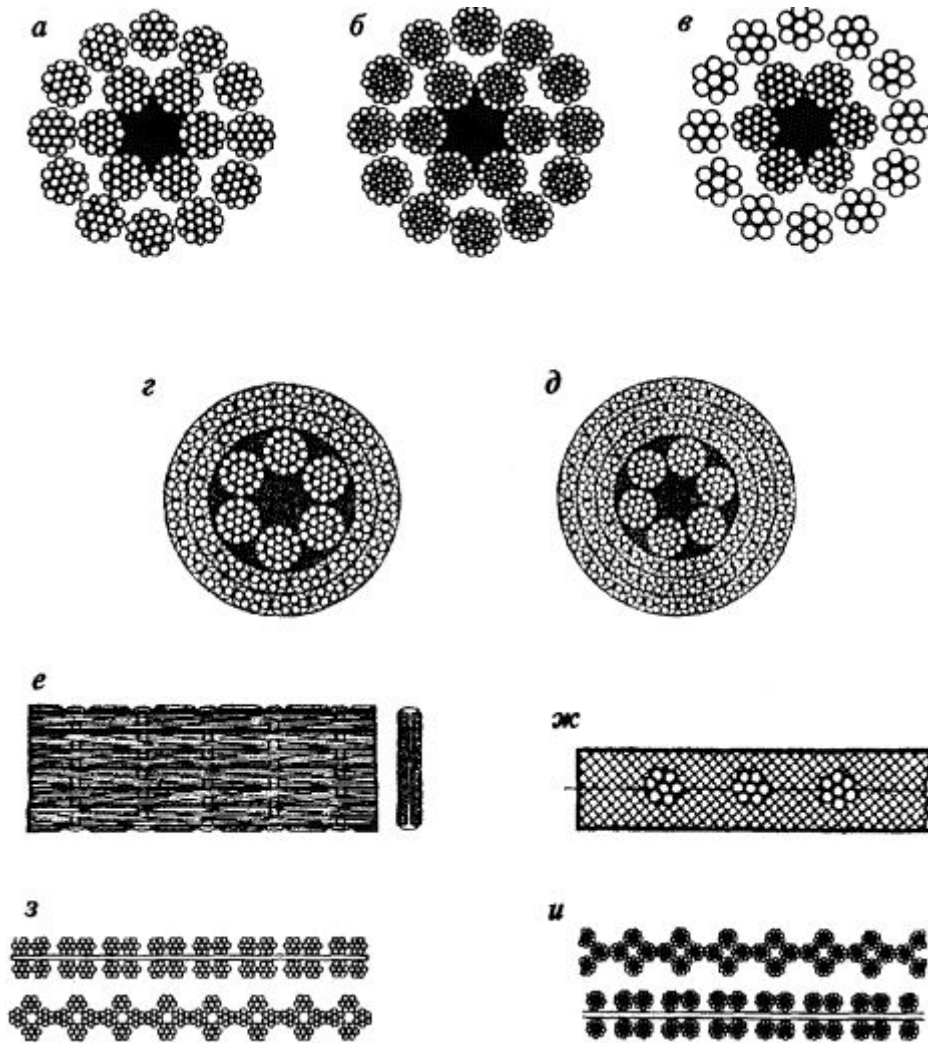


Рис. 3.4 – Канати, що врівноважують:  
*a* – за ДСТУ 3088-80; *б* – за ДСТУ 16827-80; *в* – за ДСТУ 16828-80; *г*, *д* – ті, що не крутяться підвищеної гнучкості; *е* – плоскі зі шпильками виробництва Угорщини; *ж* – гумовотросові; *з* – за ДСТУ 3091-80; *и* – за ДСТУ 3092-80

*за типом зивання пасм і канатів одинарного зивання:*

ТК – із крапковим торканням дротів між шарами;

ЛК – з лінійним торканням дротів між шарами;

ЛК-О – з лінійним торканням дротів між шарами при однаковому діаметрі дротів по шарам пасма;

ЛК-Р – з лінійним торканням дротів між шарами при різних діаметрах дротів у зовнішньому шарі пасма;

ЛК-З – з лінійним торканням дротів між шарами й дротами заповнення;

ЛК-РО – з лінійним торканням дротів між шарами й таких, що мають у пасмі шари з дротами різних діаметрів і шари з дротами однакового діаметра;

ТЛК – з комбінованим крапково-лінійним торканням дротів;

ПК – канати із пластично деформованих пасм (за ТУ 14-4-874-78 і ТУ 14-4-875-78);



*за матеріалом серцевини:*

О.С. – з органічною серцевиною з натуральних або синтетичних матеріалів;

М.С. – з металевою серцевиною.

*за способом звивання:*

Н – ті, що не розкручуються (пасма в канатах подвійного звивання, зовнішні пасма багатопрядних канатів, дроти в канатах одинарного звивання зберігають своє положення після зняття перев'язок і зварювання з кінця канату, при цьому металеві серцевини можуть виготовлятися такими, що розкручуються);

Р – такі, що розкручуються (пасма й дроти не зберігають свого положення в канаті після зняття перев'язок і зварювання з кінця канату);

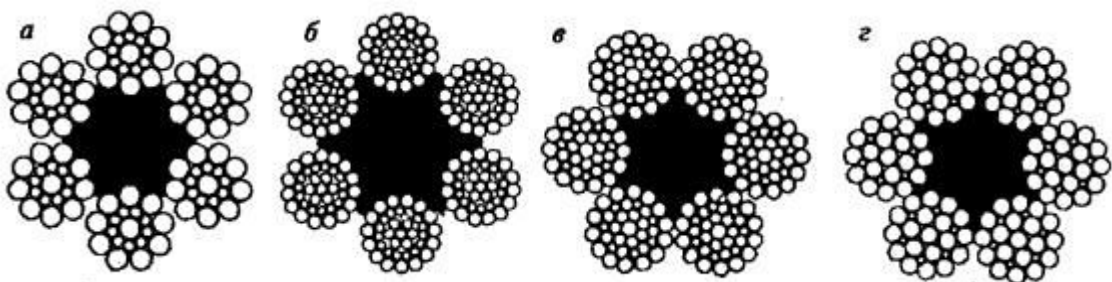


Рис. 3.5 – Гальмівні канати:

*a* – за ДСТУ 3077-80; *б* – за ДСТУ 3079-80;  
*в* – за ТУ 14-4-1444-87-А; *г* – за ГОСТ 7665-80

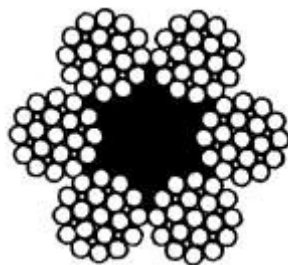


Рис. 3.6 – Амортизаційний канат за ДСТУ 7665-80

*за напрямком звивання канату:*

П – правого звивання;

Л – лівого звивання.

Напрямок звивання канату визначається для канатів одинарного звивання – напрямком звивання дротів зовнішнього шару; для канатів подвійного звивання – напрямком звивання пасм зовнішнього шару;

*за сполученням напрямків звивання канату і його елементів у канатах подвійного звивання:*

хрестового звивання (напрямок звивання канату й напрямком звивання пасм протилежні);

О – однобічного звивання (напрямок звивання канату й звивання пасм по зовнішнім дротам однакові).

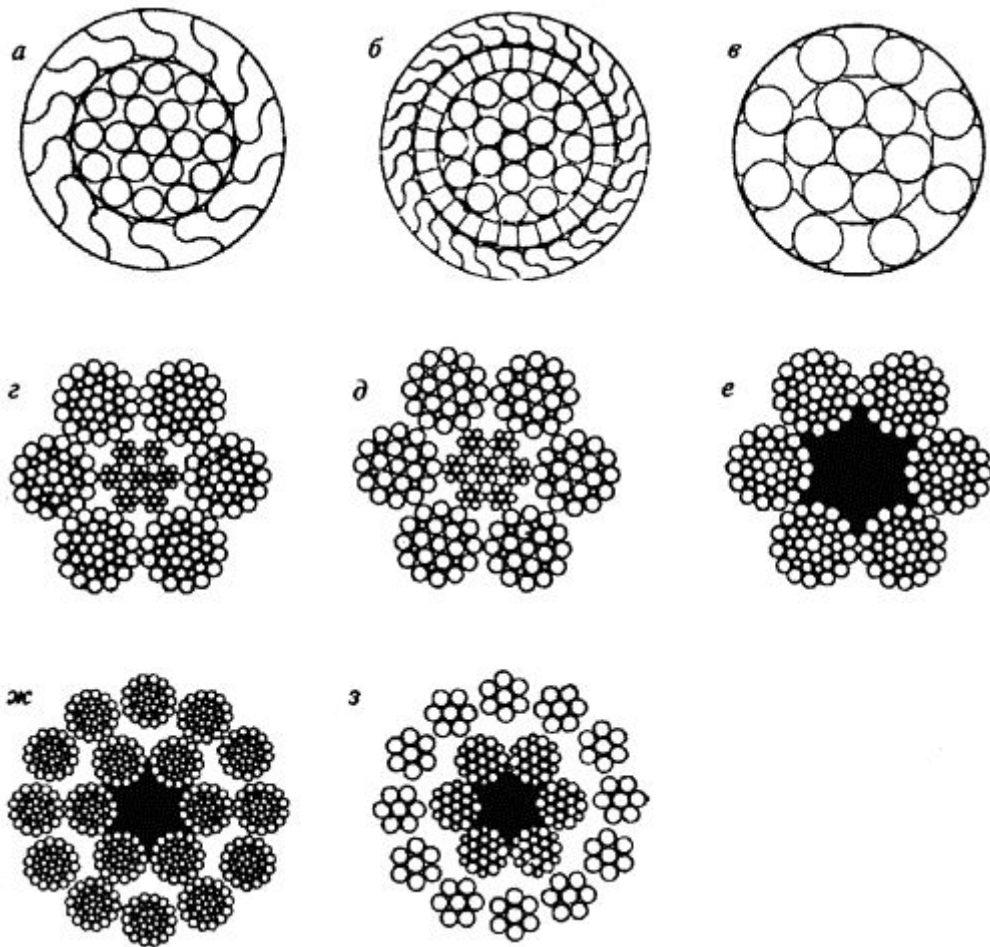


Рис. 3.6 – Канати провідникові експлуатаційних та прохідницьких підйомів:  
*а* – за ДСТУ 3090-73; *б* – за ДСТУ 7675-73; *в* – напівзакриті;  
*г* – за ДСТУ 7669-80; *д* – за ДСТУ 7667-80; *е* – за ДСТУ 7668-80,  
 ТУ 14-4-1444-87; *ж* – за ДСТУ 16827-81; *з* – за ДСТУ 16828-81

*за ступенем крутимості:*

ті, що крутяться (з однаковим напрямком всіх пасм);

МК – ті, що малокрутяться (багатошарові багатопасмові та одинарного звивання з протилежним напрямком звивання елементів по шарам); канати за ДСТУ 10505-76 виготовляються тільки такими, що малокрутяться - МК.

*за механічними властивостями:*

У – виготовлені із дроту марки В;

І – виготовлені із дроту марки І;

ІІ – виготовлені із дроту марки ІІ (в шахтних стволах застосування канатів марки ІІ не припустимо);

*за видом покриття поверхні дротів у канаті* (канати за ДСТУ 18899-73 виготовляють із дроту без покриття й оцинкованих по групі С):

без покриття;

ОЖ – цинкове покриття дроту для особливо жорстких умов роботи;

Ж – цинкове покриття дроту для жорстких агресивних умов роботи;  
С – цинкове покриття дроту для середніх агресивних умов роботи;  
П – покриття канату або пасм штучними матеріалами.

*за призначенням:*

ГЛ – вантажолюдські, які слугують для підйому й транспортування людей і вантажів (тільки марки В);

Г – вантажні, які слугують для транспортування вантажів.

*за точністю виготовлення:*

нормальної точності;

Т – підвищеної точності.

### **Конструктивні характеристики канатів**

Основними конструктивними елементами канатів є дроти, пасма, серцевина. Сталевий канатний дріт виготовляють з вуглеродистого горячекатаного дроту (катанки) методом багаторазового холодного волочіння з проміжною термічною й хімічною обробкою для одержання необхідної міцності, структури, виду і якості поверхні.

Сталевий дріт круглого перетину повинен відповідати вимогам ДСТУ 7372-79. Сталевий дріт фасонного профілю повинен відповідати вимогам СТП 285-09-016-87.

Дроти при звиванні пасм або канатів одинарного звивання повинні мати однаковий натяг, при цьому дроти кожного шару (у пасмі або в канаті) повинні мати зазори між собою й щільно прилягати до дротів нижчерозашованого шару.

Зетоподібні дроти в канатах закритої конструкції повинні прилягати один до одного, утворюючи з'єднання замком. Між фасонними дротами допускається проміжок, який не порушує замка канату.

Серцевина канату слугує опорою для пасм канатів. Органічна серцевина при цьому є акумулятором змащування для шахтних підйомних канатів подвійного звивання. Він повинен бути виготовлений з сизалю відповідно до ГОСТ 17-538-75. Допускається використання канатів з органічною серцевиною з пенькового волокна підвищеної якості (довгого прядіння) за ДСТУ 5269-77. Металева серцевина повинна виготовлятися з дроту за ДСТУ 7372-79.

Органічна серцевина з інших матеріалів, що рекомендується ДСТУ 3241-80, може бути застосована після проведення шахтних випробувань у встановленому порядку. Серцевини з сизалю або пенькового волокна повинні бути просочені змащенням за ДСТУ 15037-69. На вимогу споживача серцевину можна не просочувати.

Залежно від конструкцій канати можуть мати наступні позначення:

канат одинарного звивання типу ТК конструкції  $1 \times 37 (1+6+12+18)$  – спіральний канат, що складається з 37 дротинок;

канат подвійного звивання типу ЛК-О ("Сил") конструкції  $6 \times 19 (1+9+9)+1$  О.С. – шестипрядний канат (дев'ятнадцять дротинок у пасмі) з однією органічною серцевиною;

канат подвійного звивання типу ЛК-Р ("Варрінгтон") конструкції  $6 \times 19 (1+6+6/6)+1$  О.С. – шестипрядний канат (дев'ятнадцять дротинок у пасмі) з однією органічною серцевиною;

канат подвійного звивання типу ЛК-РО ("закритий Варрінгтон") конструкції  $6 \times 36 (1+7+7/7+14)+1$  О.С. – шестипрядний канат (36 дротинок у пасмі) з однією органічною серцевиною;

канат подвійного звивання типу ЛК-РО конструкції  $6-36 (1+7+7/7+14)+7+7 (1+6)$  – шестипрядний канат з металевою серцевиною, що складається із семи пасм по сім дротинок у кожній;

канат подвійного звивання типу ЛК-З ("Філер") конструкції  $6 \times 25 (1+6;6+12)+1$  О.С. – шестипрядний канат (25 дротинок у пасмі) з однією органічною серцевиною;

канат плоский  $8 \times 4 \times 9(0+9)+32$  О.С. складається з восьми стренг, кожна з яких містить чотири пасми з дев'яти дротинок, навитих навколо органічної серцевини;

канат одинарного звивання типу ТЛК конструкції з  $26 \frac{\times 11}{\otimes 11} + \emptyset 16 + (14+7/7+7+1)$  – закритий підйомний канат, який складається зі 100 дротинок.

### **Запаси міцності канатів**

Канати підйомних установок всіх систем повинні мати при навішуванні запас міцності не нижчий за:

а) 9-кратного – для людських і аварійно-ремонтних підйомних установок, людських і вантажолюдських (при розрахунку по людям) двоканатних підйомних установок зі шківками тертя, не обладнаних парашутами;

б) 8-кратного – для підйомних установок зі шківками тертя одноканатних (людських, вантажолюдських і вантажних), багатоканатних (людських і вантажолюдських);

в) 7,5-кратного – для вантажолюдських підйомних установок, для підвіски механічних навантажувачів (грейферів) у стволі, прохідницьких колісок;

г) 7-кратного – для вантажних багатоканатних підйомних установок;

д) 6,5-кратного – для вантажних підйомних установок з машиною барабанного типу;

е) 6-кратного – для пересувних аварійних підйомних установок, рятувальних драбин, канатів для підвіски полків при проходці стволів глибиною до 600 м, насосів, труб водовідливу, прохідницьких агрегатів, канатних провідників експлуатаційних шахт;

ж) 5,5-кратного – для резинотросових канатів, що врівноважують, і канатів для підвіски полків при проходці стволів глибиною від 600 до 1500 м;

з) 5-кратного – для відбійних канатів, канатних провідників прохідницьких підйомних установок, для підвіски прохідницького

встаткування, за винятком зазначеного в пунктах "в" і "е", для нових підйомних канатів і строп при разовому спуску під підйомною посудиною негабаритних вантажів і при навішуванні (заміні) підйомних посудин на багатоканатних підйомних установках, канатів підвіски кабелів й іншого прохідницького підвісного устаткування, канатів для підвіски полків при проходці стволів глибиною від 1500 до 2000 м;

и) 3-кратного від динамічного навантаження – для гальмівних і амортизаційних канатів парашутів;

к) 10-кратного – для строп багаторазового використання при опусканні негабаритних і довгомірних вантажів під підйомною посудиною, для сигнальних тросів вантажолюдських і людських підйомних установок.

Новим канатом вважають підйомний канат, що не має обривів дротів й має втрату перетину сталі дротинок у межах від 0 до 5%.

Стикові з'єднання резинотросових канатів, що врівноважують, повинні мати запаси міцності відповідно до вимог галузевих Інструкцій з навішування й безпечної експлуатації резинотросових канатів, що врівноважують (РТК) на скіпових підйомах шахт і рудників.

Головні канати (за винятком канатів аварійно-ремонтних підйомів) для вертикальних стволів при максимальній довжині відвісу більше 600 м можуть навішуватися по відношенню сумарного розривного зусилля всіх дротинок каната до кінцевого вантажу (без урахування маси каната), що повинно бути не меншим за:

13-кратного – для людських барабанних підйомних установок;

10-кратного – для вантажолюдських барабанних підйомних установок;

8,5-кратного – для вантажних барабанних підйомних установок;

11,5-кратного – для підйомів зі шківками тертя, одноканатних (людських, вантажолюдських і вантажних) й багатоканатних людських і вантажолюдських установок, крім двоканатних, не обладнаних парашутами;

9,5-кратного – для багатоканатних вантажних підйомних установок.

Запас міцності з урахуванням маси каната повинен бути не нижчим за 4,5-кратний для вантажних підйомів і 5-кратний – для людських і вантажолюдських підйомних установок.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, презентації.
2. Реальні зразки підйомних канатів.

### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами та реальними зразками вивчити основні конструктивні елементи канатів.
2. Навести схеми різних типів канатів.

### ***Зміст звіту***

Навести призначення, основні технічні характеристики та схематичне зображення розглянутих типів канатів. Висвітлити питання про запас міцності канатів різного призначення.

### ***Контрольні питання***

1. З чого складається пасмо канату?
2. Якими бувають канати за формою поперечного перерізу пасм?
3. Як визначити напрямок звивання для канатів різної конструкції?
4. Який запас міцності повинен мати канат при його застосуванні на людському підйомі?
5. Для чого слугує серцевина канату?
6. З якою метою виготовляють канати з цинковим покриттям?
7. Назвіть призначення та типи канатів, що врівноважують.

## Лабораторна робота №4

### ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ГАЛЬМІВНИХ ПРИСТРОЇВ ПІДЙОМНИХ МАШИН

Мета заняття: Вивчення загальних вимог до гальмівних пристроїв підйомних машин. Вивчення основних конструкцій гальм.

#### *Основні теоретичні положення*

Розрізняють робоче і запобіжне гальмування. Робочим гальмуванням забезпечується виконання заданого режиму руху підйомних посудин і зупинки їх в потрібному положенні. Запобіжне гальмування необхідне для запобігання аварії; воно приводиться до дії або машиністом підйому, або автоматично від апаратів захисту. При запобіжному гальмуванні одночасно із зупинкою машини автоматично відключається від мережі підйомний двигун.

Основними елементами гальма є виконавчий орган і привід.

Виконавчий орган гальма сучасних машин є загальним для робочого і запобіжного гальмування і являє собою гальмові балки із закріпленими на них прес-масовими колодками, діючими на сталеві гальмові ободи органу навивки. Підйомна машина має два гальмівних ободи і на кожному з них діє індивідуальний виконавчий орган.

Гальма бувають з кутовим і поступальним переміщенням колодок. Перша конструкція проста, але при її застосуванні нерівномірно розподіляється тиск по колу гальмівного обода. У приводі з поступальним переміщенням колодок забезпечується більший гальмівний момент, рівномірний розподіл тиску по гальмівному ободу, менший їх знос. У той же час виконавчий орган з поступальним переміщенням колодок має більш складну конструкцію.

Виконавчий орган гальма в кутовим переміщенням колодок (рис. 4.1) малих і середніх підйомних машин складається з шарнірних гальмівних балок 1 із закріпленими на них прес-масовими колодками 2, вертикальних балок 3, кутового важеля 4 і горизонтальної тяги 5.

Тяга 6 зв'язує виконавчий орган з гальмовим приводом. Пружинні регулюючі ланцюги 7 забезпечують рівномірний розподіл зазору між гальмовим ободом і колодками. Упори 8 обмежують переміщення вертикальних балок.

Виконавчий орган гальма з поступальним переміщенням колодок крупних підйомних машин Новокаматорського машинобудівного заводу (НКМЗ) (рис. 4.2) складається з гальмівних балок 1, що переміщуються поступально з прес-масовими колодками 2, стійками 3, розрізної тяги 4 з регулюючою гайкою 5, тяги 6, важелів 7.

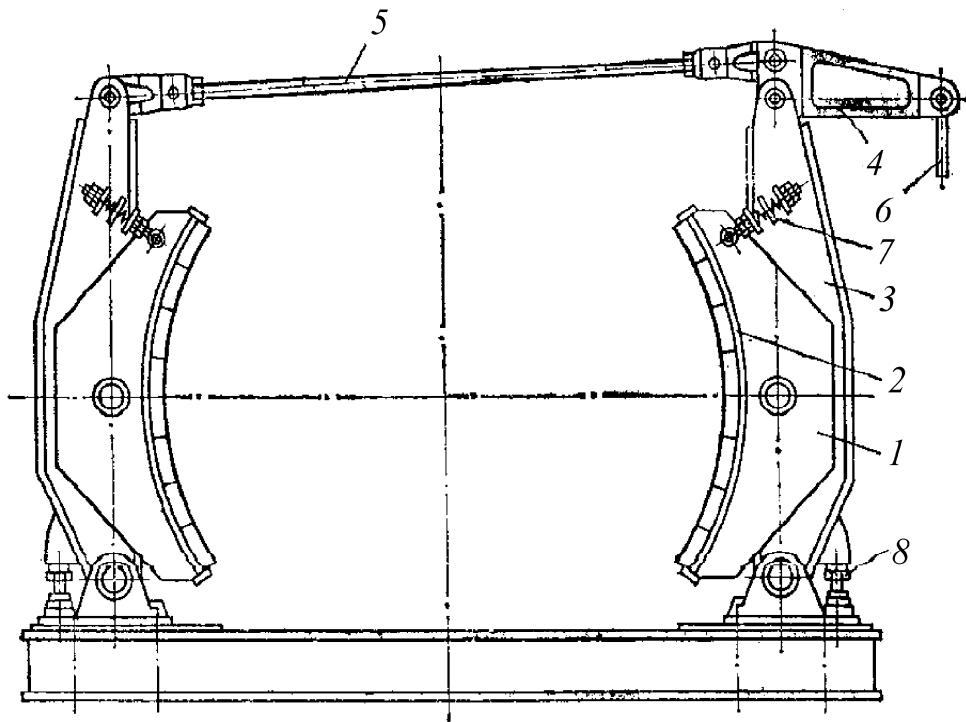


Рис. 4.1 – Виконавчий орган гальма з кутовим переміщенням колодок (позначення в тексті)

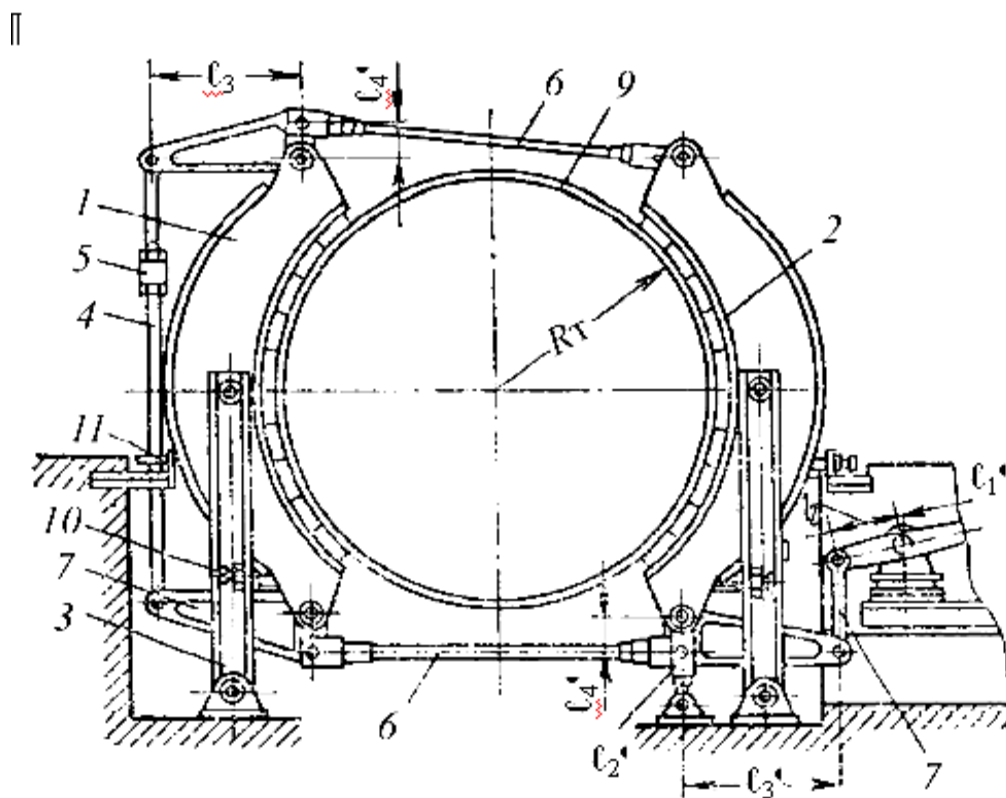


Рис. 4.2 – Виконавчий орган гальма з поступальним переміщенням колодок (позначення в тексті)

Привід гальма буває: пружинний гідравлічний безвантажний, пневматичний вантажний, пружинний пневматичний вантажний і пружинний пневматичний безвантажний.



У привід гідравлічного гальма масло під тиском  $0,5 \div 0,8$  МПа поступає з бака-акумулятора, куди воно нагнітається насосом. Насос включається і зупиняється автоматично, в залежності від тиску в акумуляторі.

У привід пневматичного гальма стиснене повітря поступає від компресорної установки, яка складається з поршневого компресора продуктивністю  $1 \div 5$  м<sup>3</sup>/хв і повітрязбірника. Місткість повітрязбірника забезпечує запас повітря не менш ніж на шість нормальних гальмувань. Пуск і зупинка компресора здійснюються автоматично під дією встановленого на повітрязбірнику реле тиску. Стиснене повітря до гальма може також поступати з загальношахтної повітряпроводної мережі.

Пружинні гідравлічні безвантажеві приводи застосовують на малих підйомних машинах.

Пневматичні вантажні гальма застосовують на великих підйомних машинах НКМЗ, причому установка має два приводи, кожний з яких діє на свій виконавчий орган.

Привід гальма НКМЗ (рис. 4.3) має робочий циліндр 2 з поршнем 1 і запобіжний циліндр 12 з поршнем 7, до штоку 11 якого підвішений гальмовий вантаж 14. На циліндрі 12 є буферна пружина 13. За допомогою головного важеля 6 через шарніри 4 і 8 здійснюється зв'язок з поршнями 1 і 7, а через шарнір 3 – з штангою виконавчого органу гальма. Распорною стійкою 5 фіксується важіль 6 в загальмованому стані на час ремонту приводу гальма. Вимикач 9 необхідний для автоматичного запобіжного гальмування при недопустимому зниженні тиску повітря в циліндрі 12.

Гальмо забезпечене захистом, який не допускає його роботу при великому зазорі між колодками і ободом, що має місце в зв'язку із зносом колодок. Всі елементи приводу гальма змонтовані на рамі 10, встановленій на фундаменті.

При робочому гальмуванні в циліндр 2 через регулювальника тиску подається стисле повітря і поршень 1 піднімається. При цьому важіль 6 повертається відносно шарніра 8, що знаходиться у верхньому положенні в зв'язку з тим, що циліндр 12 заповнений стислим повітрям. Чим вище піднімається поршень 1 в циліндрі 2, тим більше буде гальмове зусилля на гальмовий обід. Розгальмовування досягається випуском стислого повітря з циліндра 2 в атмосферу.

При запобіжному гальмуванні, яке проводиться або машиністом, або автоматично під дією одного з апаратів захисту підйомної установки, стиснене повітря подається в циліндр 2, поршень 1 піднімається і при надлишковому тиску  $0,2 \div 0,25$  МПа відбувається перший рівень гальмування. Одночасно за допомогою електропневматичного клапана стиснене повітря випускається з циліндра 12 в атмосферу і вантаж 14 опускається. У зв'язку з цим важіль 6 повертається відносно шарніра 4 і осаджує поршень 1 на амортизаційну повітряну подушку в циліндрі 2. При цьому під дією вантажу 14 наступає другий рівень гальмування. Розгальмовування здійснюється впусканням стисненого повітря в циліндр 12, від чого вантаж 14 піднімається вгору.

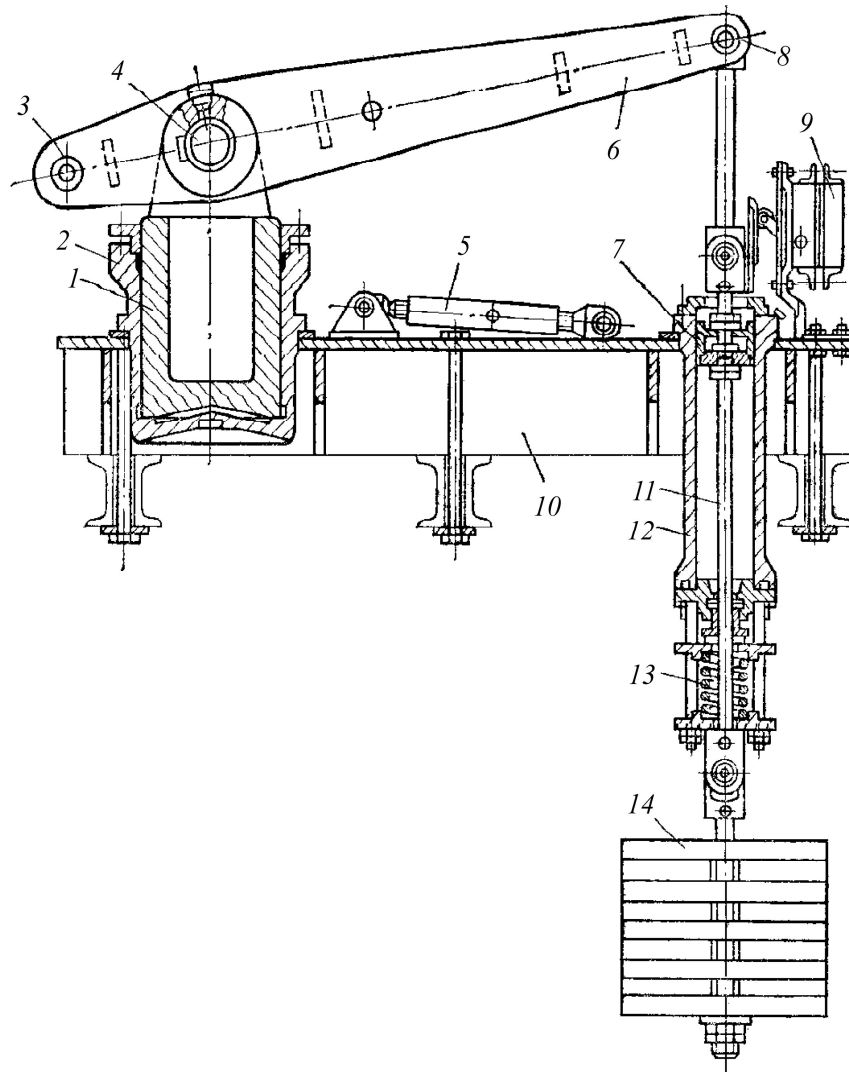


Рис. 4.3 – Пневматичний вантажний привід гальма  
(позначення в тексті)

Гальмо з пружинним пневматичним вантажним приводом, що має порівняно малі розміри в плані (рис. 4.4), застосовується на багатоканатних і нових одноканатних середніх підйомних машинах. Пружинний блок 1 за допомогою тяги 2 діє на кутовий важіль виконавчого органу. Циліндр 3 робочого гальмування є одночасно поршнем циліндра 4 запобіжного гальмування. До нього підвішені вантажі 5. У розгальмовуванному стані обидва циліндри заповнені повітрям, завдяки чому пружини в блоці 1 утримуються в початковому стисненому стані. При робочому гальмуванні з циліндра 3 повітря випускається і гальмування здійснюється під дією пружин. При запобіжному гальмуванні повітря одночасно випускається з циліндрів 3 і 4. При цьому первинне зусилля на виконавчий орган створюється пружинним блоком, а потім під дією вантажів 5 опускається поршень 3. Пружини при цьому ще більше розчіплюються, тому зусилля, що розвивається приводом збільшується до максимального значення. Так забезпечується двоступеневе запобіжне гальмування.

Гальма з пружинними пневматичними безвантажними приводами застосовують в багатоканатній підйомній машині ЦШ 5х8, а також на деяких середніх підйомних машинах з циліндричними барабанами. Привід (рис. 4.5) складається з пружинного блоку 2, циліндра 5 і поршня 6 з штоком 4.

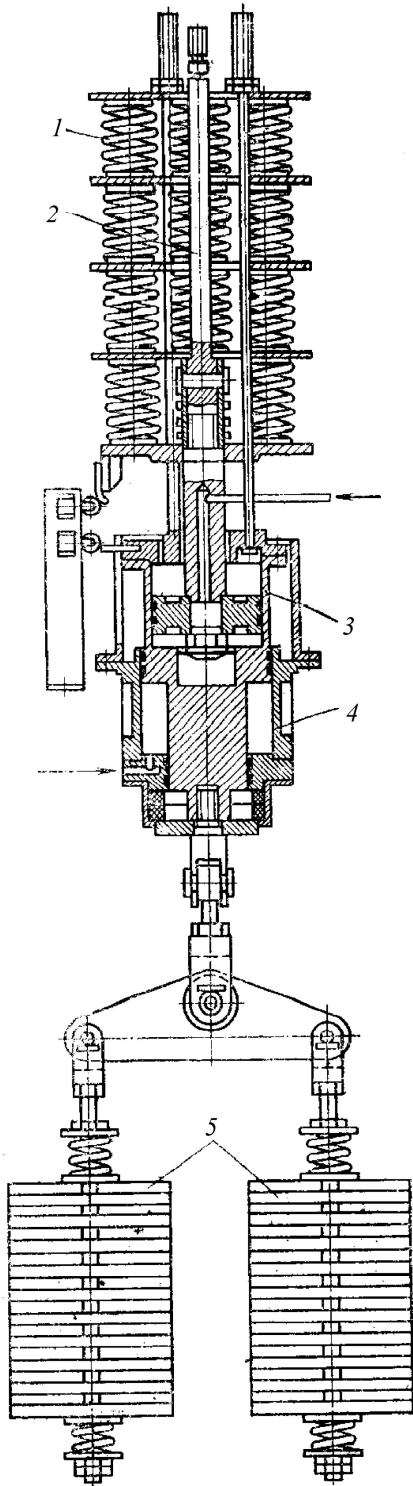


Рис. 4.4 – Пружинний пневматичний вантажний привід гальма (позначення в тексті)

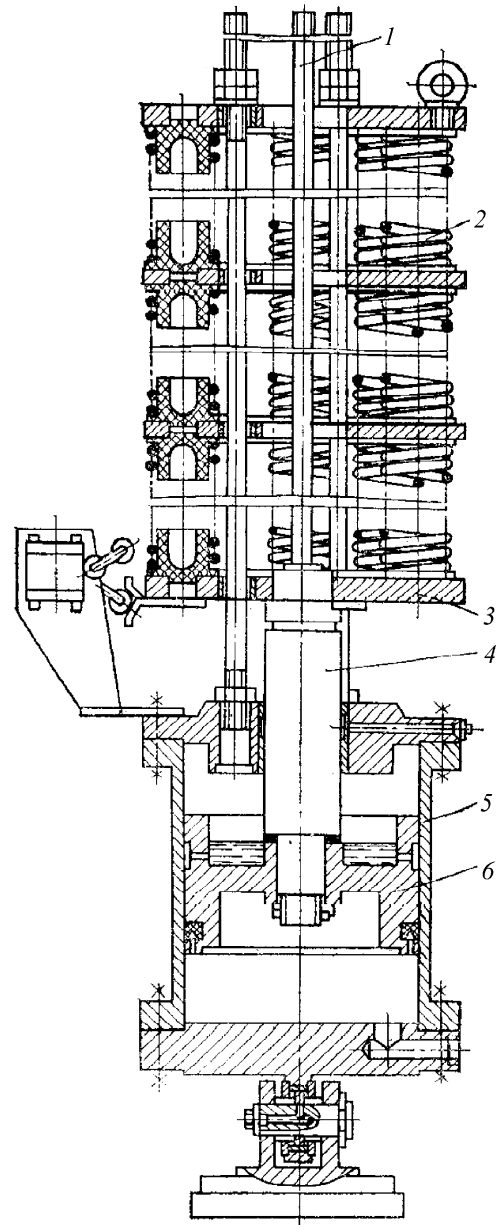


Рис. 4.5 – Пружинний пневматичний безвантажний привід гальма (позначення в тексті)

Шток пов'язаний з тягою 1, сполученою з кутовим важелем гальма. При подачі стисненого повітря в циліндр поршень піднімається вгору і через шток впливає на опорний диск 3, стискаючи пружинний блок. Тяга 1 при цьому, переміщаючись вгору, через кутовий важіль розгальмовує машину. При випуску повітря з циліндра стиснені пружини переміщують вниз опорний диск 3 разом з поршнем 6. Останній передає зусилля на тягу 1 і через неї на виконавчий орган гальма, здійснюючі загальмовування машини.

Пружинні гідравлічні безвантажні приводи гальм малих підйомних машин принципово не відрізняються від описаного пружинного пневматичного безвантажного приводу.

Гальмо повинне забезпечувати регулювання гальмівного моменту при робочому гальмуванні, причому ознакою гальма, що регулюється, є стійке значення проміжних значень гальмівного моменту при певних положеннях рукояті управління робочим гальмом.

У виконавчому органі гальма дискового типу фірми "Вестингауз" (рис. 4.6) на два гальмівних диски 1, що є одночасно ребрами барабана, діють по два гальмівних башмака 2, закріплених в обоймах 3, шарнірно пов'язаних з важелями 4, що обертаються на осях 7.

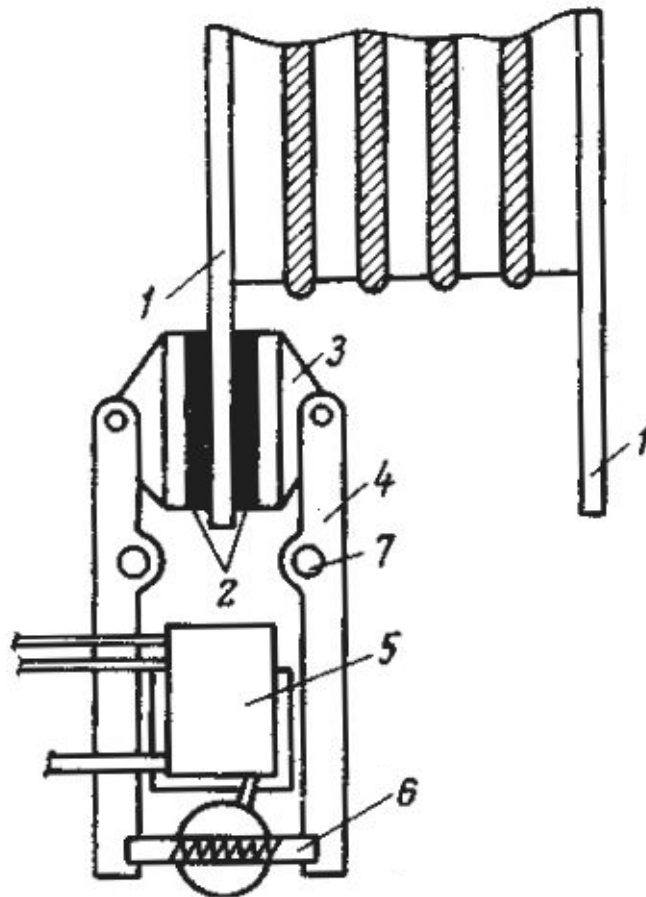


Рис. 4.6 – Схема виконавчого органу гальма дискового типу (позначення в тексті)

При впуску стисненого повітря в циліндр 5 два його поршня, пересуваючись протилежно один одному, діють на важелі 4, які, обертаючись навколо осей 7, притискають башмаки 2 до диска 1, загальмовуючи машину. При розгальмовуванні стиснене повітря випускається із циліндра 5 і башмаки 2 відходять від диска 1 під дією пружини 6. Перевагами виконавчого органа такого типу є: менші маси й розміри, швидкість заміни зношених башмаків, а недоліком – великий питомий тиск на поверхню дисків.

Гальмівні колодки можуть бути виготовлені з деревини, ферродо чи прес-мас.

Дерев'яні гальмівні колодки згідно ПБ повинні мати коефіцієнт тертя об чавунні й сталеві ободи не нижче 0,35, а прес-масові – 0,3. Колодки повинні мати властивість неабразивності, високу міцність, зносостійкість, які зберігаються при температурах до 200 – 250 °С у плинні тривалого часу без втрати гальмівних якостей, нечутливістю до впливу мастила та води.

Гальмові колодки виготовляються з м'яких порід дерева, що не шліфуються, (тополя, верба й інш.), яке повинно бути сухим, без сучків й великих тріщин; не можна для гальмівних колодок застосовувати тверді породи дерева, що шліфуються, (дуб, ясень, бук), а також смолисті породи (сосна). Питомий тиск для дерев'яних колодок допускається до 50 МН/м<sup>2</sup>.

Останнім часом для гальмівних колодок почали широко застосовувати мідно-асбестові стрічки (ферродо) і прес-маси. Гальмівні колодки з прес-маси 6КХ-39 допускають питомий тиск до 100 МН/м<sup>2</sup>.

Строк служби дерев'яних гальмових колодок не перевищує 4-8 місяців, а колодок із прес-мас – 3-5 років.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, презентації.
2. Макети гальмівних пристроїв підйомних установок.

### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами, презентаційними матеріалами та макетами гальмівних пристроїв підйомних установок вивчити їх конструкцію та принцип роботи.

2. Для різних видів виконавчих органів та приводів гальм навести схеми виконання та принцип їх дії.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, область застосування, схеми і принцип дії органів та приводів гальм підйомних машин.

### ***Контрольні питання***

1. Відзначте два основних види гальмування.
2. Які матеріали застосовуються для виготовлення гальмівних колодок?

3. Який тип гальм застосовується на багатоканатних підйомних установках?

4. Відзначте переваги виконавчого органу гальм з поступальним переміщенням колодок над виконавчим органом гальм з кутовим переміщенням колодок.

5. Перерахуйте типи приводів гальм.

6. На яких типах машин застосовують пневматичні вантажні гальма?

7. Зазначте переваги виконавчого органу гальма дискового типу.

## Лабораторна робота №5

### ПОЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ОСЬОВИХ І ВІДЦЕНТРОВИХ ТУРБОМАШИН

Мета роботи: Вивчення класифікації та позначень осьових та відцентрових турбомашин. Визначення принципів відмінностей конструкції турбомашин різної конструкції.

#### *Основні теоретичні положення*

У гірничій промисловості для провітрювання гірничих виробок, водовідливу і отримання стисненого повітря використовуються турбомашини – машини з лопатевими робочими колесами. Робочою середою в цих машинах є рідина, під якою розуміють як рідкі так і газоподібні речовини.

По конструкції і характеру руху рідини відносно осі обертання робочого колеса розрізняють осьові та відцентрові турбомашини.

#### **Вентилятори**

Всі вентилятори, що випускаються для гірничої промисловості, за конструкцією відносять до так званих "лопатевих нагнітачів". У вентиляторах енергія ротора, що обертається, перетворюється в потенційну та кінетичну, які в свою чергу передаються повітрю, що переміщується.

За призначенням шахтні вентилятори поділяють на вентилятори:

- головного провітрювання, які призначені для провітрювання всіх виробок шахти, її блоку або крила, за виключенням тупикових виробок;
- допоміжні, призначені для провітрювання стволів та капітальних виробок при будівництві шахт, а також окремих ділянок шахтної вентиляційної мережі та камер приствольного двору при експлуатації шахт;
- місцевого провітрювання окремих тупикових виробок.

Ці вентилятори відрізняються один від одного своїми розмірами, подачею та потужністю, а вентилятори місцевого провітрювання відрізняються ще й конструкцією.

Лопатеві вентилятори відповідно до характеру руху повітря в них і форми ротора (робочого колеса) розділяють на осьові та радіальні (відцентрові).

Осьові вентилятори за своєю аеродинамічною та конструктивною схемою поділяють на одноступінчасті, які в шахтній практиці зазвичай застосовуються для місцевого провітрювання та багаступінчасті, які виступають в якості головних або допоміжних.

Двоступінчата осьова турбомашини (рис. 5.1 а) складається з робочого колеса (РК) першої ступені 4, на втулці якого закріплені профільні (у формі крила літака) лопатки; робоче колесо обертається в циліндричному

корпусі (кожусі) 3. За робочим колесом розташовується спрямляюче-направляючий апарат (СНА) 5. Конструктивно цей апарат складається з нерухомих профільних лопаток або профільних лопаток з кутом установки  $\theta_{\text{СНА}}$ , що може регулюватися. Призначення СНА – подача повітря до другого робочого колеса, яке встановлено за ним, у певному більш ефективному напрямку й перетворення значної частини кінетичної енергії потоку (динамічного тиску) у потенційну енергію (статичний тиск). За другим робочим колесом розташовується направляючий апарат (НА) 7, лопаті якого також мають змогу змінювати кут установки. Обидві ступені можуть кріпитися на одному валу або на окремих валах (вентилятор ВОД-16). Наявність двох ступенів дозволяє вентилятору розвивати більш високий тиск. В осьових вентиляторах напрямок руху потоку повітряного збігається з віссю обертання робочого колеса. Повітря засмоктується в колектор 1, проходить між лопатками робочого колеса, спрямляючих та направляючих апаратів, входить в дифузор 8 і викидається в атмосферу (при роботі вентилятора на всмоктування). Призначення дифузора – перетворити більшу частину кінетичної енергії у потенційну. Одноступінчатий вентилятор на відміну від двоступінчатого вентилятора зазвичай має нерухомий направляючий апарат (рис. 5.1 б).

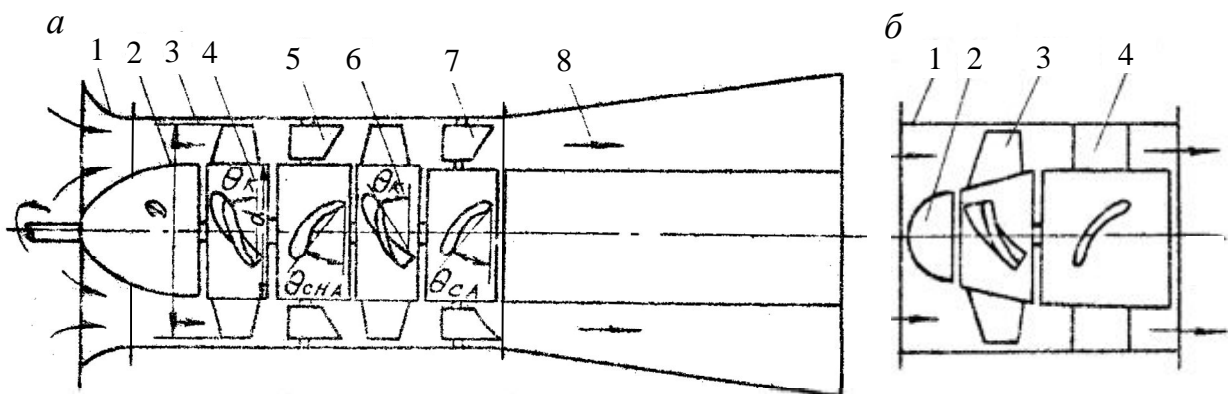


Рис. 5.1 – Схеми осьових турбомашин (вентиляторів):

- а – двоступінчатої: 1 - колектор, 2 - кок (передній обтічник); 3 - корпус, 4 - робоче колесо першої ступені; 5 - спрямляюче-направляючий апарат, 6 - робоче колесо другої ступені, 7 - спрямляючий апарат; 8 – дифузор; б – одноступінчатої: 1 - корпус, 2 - передній обтічник, 3 - робоче колесо, 4 – нерухомий направляючий апарат

Лопатки робочих коліс виготовляються зі сталі або пластмас (для вентиляторів малих розмірів). Вони можуть мати несиметричний або симетричний профіль. Осьові вентилятори з лопатками робочих коліс симетричного типу є реверсивними, оскільки їх продуктивність не змінюється при зміні напрямку обертання робочого колеса на зворотне. Вентилятори з робочими лопатками несиметричного типу цієї властивості не мають, їх продуктивність при зміні напрямку обертання робочого колеса різко знижується, але ці вентилятори мають кращі аеродинамічні характеристики й підвищений коефіцієнт корисної дії (ККД).



У конструкцію шахтних вентиляторів вводять обтічник 2, призначення якого полягає в зниженні аеродинамічних втрат, пов'язаних з різкою зміною швидкостей руху повітря. Передній обтічник встановлюється у вхідному колекторі, перед робочим колесом або напрямним апаратом, іноді з тією ж метою встановлюють другий (задній) обтічник – після спрямляючого апарата, перед дифузором або входом у вентиляційну мережу.

Преваги осьових вентиляторів: відносна простота конструкції; простота монтажу, менша площа під установку; простота реверсування повітряного струменя (більшість сучасних осьових вентиляторів взагалі не мають потреби в облаштуванні реверсивних каналів); відносно висока продуктивність; відносно високий коефіцієнт корисної дії; зручність застосування вентиляторів цього типу в якості пересувних вентиляторів місцевого провітрювання.

Оснóву відцентрового вентилятора (рис. 5.2 а) становить робоче колесо 5, між переднім і заднім дисками якого закріплені профільні крилоподібні лопатки таким чином, що їх вхідна крайка розташовується на окружності меншого радіуса, ніж вихідна хвостова частина. Робоче колесо може бути з лопатками, загнутими вперед по ходу колеса, радіальними й загнутими назад. Призначення робочого колеса – передавати енергію приводу вентилятора повітря, що переміщується. Робоче колесо обертається в спіральному кожусі 4, виконаному з листової сталі. Равликоподібний кожух призначений для подачі повітря в певному напрямку й частковому перетворенню динамічного тиску потоку повітря в статичний тиск. Повітря засмоктується у вентилятор через коноїдальний патрубок 1, у якому встановлені лопатки напрямного апарату 2, які не обертаються, а тільки повертаються відносно своєї осі. Напрямний апарат призначений для подачі повітря до робочого колеса з певною швидкістю й під певним кутом, це дозволяє регулювати робочі режими вентилятора.

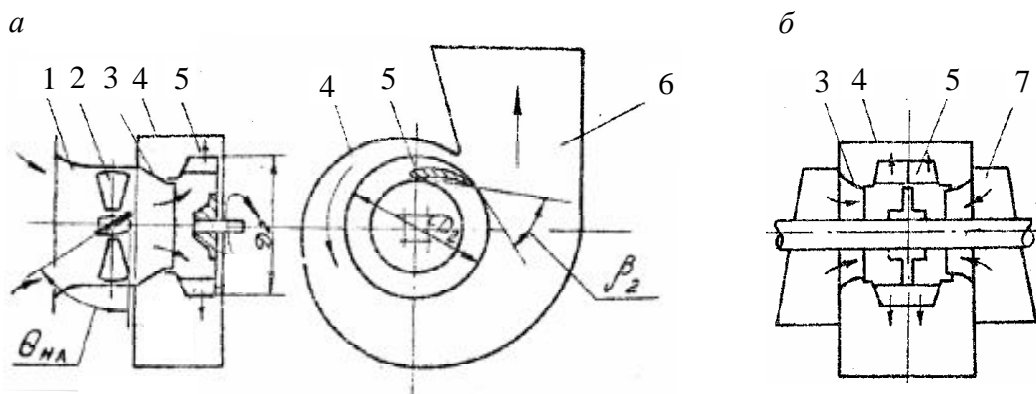


Рис. 5.2 – Схеми відцентрових турбомашин (вентиляторів):  
 а – одностороннього всмоктування: 1 - коноїдальний патрубок (колектор),  
 2 - направляючий апарат, 3 - вхідний колектор, 4 - спіральний корпус, 5 – робоче колесо, 6 - дифузор; б – двостороннього всмоктування: 7 - вхідна коробка

У робоче колесо повітря входить паралельно осі вала вентилятора, потім під дією тяги, що розвивається лопатками, і відцентрової сили повертається на  $90^\circ$ , проходить між лопатками, викидається в периферійну частину кожуха й виходить через дифузор б в атмосферу (при роботі вентилятора на всмоктування). Дифузор є додатковим перетворювачем динамічного тиску в потоці на виході з кожуха в статичний тиск.

Відцентрові вентилятори можуть виконуватися з одностороннім або двостороннім всмоктуванням. В останньому випадку (рис. 5.2 б) на валу вентилятора встановлюється спарене робоче колесо, з'єднане втулками більшого діаметра. Повітря входить в робоче колесо з двох сторін, і з двох напрямних апаратів. Двостороннє всмоктування дозволяє розвантажити підшипники вала від осьового тиску, зменшити опір повітря, що рухається у всмоктувальній частині і збільшити продуктивність відцентрового вентилятора.

Переваги відцентрових вентиляторів: висока механічна надійність й тривалий термін служби, пов'язані із застосуванням більш низьких швидкостей обертання робочого колеса; висока стійкість і надійність робочих режимів, що пов'язано з видом характеристик цих вентиляторів; менша гучність роботи; відносно висока депресія; значна глибина регулювання; менша чутливість до забрудненого повітря.

Вентилятори, що випускають для гірничої промисловості, можуть однаково ефективно працювати як на всмоктування, так і на нагнітання.

Кожна з моделей вентиляторів займає певне місце у своїй серії, має свої переваги й недоліки, певні можливості по регулюванню параметрів і особливості конструкції, улаштування, умовам експлуатації за кліматичними факторами. Деякі моделі мають свій оригінальний привод.

Моделі осьових вентиляторів прийнято шифрувати за допомогою букв і цифр. Букви в цифрі вентилятора означають: В – вентилятор, О – осьовий, Д – двоступінчатий, К – кручені лопатки робочого колеса, М – місцевого провітрювання, П – з пневматичним приводом, Р – реверсивний; цифра – діаметр робочого колеса в дециметрах (вентилятори серії ВОД) або метрах (вентилятори серії ВОКР).

Застосовані в галузі моделі відцентрових вентиляторів охоплюють ряд типорозмірів з величиною діаметра робочого колеса від 0,8 до 5,0 м. Назва вентилятора й деякі основні параметри і властивості шифруються в буквених і цифрових позначеннях за аналогією з осьовими. Букви в шифрі означають: В – вентилятор, Ц – відцентровий, Д – двостороннього всмоктування, Р – рудниковий, Ш – шурфовий, П – прохідницький, З – з закрилками на робочому колесі; цифра в шифрі моделі позначає розмір діаметра робочого колеса в дециметрах (вентилятори серій ВЦ та ВЦД) або метрах (вентилятори серії ВЦРД).

Для обох типів вентиляторів літери в позначенні після цифр: М – модернізований, У – вузьке робоче колесо, А – у північному виконанні, П – з полімерними лопатками робочих коліс, Н – регулювання за допомогою повороту лопаток напрямного апарату, УХЛ – для експлуатації в районах з

помірним та холодним кліматом, 3 – розміщення вентилятора у закритому приміщенні без штучного регулювання кліматичних умов.

## Насоси

Насос – це гідравлічна машина, що слугує для переміщення та створення напору рідин всіх видів, механічної суміші рідини з твердими речовинами або скраплених газів.

Насоси застосовуються для водопостачання, каналізації, зрошення та осушення земель, гідроакумулювання енергії, транспортування матеріалів. Існують живильні насоси котельних установок, теплових електростанцій, судові насоси, насоси для гірничої, нафтової, геологорозвідувальної, хімічної, харчової та інших галузей промисловості.

За характером сил, які переважають у насосі, останні класифікують: об'ємні, в яких переважають сили тиску, та динамічні, в яких переважають сили інерції. В свою чергу, до об'ємних насосів відносять і класифікують на: гвинтові (шнекові), поршневі, перистальтичні, мембранні; до динамічних: лопатеві (відцентрові, осьові, напівосьові, радіальні, вихрові), струминні, тарани. Серед цього розмаїття в якості стаціонарних використовуються лопатеві відцентрові одноступінчаті (рис. 5.3 а) та багатоступінчаті насоси (рис. 5.3 б).

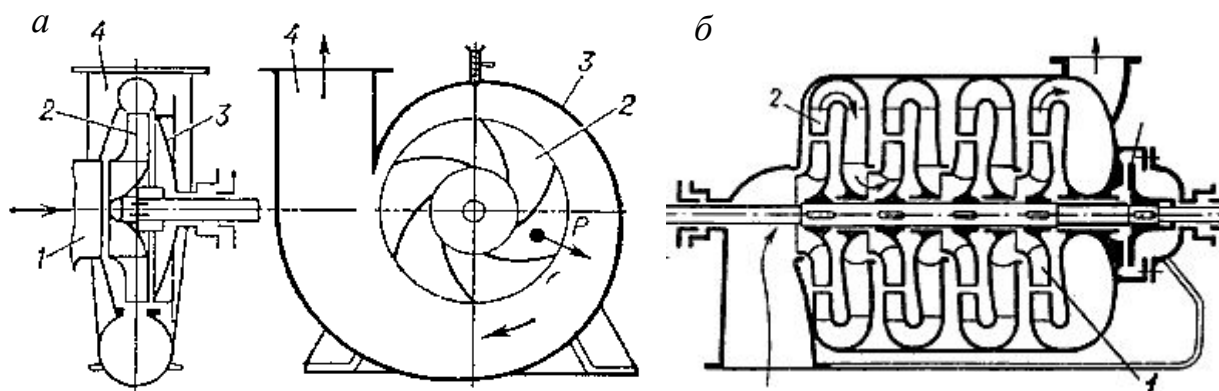


Рис. 5.3 – Схеми відцентрових насосів:

- а – з одностороннім підведенням рідини: 1 - отвір для підведення рідини, 2 - робоче колесо, 3 - корпус, 4 - патрубок для відведення рідини;
- б – багатоступінчатий: 1 – робоче колесо, 2 – направляючий апарат

У позначенні насосного обладнання традиційно закладається багато інформації. За останній час позначення відцентрових насосів зазнало ряд змін.

Позначення до 1982 року (наприклад, 2К-6):

Перша цифра – діаметр всмоктуючого патрубку в мм, зменшений у 25 разів, літера після цифри – тип насоса (К – консольний, Ф – фекальний, Х – хімічний), цифра через дефіс – коефіцієнт швидкохідності зменшений в 10 разів та округлений.

Після 1982 року було введено параметричне позначення насосів (наприклад, К 90/85):

Перша літера (літери) – тип насоса:

СЭ – відцентровий спірального типу з приводом від електродвигуна;

ПЭ – живильний відцентровий, горизонтальний, багатоступінчатий;

ЦНС – перекачний відцентровий, горизонтальний багатоступінчатий, секційний;

К – відцентровий консольний, горизонтальний, одноступінчатий з осьовим входом;

КО – консольний одноступінчатий, 2КО – двоступінчатий, 3КО – триступінчатий з осьовим входом;

КМ – відцентровий консольний, горизонтальний, одноступінчатий з осьовим входом, моноблочний;

Д – відцентровий, горизонтальний з двостороннім підведенням рідини до робочого колеса;

Ш – шламовий;

ВШН – вертикальний шламовий насос;

ВВН – водокільцевий вакуумний насос;

ЭПЗ – електронанос відцентровий з вмонтованим герметичним електроприводом, захищеним від перегрів та потрапляння вологи;

СВН – консольний, горизонтальний, вільновихровий, моноблочний;

КУ – відцентровий консольний, горизонтальний;

НС – відцентровий консольний, горизонтальний, самовсмоктуючий;

ТН – турбонасос відцентровий одноступінчатий.

Перша цифра – номінальна подача насоса, цифра через дріб, дефіс або позначку "х" – номінальний напір насоса.

В теперішній час вводиться позначення відцентрових насосів у відповідності з міжнародним стандартом ISO 2853 (наприклад, К 100-65-250). Літера (літери) означають те ж (див. вище), перша цифра – діаметр всмоктуючого патрубка в мм, друга цифра – діаметр напірного патрубка в мм, третя цифра – номінальний діаметр робочого колеса в мм.

Для обох останніх випадків наступна після цифр індексація позначає:

"а" – індекс обточки робочого колеса. Як правило, більше двох обточок не буває, тому є позначення "а" та "б" (якщо колесо без обточки, то такого індексу нема).

У зв'язку з багатоманітністю рідин, що перекачують насоси, в позначеннях зустрічається використаний в насосі матеріал: А – вуглецева сталь; В – чавун (як правило не вказується); Б – бронза; Д – хромистий чавун або хромиста сталь; К – хромнікелева сталь; Е – хромнікельмолібденомідна сталь; М – хромнікелькремніста сталь; Н – сплав на нікелевій основі; Т – титан та його сплави; Ю – сплав алюмінію; Л – кремністий чавун; П – пластмаса; Р – резинове покриття; Ф – кераміка, фарфор; Г – графіт.

Останні літери та цифри позначають виконання ущільнення: С – одинарне сальникове ущільнення (без подачі запірної рідини); СД – подвійне сальникове ущільнення (з подачею запірної рідини); СП – промивочне сальникове ущільнення; 2В – торцеве одинарне; 2Г (55) –

торцеве подвійне; Щ – щільове; М – манжетне. Якщо позначається один вид ущільнення, а в дужках інший, то це показує можливе застосування іншого виду (в дужках той, якому надається менша перевага).

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, презентації.
2. Реальні моделі вентиляторів та насосів.

### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами, презентаційними матеріалами та реальними моделями вентиляторів вивчити їх конструкцію та принцип роботи.
2. Для різних типів вентиляторів навести схеми виконання та принцип їх дії.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: схеми і принцип дії турбомашин різного типу та конструкції, розшифровку позначень турбомашин.

### ***Контрольні питання***

1. Назвіть два основних типи турбомашин.
2. Як за призначенням розділяють шахтні вентилятори?
3. Визначте призначення спрямляюче-направляючого апарату в осьових вентиляторах.
4. Відзначте переваги осьових вентиляторів.
5. Визначте призначення направляючого апарату на відцентрових вентиляторах.
6. Які перетворення енергії відбуваються у дифузорі вентилятора? В чому полягає необхідність таких перетворень?
7. З якою метою здійснюють послідовне з'єднання кількох однотипних робочих коліс у насосі серії ЦНС?
8. Розшифруйте позначення: ВЦЗ-32, ВОКД-16, ЦНС 300х600, 2К-6.

## Лабораторна робота №6

### ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОСЬОВИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ ГОЛОВНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ

Мета роботи: Вивчення основних складових частин осьових вентиляторів головного провітрювання.

#### *Основні теоретичні положення*

У більшості систем провітрювання вугільних і рудних шахт в якості головних вентиляторів застосовуються вентилятори, що випускалися галуззю протягом останніх 20-25 років на основі наукових розробок провідних науково-дослідних інститутів – ЦАГІ ім. М.Є. Жуковського, ІГМТК ім. М.М. Федорова, Донгіпроуглемаш, НІІГормаш й інших.

Осьові вентилятори за роки розвитку гірничої промисловості отримали широке розповсюдження у зв'язку з безсумнівними перевагами цього типу – великою продуктивністю при порівняно низькій депресії, компактністю й простотою їх установки й експлуатації.

Моделльне розмаїття осьових вентиляторів дозволяє застосовувати цей тип вентиляторів для різних умов. Вони можуть бути використані для провітрювання одиночної виробки, для провітрювання частини шахти або для роботи в якості головного вентилятора на великій шахті. Ряд типорозмірів осьових вентиляторів охоплює діапазон діаметрів робочих коліс  $300 \div 5000$  мм.

Нижче розглянуті конструкції вентиляторів серій ВОКД і ВОД, що у теперішній час знайшли широке розповсюдження на шахтах.

#### **Осьові вентилятори серії ВОКД**

Основою для розробки вентиляторів цієї серії слугувала аеродинамічна схема вентилятора ЦАГІ К-0,6. До серії входять вентилятори ВОКД-1,0; ВОКД-1,5; ВОКД-1,8; ВОКД-2,4; ВОКД-3,0 і ВОКД-3,6. Продуктивність вентиляторів цієї серії становить  $300 \div 22000$  м<sup>3</sup>/хв, депресія –  $0,6 \div 4,8$  кПа.

Вентилятори серії мають так звані "кручені" лопатки – за мірою віддалення від вінця робочого колеса до периферії перетини лопатки повертаються один відносно іншого і кут установки лопатки на робочому колесі зростає до її кінця. У зв'язку зі зміною кута повороту лопатки для різних перетинів по висоті, він відлічується для перетину, що знаходиться на радіусі, який дорівнює  $0,4D_2$ . Кручені лопатки забезпечують більш високий коефіцієнт корисної дії вентилятора.

Оскільки вентилятори серії двоступінчасті, вони мають проміжний напрямний апарат, який знаходиться між першим й другим робочими колесами, спрямляючий апарат – за другим робочим колесом по ходу струменя повітря при прямій роботі.

Регулювання режимів роботи вентиляторів серії здійснюється індивідуальним поворотом лопаток на непрацюючому вентиляторі через спеціальні люки в кожусі. Можна грубо регулювати режим роботи вентилятора зняттям частини лопаток (через одну) з робочого колеса. Цим прийомом користуються для одержання малої продуктивності вентилятора на початковому або кінцевому періодах експлуатації шахти.

Однією з властивостей осьових вентиляторів є зміна напрямку потоку повітря при зміні напрямку обертання робочого колеса. Однак параметри реверсованого в такий спосіб струменя у вентиляторів серії ВОКД не задовольняють вимогам Правил безпеки ( $O_{\text{рев}} \geq 0,6 O_{\text{прям}}$ ), тому реверсування струменя здійснюється за допомогою каналів і ляд, тобто за допомогою реверсивної установки.

В межах серії вентилятори розрізняються тільки розмірами, швидкістю обертання, приводними двигунами й конструкціями деяких вузлів і деталей.

ВОКД-1,0 – може застосовуватися для провітрювання прохідницьких виробок великого перетину, на калориферних установках шахт і в якості вентилятора головного провітрювання для шахт із витратою повітря до  $1200 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $0,3 \div 0,6 \text{ м}^2$ . У конструкції відсутній упорний підшипник на валу ротора, напрямний апарат складається з нерухомих лопаток, приварених до зовнішнього й проміжного корпусів. Привод здійснюється від асинхронного електродвигуна А-91-4 зі швидкістю обертання  $1500 \text{ хв}^{-1}$  (тут і далі наведена синхронна швидкість обертання двигунів) й потужністю  $75 \text{ кВт}$ .

ВОКД-1,5 – застосовується в якості калориферного й головного на шахтах і рудниках з потребою в повітрі до  $3000 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $0,6 \div 1,2 \text{ м}^2$ . За конструкцією від попередньої моделі відрізняється тільки розмірами й приводом. Працює з асинхронним електродвигуном А-103-6М, що має швидкість обертання  $1000 \text{ хв}^{-1}$ .

ВОКД-1,8 – застосовується в якості головного на шахтах з витратою повітря до  $5500 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $0,7 \div 2,0 \text{ м}^2$ . Від попередніх моделей відрізняється наявністю упорного підшипника на валу. В якості приводу застосовуються синхронні двигуни СД-12-46-8А й СД-13-42-6А, які працюють зі швидкостями відповідно  $750$  і  $1000 \text{ хв}^{-1}$ , потужністю –  $320$  та  $575 \text{ кВт}$ ; або асинхронний двигун АО-103-6МУ2 ( $560 \text{ кВт}$ ,  $1000 \text{ хв}^{-1}$ ). Двигуни з'єднуються з валом за допомогою зубчастої муфти.

ВОКД-2,4 – застосовується в якості головного для шахт із потребою в повітрі до  $10000 \text{ м}^3/\text{хв}$  й еквівалентним отвором  $1,3 \div 3,6 \text{ м}^2$ . У конструкції передбачені опори вала, що самовстановлюються, зі здвоєними радіально-упорними підшипниками. На вентиляторі передбачене тонке регулювання режиму роботи за допомогою хвостових частин лопаток, що повертаються, проміжного напрямного апарата. Вентилятор комплектується синхронним електродвигуном з додатковою пусковою обмоткою. Швидкість обертання  $600$  або  $750 \text{ хв}^{-1}$ .

ВОКД-3,0 – застосовується в якості головного для шахт з потребою в

повітрі до  $15000 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $1,8 \div 5,5 \text{ м}^2$ . Може розвивати депресію ( $1,3 \div 4,5 \text{ кПа}$ ). За конструкцією відрізняється від ВОКД-2,4 тільки розмірами вузлів, деталей і приводом. В якості приводу використовується синхронний електродвигун, доповнений пусковою обмоткою, що має швидкість обертання  $600 \text{ хв}^{-1}$ .

ВОКД-3,6 (рис. 6.1) – застосовується в якості головного для шахт із потребою в повітрі до  $22000 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $2,7 \div 8,0 \text{ м}^2$ . Розвиває значну депресію ( $0,8 \div 4,7 \text{ кПа}$ ). За конструкцією від попереднього вентилятора відрізняється тільки розмірами вузлів, деталей і приводом. У якості останнього застосовується синхронний електродвигун, доповнений пусковою обмоткою, що має швидкість обертання  $375$  або  $500 \text{ хв}^{-1}$ .

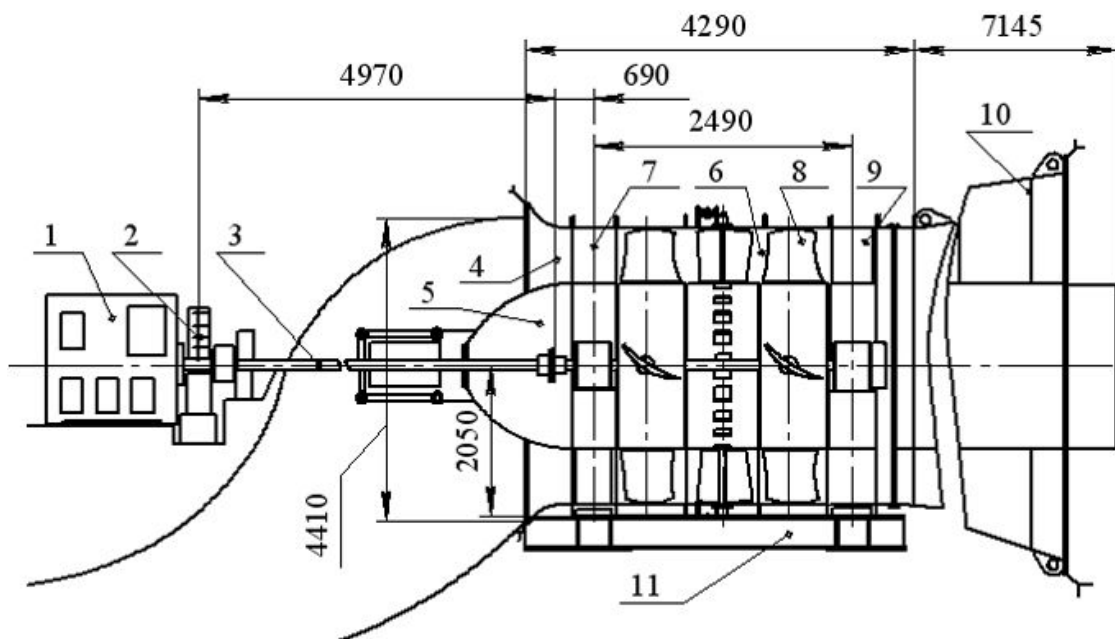


Рис. 6.1 – Вентилятор серії ВОКД-3,6

- 1 - приводний електродвигун; 2 - гальмо; 3 - вал трансмісійний; 4 - колектор; 5 – кок (обтічник); 6 - кожух; 7 – передній опірний блок; 8 - ротор; 9 - задній опірний блок; 10 - дифузор; 11 - рама

ВОКР-1,8 – застосовується в якості головного для шахт із потребою в повітрі до  $5500 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $0,6 \div 1,8 \text{ м}^2$ . Розвиває депресію в діапазоні  $0,6 \div 4,4 \text{ кПа}$ . Конструктивно вентилятор виконано на базі серії ВОКД, але на відміну від інших вентиляторів серії є реверсивним. Необхідні параметри при реверсивній роботі вентилятора забезпечуються спрямляче-направляючим апаратом (СНАР), розташованим між робочими колесами вентилятора. Лопатки цього апарата виконані з еластичного матеріалу, армовані й можуть міняти напрямок увігнутості залежно від напрямку потоку повітря в кожусі вентилятора. Зміна увігнутості здійснюється одночасно на всіх лопатках за допомогою спеціального вилкоподібного водила. Застосування СНАР при реверсуванні потоку дозволяє досягти продуктивності, що становить від 60 до 74% від величини прямої роботи, що відповідає вимогам ПБ. В якості



приводу вентилятора використовуються асинхронні двигуни АК-113-8А (200 кВт) або АК-114-6М (500 кВт), що мають швидкості обертання відповідно 750 і 1000 хв<sup>-1</sup>.

### Осьові вентилятори серії ВОД

Серія ВОД розроблена на основі аеродинамічної схеми ЦАГІ К-84. Вентилятори відрізняються високими показниками режимів роботи, порівняльною компактністю, простотою улаштування й обслуговування.

Всі вентилятори випускаються для використання як стаціонарні установки. Виключення становить вентилятор ВОД-11, що може бути використаний і в якості стаціонарного і в якості пересувного.

Всі вентилятори в серії є двоступінчастими, їх конструкція дозволяє здійснювати регулювання режимів роботи шляхом повороту лопаток робочого колеса або зняттям частини цих лопаток з вінця.

Вентилятори серії реверсивні – зміна напрямку потоку відбувається зі зміною напрямку обертання робочого колеса, при цьому дотримуються всі вимоги ПБ.

Основні вузли вентиляторів цієї серії розміщені в циліндричному корпусі (рис. 6.2). Між робочими колесами першої й другої ступені і за колесом другої ступені розташовуються поворотні профільні лопатки напрямного й спрямляючого апаратів. На відміну від лопаток вентилятора ВОКР вони виконані жорсткими й мають форму перетину у вигляді крила. Зміна напрямку ввігнутості досягається поворотом лопатки в положення, що забезпечує ефективний вхід потоку на лопатки робочого колеса.

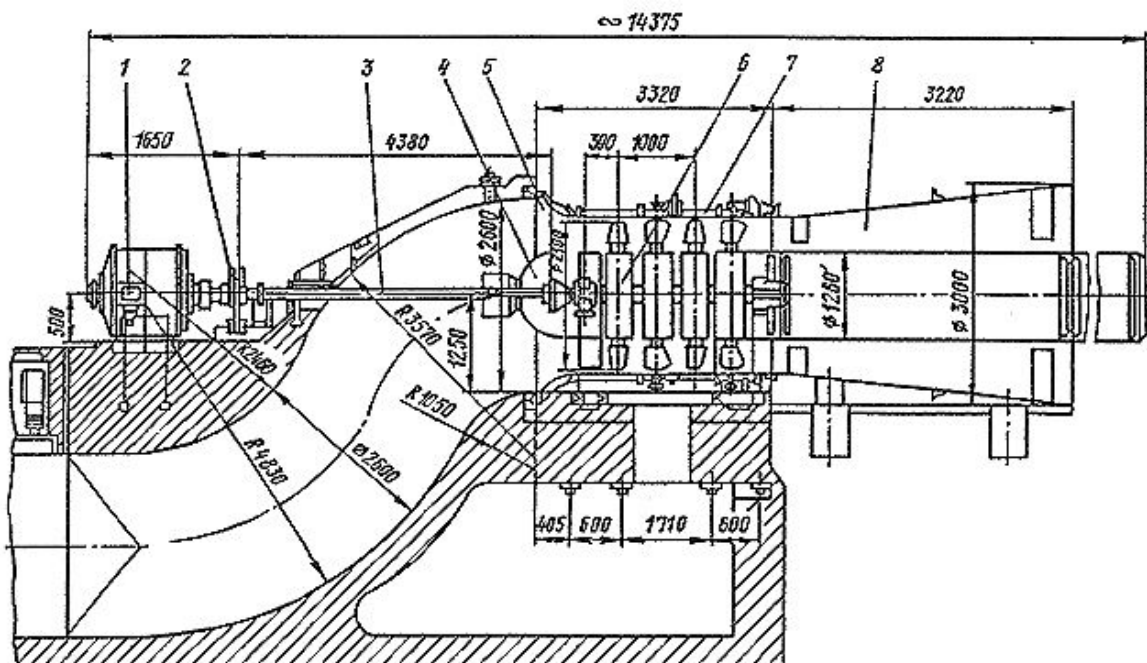


Рис. 6.2 – Вентилятор серії ВОД-21М

- 1 - приводний електродвигун; 2 - гальмо; 3 - вал трансмісійний; 4 - кок (обтічник);  
5 - вхідний колектор; 6 - ротор; 7 - корпус з направляючим та спрямляючим апаратами;  
8 - дифузор

При прямій роботі лопатки проміжного напрямного апарата встановлюються під кутами  $35^{\circ}$ ÷ $75^{\circ}$ . При здійсненні реверсування потоку лопатки розвертаються майже на  $180^{\circ}$ , носик профілю лопатки при цьому повинен бути звернений до робочого колеса другої ступені, а кут між хордою профілю й віссю вентилятора повинен становити  $78^{\circ}$  (для вентилятора ВОД-40 –  $105^{\circ}$ ). Одночасний поворот лопаток напрямного апарата, як при грубому регулюванні робочих режимів, так і при реверсуванні, здійснюється за допомогою приводного механізму спеціальним сервомотором. Контроль розвороту лопаток ведеться за спеціальними мітками на приводних барабанах поворотного механізму. Схема автоматики поворотного механізму вентилятора для контролю кутів установки лопаток проміжного напрямного апарата оснащена кінцевими вимикачами, які фіксують необхідні кути для прямої й реверсивної роботи. Проміжні положення між кутами  $35^{\circ}$  і  $75^{\circ}$  при тонкому регулюванні схемою автоматики не передбачені й встановлюються візуально.

У зв'язку з необхідністю швидкої зупинки вентилятора при переході на реверсивний режим, вентилятори серії ВОД комплектуються колодковими гальмами, встановленими в районі зубчастої муфти.

Всі вентилятори ВОД комплектуються пристроєм для виміру продуктивності у вигляді повітря-вимірної трубки, встановленої на кожусі перед робочим колесом першої ступені.

Вентилятори серії можуть працювати ефективно як на нагнітання, так і на усмоктування.

ВОД-11 – застосовується для установки на калорифери або в якості головного для шахт з потребою в повітрі до  $1800 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $0,3$ ÷ $0,85 \text{ м}^2$ . При цьому розвиває депресію  $1,1$ ÷ $3,7 \text{ кПа}$ . Режим роботи регулюється поворотом лопаток робочого колеса в діапазоні  $15^{\circ}$ ÷ $45^{\circ}$ , поворот здійснюється для кожної лопатки індивідуально через люк у кожусі. Вентилятор комплектується асинхронним двигуном потужністю  $100 \text{ кВт}$  зі швидкістю обертання  $1500 \text{ хв}^{-1}$ . Модифікація цього вентилятора ВОД-11П відрізняється від базового вентилятора підвищеними експлуатаційними параметрами й приводним двигуном АО-101-4М.

ВОД-16 – застосовується для роботи на калорифері або в якості головного для шахт із потребою в повітрі до  $4000 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $0,37$ ÷ $1,87 \text{ м}^2$ . Розвиває депресію  $0,9$ ÷ $4,3 \text{ кПа}$ . Вентилятор ВОД-16 (рис. 6.3) відрізняється від інших в серії однією цікавою й важливою особливістю – це вентилятор так званого "зустрічного" обертання.

У вентиляторах серії ВОД лопатки напрямних апаратів направляють повітряний потік, як у прямому режимі, так і в реверсивному на робоче колесо другої ступені (за ходом) з найбільш сприятливими кутами входу. Цей же ефект можна одержати без проміжного напрямного апарата за рахунок обертання робочих коліс першої й другої ступені назустріч один одному. При цьому продуктивність реверсивного режиму становить  $60$ ÷ $74\%$  продуктивності прямого режиму. Перевагою такого способу є

спрощення конструкції вентилятора, яке виражається у відсутності напрямного й спрямляючого апаратів і малому розкручуванню повітряного потоку за другим робочим колесом (за ходом потоку). Недоліком є необхідність установки другого вала й другого привода. Робочі колеса першої й другої ступені розрізняються за конструкцією – колесо першої ступені (дивлячись від колектора) має 12 лопаток, а другої ступені 10. Регулювання робочого режиму вентилятора здійснюється поворотом лопаток робочих коліс на зупиненому вентиляторі через люки в корпусі. Дифузори вентиляторів зустрічного обертання відрізняються однією особливістю конструкції: в основному конусі дифузора розташовується малий конус, у якому розташовується вал другого двигуна й одна з опор цього вала. Повітряний потік рухається в просторі між цими конусами.

Вентилятор комплектується двома синхронними двигунами СД-2-42-6 потужністю по 160 кВт кожний й швидкістю обертання  $1000 \text{ хв}^{-1}$ . Модифікація ВОД-16П має відмінності в комплектації й оснащена іншим двигуном (АО-103-6М)

ВОД-18 – проміжна модель із застосуванням в якості вентилятора головного провітрювання для шахт з потребою в повітрі до  $4500 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $0,7 \div 2,0 \text{ м}^2$ . Розвиває депресію  $1,0 \div 4,5 \text{ кПа}$ . Комплектується двигуном А4-450К-6У3.

ВОД-21 – застосовується для роботи в якості головного для шахт з потребою в повітрі до  $6500 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $0,77 \div 2,90 \text{ м}^2$ . Виконаний за стандартною аеродинамічною схемою вентиляторів ВОД. Розвиває депресію  $0,8 \div 3,4 \text{ кПа}$ . Має напрямний і спрямляючий апарати, що складаються з 14 поворотних лопаток. Реверсування повітряного потоку здійснюється зміною напрямку обертання приводного двигуна з одночасною зміною кута установки лопаток напрямного й спрямляючого апаратів на кут  $153 \div 158^\circ$  за допомогою поворотного механізму.

Регулювання робочих режимів здійснюється індивідуальним поворотом робочих лопаток у межах  $15^\circ \div 45^\circ$  на зупиненому вентиляторі через люки в корпусі. Для значного зниження показників режиму роботи вентилятора можливе зняття до 6 лопаток з вінця другої ступені. Тонке регулювання здійснюється одночасним поворотом лопаток напрямного апарата в діапазоні  $5^\circ \div 10^\circ$  на працюючому вентиляторі за допомогою поворотного механізму або вручну.

Осьові навантаження на валу компенсуються радіально-упорним підшипником. Вентилятор обладнано колодковим гальмом. Комплектується синхронним двигуном СД2-85/47-8УХЛ4 потужністю 500 кВт і швидкістю обертання  $750 \text{ хв}^{-1}$ . Може працювати із двигуном зі швидкістю обертання  $600 \text{ хв}^{-1}$ . Модифікація вентилятора ВОД-21М має більше широкий діапазон робочих витрат і комплектується двигуном СД2-85/47-897.

ВОД-30 – застосовується для роботи в якості головного для шахт із потребою в повітрі до  $13500 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $1,6 \div 5,73 \text{ м}^2$ . Має стандартну аеродинамічну схему й конструкцію, аналогічну ВОД-21.

Регулювання, реверсування й інші експлуатаційні роботи здійснюються за прийнятим для серії стандартом. Вентилятор комплектується синхронним двигуном СДВ-15-49-12 з потужністю 800 кВт й швидкістю обертання  $500 \text{ хв}^{-1}$ .

ВОД-40 – застосовується для роботи в якості головного для шахт із потребою в повітрі до  $22000 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $2,4 \div 10,7 \text{ м}^2$ . Відрізняється від ВОД-30 розмірами вузлів і деталей й деякими особливостями конструкції. На робочих колесах обох ступеней по 12 лопаток. Напрямний апарат, що складається з 14 поворотних лопаток, використовується для реверсування й регулювання. Привод повороту лопаток прямого апарата аналогічний приводу всіх вентиляторів серії. Вентилятор має також спрямляючий апарат, що регулюється, розташований між робочим колесом другої ступені й дифузorzом. Спрямляючий апарат складається з 14 лопаток й приводного пристрою, аналогічного до приводного пристрою прямого апарата. Лопатки спрямляючого апарата в нормальному режимі встановлюються під кутом  $75^\circ$  до площини обертання коліс й повертаються на  $160^\circ$  і встановлюються під кутом  $85^\circ$  до площини обертання коліс тільки при реверсуванні потоку повітря. У якості приводних можуть застосовуватися синхронні двигуни СДСЗ-17-41-16У4, СДСЗ-17-49-16У4 або асинхронний двигун АКН2-19-33-16У4 з потужністю 1600 кВт і швидкістю обертання  $375 \text{ хв}^{-1}$ .

ВОД-50 – застосовується для роботи в якості головного для шахт з потребою в повітрі до  $34000 \text{ м}^3/\text{хв}$  і еквівалентним отвором  $4,6 \div 16,7 \text{ м}^2$ . Конструкція, способи регулювання й реверсування практично ті ж, що й у вентилятора ВОД-40. Привод здійснюється від синхронного двигуна СДСЗ-18-39-20У4 захищеного виконання з самовентиляцією. Потужність двигуна – 2000 кВт, швидкість обертання –  $300 \text{ хв}^{-1}$ . Двигун постачений додатковою пусковою обмоткою, що забезпечує прямий пуск від повної напруги мережі 6 кВ в асинхронному режимі. Пуск здійснюється при закритому прямому апараті.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, презентації.
2. Макети осьових вентиляторів головного провітрювання.

### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами, презентаційними матеріалами та макетами осьових вентиляторів головного провітрювання вивчити їх конструкцію та принцип роботи.
2. Для зазначених в роботі осьових вентиляторів головного провітрювання навести схеми виконання та відзначити принцип їх дії.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, область застосування, схеми і принцип дії осьових вентиляторів головного провітрювання.

### ***Контрольні питання***

1. Зазначте переваги осьових вентиляторів.
2. Що, з енергетичної точки зору, забезпечує застосування кручених лопаток у вентиляторах серії ВОКД?
3. Чому для вентиляторів серії ВОКД реверсування вентиляційного струменя неможливо здійснити зміною напрямку обертання приводного двигуна?
4. Яким чином здійснюється регулювання робочого режиму у вентиляторах серії ВОД?
5. Чому запуск більшості вентиляторів головного провітрювання здійснюють при закритому напрямному апараті?
6. Визначте призначення спрямляюче-направляючого апарату у двоступінчатих осьових вентиляторах.

## Лабораторна робота №7

### ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВІДЦЕНТРОВИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ ГОЛОВНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ

Мета заняття: Вивчити основні складові частини відцентрових вентиляторів головного провітрювання.

#### *Основні теоретичні положення*

Розробка сучасних шахтних відцентрових вентиляторів у свій час відставала від розробок осьових вентиляторів, оскільки відцентрові вентилятори добре працюють якщо є потреба у високій депресії, у чому в перший період розвитку підземного видобутку корисних копалин особливої потреби не було.

У даний момент відцентрові вентилятори одержали широке розповсюдження у зв'язку зі збільшенням глибини шахт й зростанням аеродинамічного опору мереж гірничих виробок.

#### **Відцентрові вентилятори малих розмірів**

До цієї групи відносяться вентилятори ВЦПД-8, ВЦ-11, ВЦ-16, ВЦП-16 і ВШЦ-16, що розвивають продуктивність  $350 \div 2700 \text{ м}^3/\text{хв}$  і депресію –  $1,1 \div 9,2 \text{ кПа}$ . Вентилятори цієї групи монтуються на спеціальній рамі на заводі-виготовлювачі й у зібраному вигляді доставляються до місця використання. Всі вентилятори мають осьовий напрямний апарат (ВЦПД-8 – два), який використовують для регулювання робочих режимів. Направний апарат являє собою окремий корпус, в якому у спеціальних опорах й обтічнику встановлені на підшипниках поворотні лопатки. За допомогою спеціального приводного кільця лопатки вручну або електроприводом можуть одночасно повертатися на кут  $0^\circ \div 90^\circ$ . При позитивних кутах повороту повітря при проході через напрямний апарат закручується убік обертання робочого колеса, збільшуючи коефіцієнт корисної дії вентилятора. Збільшення кута установки лопаток приводить до зниження продуктивності вентилятора. При установці лопаток на кут  $0^\circ$ , підкручування потоку не відбувається, тому що площина лопатки паралельна осі потоку. При установці лопаток на кут  $90^\circ$  вхідний перетин колектора повністю перекривається, цей прийом використовується для розвантаження вентилятора при його пуску. У вентиляторів цієї групи передбачений робочий режим з негативним кутом повороту лопаток до  $-10^\circ$ . У цьому випадку потік повітря підкручується в напрямку, зворотному обертанню робочого колеса, що дозволяє збільшити тиск, що розвивається вентилятором. На практиці робочі режими вентилятора отримують при кутах повороту лопаток напрямного апарата в діапазоні  $-10^\circ \div +60^\circ$ .

ВЦПД-8 – призначений для провітрювання прохідницьких виробок великого перетину – стволів, тунелів, виробок приствольних дворів й т.п.

Вентилятор має двостороннє всмоктування, оснащений пристроєм для реверсування повітряного струменя, укомплектований двома асинхронними двигунами з різними швидкостями обертання ( $3000$  і  $1500$   $\text{хв}^{-1}$ ). Остання обставина дозволяє робити "грубе" регулювання робочих режимів зміною швидкості обертання робочого колеса. Працює з трубопроводами діаметром  $700$ ,  $800$  і  $900$  мм.

ВЦ-11 – застосовується для установки в якості головного на вентиляційних виробках (шурфах) шахт, що мають еквівалентний отвір у діапазоні  $0,1 \div 0,65$   $\text{м}^2$ , для роботи в якості калориферного або інших промислових цілей. Комплектується асинхронним двигуном зі швидкістю обертання  $1500$   $\text{хв}^{-1}$ . Розроблено модернізовану модель ВЦ-11М с зміненою шириною робочого колеса.

ВЦ-16 – застосовується для установки в якості головного для шахт, що мають еквівалентний отвір у діапазоні  $0,3 \div 1,3$   $\text{м}^2$ . Комплектується асинхронним двигуном зі швидкістю обертання  $1000$   $\text{хв}^{-1}$ .

ВЦП-16 – застосовується для провітрювання прохідницьких виробок великого перетину, у тому числі вертикальних стволів. Має реверсивний пристрій. Комплектується двома електродвигунами зі швидкістю обертання  $1000$  і  $1500$   $\text{хв}^{-1}$ , що забезпечує "грубе" регулювання робочих режимів. За замовленням споживача може бути укомплектований асинхронним двигуном АО-114-12/8/6/4, що забезпечує швидкості обертання  $500/750/1000/1500$   $\text{хв}^{-1}$  з відповідними обертам потужностями  $200$ ,  $120$ ,  $90$  і  $60$  кВт.

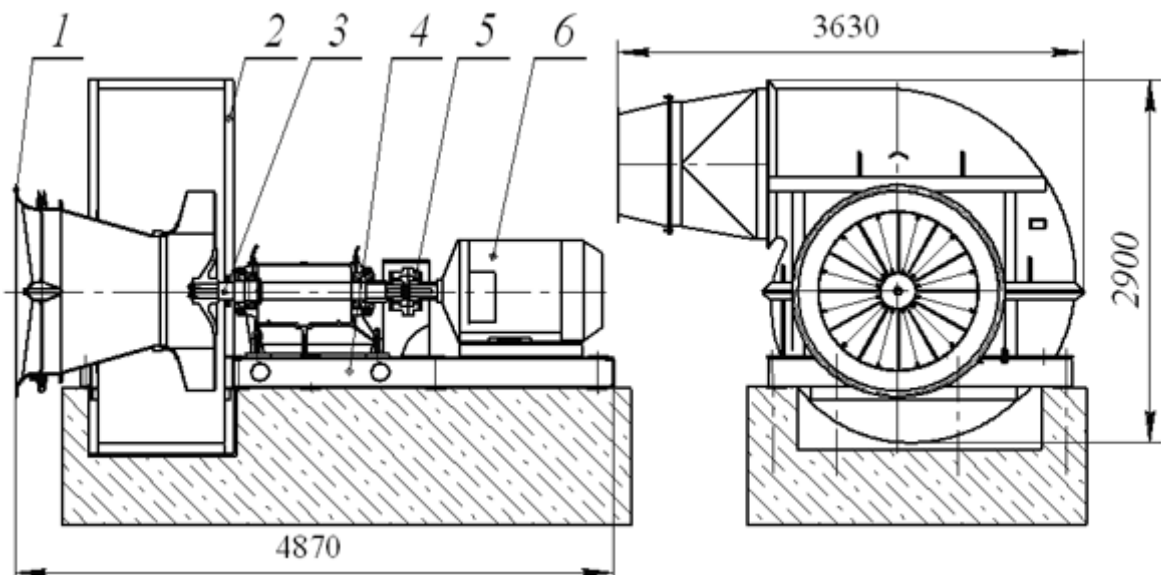


Рис. 7.1 – Відцентровий вентилятор ВЦП-16М

1-направляючий апарат; 2 - корпус; 3 - ротор; 4 - рама; 5 - муфта; 6 - приводний двигун

ВШЦ-16 – застосовується для установки в якості головного для шахт, що мають еквівалентний отвір у діапазоні  $0,24 \div 1,4$   $\text{м}^2$  або для роботи на калориферній установці. Комплектується асинхронним двигуном зі швидкістю обертання  $1000$   $\text{хв}^{-1}$ .

### Відцентрові вентилятори середніх розмірів

До цієї групи, умовно, відносять вентилятори ВЦ-25, ВЦ-32 (ВЦ-31,5М) і ВЦЗ-32 (ВЦ-31,5П).

Основні параметри вентиляторів цієї групи: діаметр робочого колеса – 2500÷3200 мм, продуктивність – 1800÷10000 м<sup>3</sup>/хв, депресія – 1,6÷7,0 кПа. До цієї групи не включений вентилятор ВЦД-32, оскільки за своїми параметрами, конструкцією й експлуатаційними характеристиками він ближчий до групи великих відцентрових вентиляторів.

Вентилятори даної групи застосовуються на шахтах тільки в якості головних. При їх монтажі конструктивні елементи жорстко зв'язуються з фундаментом, частина елементів виконується в бетоні. Всі вентилятори групи постачені осьовим напрямним апаратом у вигляді циліндричного корпусу, в якому розміщені радіально 12 профільних поворотних лопаток. Зовнішні цапфи лопаток закріплені в опорах, розміщених на корпусі. Внутрішні цапфи входять в обтічник. Одночасний плавний поворот лопаток здійснюється за допомогою приводної колонки, яка в свою чергу розвертається електродвигуном з редуктором. Кут повороту може задаватися в межах від 0° до 90°. При установці лопаток у положення, що відповідає 0° (лопатки паралельні осі потоку) закручування потоку не відбувається. При установці лопаток у положення, що відповідає 90° – лопатки повністю перебивають вхідний отвір, наближаючи продуктивність до нуля. Цей прийом використовується для розвантаження вентилятора в момент його пуску. У проміжних положеннях від 0° до 90° лопатки закручують потік вбік обертання робочого колеса, у цьому діапазоні регулюються робочі режими вентиляторів. Поворотний механізм напрямного апарата дозволяє розвертати лопатки вентиляторів ВЦ-25, ВЦ-32 і ВЦЗ-32 на негативний кут, з метою підвищення величини депресії на виході.

ВЦ-25 – вентилятор з робочим колесом, яке має 8 профільних лопаток, приварених до корінного й покривного дисків. Робочі режими вентилятора задаються поворотом лопаток напрямного апарата в діапазоні –30° ÷ +60°. Привод повороту лопаток напрямного апарата керується дистанційно або вручну. Вентилятор комплектується синхронним двигуном, що має швидкість обертання 750 хв<sup>-1</sup>, може працювати з двигуном, що має швидкість обертання 600 хв<sup>-1</sup> у режимах зі зниженими витратою й депресією. Модифікація вентилятора ВЦ-25М має підвищену подачу й депресію.

ВЦ-32 (рис. 7.2) – у порівнянні з вентилятором ВЦ-25 має зміни в конструкції входу повітря в колектор, що дозволяє розташувати робоче колесо на валу між двома опорами, тобто знизити вібрації й зробити роботу вентилятора більш стійкою. Робочі режими вентилятора задаються поворотом лопаток напрямного апарата в діапазоні кутів –25° ÷ +60°. Поворот лопаток здійснюється дистанційно електроприводом або вручну. Привод вентилятора може бути від синхронного двигуна або асинхронного двигуна з фазним ротором. Двигун може мати швидкість обертання 500



або  $600 \text{ хв}^{-1}$ . Після двох модернізацій вентилятор спочатку отримав спочатку шифр ВЦ-31,5, а потім – ВЦ-31,5М.

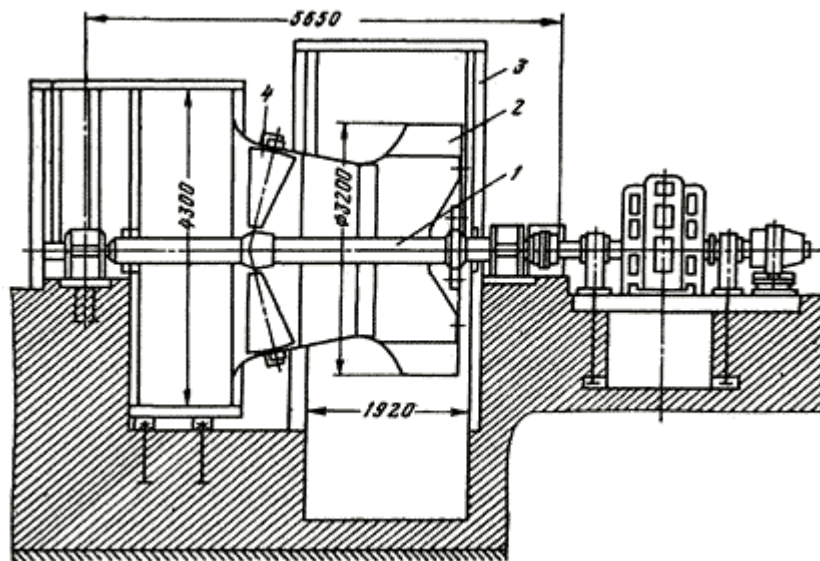


Рис. 7.2 – Відцентровий вентилятор ВЦ-32

1 – вал вентилятора; 2 – робоче колесо; 3 - кожух вентилятора; 4 - направляючий апарат

ВЦ3-32 – відрізняється від базового вентилятора ВЦ-32 конструкцією робочого колеса. На робочому колесі вентилятора встановлені 8 укорочених лопаток, що мають спеціальні поворотні частини – закрилки. Закрилки можуть розвертатися відносно основної частини лопатки на фіксований за допомогою системи валиків і отворів кут. Таких фіксованих положень система закрилків має п'ять із кутами повороту:  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+10^\circ$ ,  $+20^\circ$  і  $+30^\circ$ . Якщо виникне потреба полегшених режимів, закрилки можна знімати. Система закрилків дозволяє розширити зону економічної роботи вентилятора. За допомогою закрилків здійснюється "грубе" регулювання вентилятора, "тонке" регулювання здійснюється звичним способом – за допомогою напрямного апарата. Вентилятор комплектується асинхронним двигуном зі швидкістю обертання  $600 \text{ хв}^{-1}$ .

### Відцентрові вентилятори великих розмірів

До цієї групи входять вентилятори ВЦД-32, ВЦД-40, ВЦД-47А, ВЦД-47У и ВРЦД-4,5. Всі вентилятори застосовуються тільки як головні на шахтах, де необхідно мати високі продуктивності й високі депресії. Вентилятори цієї групи мають діаметр робочого колеса в діапазоні від 3200 до 4700 мм, продуктивність –  $3000 \div 43000 \text{ м}^3/\text{хв}$  і депресію –  $0,9 \div 9,2 \text{ кПа}$ . Загальним для всієї групи є наявність у вентиляторів двох напрямних апаратів. Всі вентилятори можуть працювати як на нагнітання, так і на всмоктування.

Вентилятори ВЦД-32, ВЦД-40 і ВЦД-47"Север" є машинами одного ряду, у їх конструкції багато спільного. Вони мають дворядні сферичні роликотідшипники в опорах вала, які сприймають осьове навантаження й можуть самовстановлюватися; мають однакову конструкцію напрямних

апаратів (крім ВЦД-47) і механізмів повороту їх лопаток. Однак в облаштуванні й роботі вентиляторів групи є досить багато розходжень.

ВЦД-32 – має можливість регулювання робочих режимів плавною зміною швидкості обертання робочого колеса. Плавна зміна швидкості досягається за рахунок застосування в якості основного приводного асинхронний двигун, який в свою чергу входить до складу системи вентиляно-машинного каскаду. Ця система приводу дозволяє змінювати швидкість обертання плавно в межах  $300 \div 600 \text{ хв}^{-1}$ .

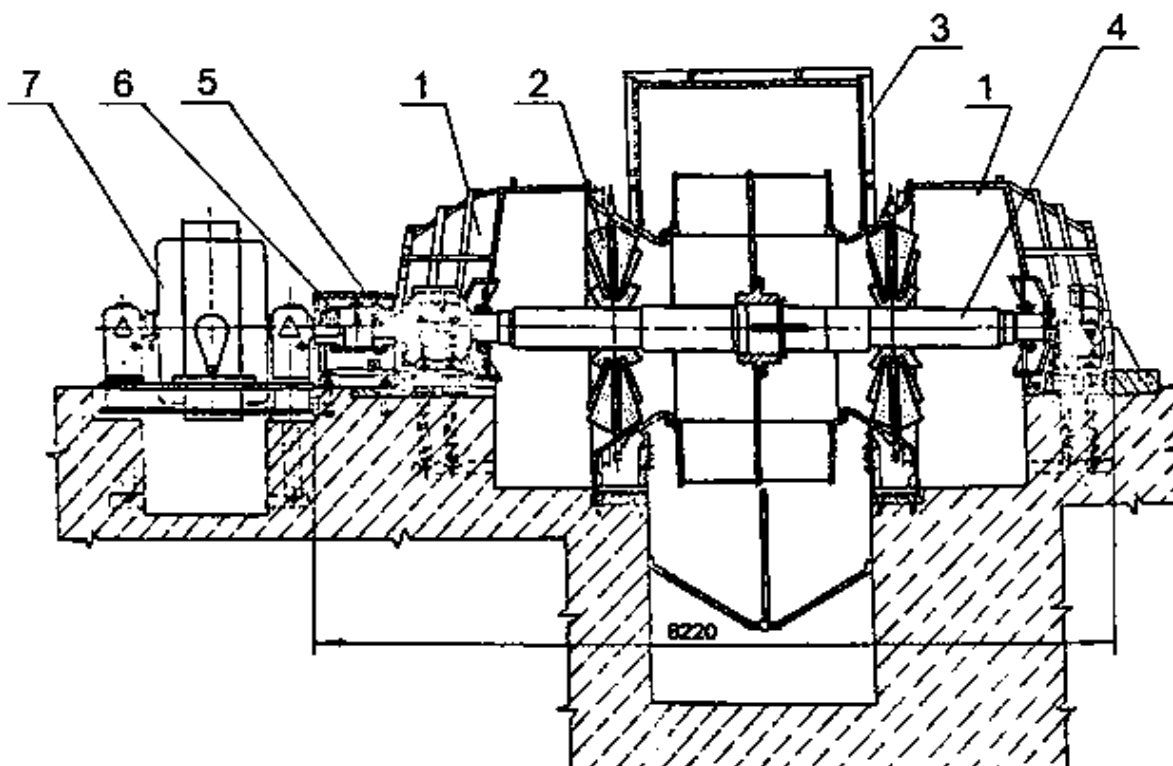


Рис. 7.3 – Відцентровий вентилятор ВЦД-31,5М

1 - коробка; 2 - напрямний апарат; 3 - корпус; 4 - ротор; 5 – установка датчика швидкості; 6 - муфта зубчаста; 7 - приводний електродвигун

Два напрямні апарати (по одному на кожному усмоктувальному колекторі) використовуються як пристрій для розвантаження вентилятора при пуску і як засіб "тонкого" регулювання. Напрямні апарати мають по 10 поворотних лопаток, встановлених у підшипниках котіння, що розвертаються приводним кільцем через канатну систему й ланцюговий привод електродвигуном. Лопатки розвертаються за допомогою системи дистанційного керування на будь-який кут у діапазоні  $0^\circ \div 90^\circ$ .

У випадку використання регульованого приводу, вентилятор комплектується одним асинхронним двигуном з фазним ротором, потужністю 1250 кВт і швидкістю обертання  $600 \text{ хв}^{-1}$ .

Модель цього вентилятора ВЦД-31,5М працює з нерегульованим приводом від синхронного двигуна СДВ-15-64-10-93 з додатковою пусковою обмоткою й тими ж потужністю й швидкістю обертання, що й

при регульованому приводі. Регулювання режимів роботи в цій моделі здійснюється тільки за допомогою лопаток напрямного апарата.

З метою підвищення тиску, що розвивається вентилятором, розроблена модифікація вентилятора ВЦД-31,5М, якій привласнено шифр ВЦД-31,5П. Робоче колесо цієї моделі має поворотні закрилки на лопатках. Колесо зібране з двох напівколіс однобічного всмоктування, розсунутих розпірними втулками для одержання доступу до механізму повороту й фіксації закрилків робочих лопаток.

ВЦД-40 – виконаний по тій же аеродинамічній схемі, що й попередній. Призначений для провітрювання великих вугільних і рудних шахт. Конструктивно від вентилятора ВЦД-32 майже не відрізняється. Регулювання режимів роботи здійснюється системою вентиляльно-машинного каскаду в діапазоні  $300 \div 600 \text{ хв}^{-1}$ , "тонке" регулювання – за допомогою осьового напрямного апарата, шляхом плавної зміни кута установки лопаток керованим дистанційно приводом або вручну.

Вентилятор працює з двома асинхронними двигунами потужністю по 1600 кВт, з'єднаними з обома кінцями вала за допомогою зубчастих муфт.

ВЦД-47А "Север" (російською мовою) – являє собою модернізовану розробку вентилятора ВЦД-47. Власна назва "Север" надана вентилятору у зв'язку з можливістю його використання в екстремальних кліматичних умовах з температурним діапазоном  $-45^{\circ}\text{C} \div +50^{\circ}\text{C}$ . Особливість виконання робочого колеса полягає у застосуванні спеціальних, так званих "тришарових" лопаток. Крім того, саме колесо складається з двох напівколіс однобічного всмоктування, кожне з яких має свій покривний і корінний диски й 6 робочих лопаток. Між напівколісами встановлені втулки-проставки. Вентилятор не має осьових напрямних апаратів у звичайному розумінні цього терміна, вони замінені пристроями скидання потужності, розташованими у вентиляторних каналах на входах у всмоктувальні коробки. Пристрої складаються з п'яти горизонтальних лопаток, встановлених у рамах і що мають можливість повертатися навколо горизонтальної осі на кут  $0^{\circ} \div 90^{\circ}$  відносно осі потоку повітря.

Для "тонкого" регулювання подачі повітря лопатки вентилятора можуть бути встановлені під будь-яким кутом. Верхня лопатка може бути фіксована тільки у двох положеннях – "відкрито" і "закрито". Поворот здійснюється спеціальним приводом дистанційно. "Грубе" регулювання режиму роботи вентилятора здійснюється плавною зміною швидкості обертання робочого колеса в діапазоні  $250 \div 490 \text{ хв}^{-1}$  за допомогою асинхронного комбінованого вентиляльно-машинного каскаду.

Безпосередній привод вентилятора здійснюється асинхронним двигуном з фазним ротором, швидкість обертання якого  $500 \text{ хв}^{-1}$  й потужністю 3500 кВт, з'єднаного з одним з кінців вала зубчастою муфтою. З іншим кінцем вала за допомогою такої ж муфти з'єднана машина постійного струму потужністю 1600 кВт, що здійснює розгін вентилятора до частоти  $300 \text{ хв}^{-1}$ .

ВЦД-47В – по конструктивному виконанню подібний до вентилятора

ВЦД-40. Має два напрямні апарати у вигляді циліндричних корпусів, що примикають до вхідного колектора. У корпусі радіально встановлені у втулках поворотні лопатки, їх привідне кільце й канатна система керування. Осьові напрямні апарати призначені для регулювання режимів роботи вентилятора й розвантаження при пуску. Робочі режими регулюються в діапазоні кутів  $0^{\circ} \div 70^{\circ}$ , можливі кути повороту лопаток –  $0^{\circ} \div 90^{\circ}$ .

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, презентації.
2. Макети відцентрових вентиляторів головного провітрювання.

### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами, презентаційними матеріалами та макетами відцентрових вентиляторів головного провітрювання вивчити їх конструкцію та принцип роботи.

2. Для зазначених в роботі відцентрових вентиляторів головного провітрювання навести схеми виконання та відзначити принцип їх дії.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, область застосування, схеми і принцип дії відцентрових вентиляторів головного провітрювання.

### ***Контрольні питання***

1. Для яких цілей у відцентрових вентиляторах головного провітрювання використовується осьовий напрямний апарат?

2. Чим забезпечується ступінчасте регулювання режиму роботи відцентрового вентилятора?

3. Які типи електродвигунів використовують для приводу до дії відцентрових вентиляторів?

4. Яким чином здійснюється "грубе" і "тонке" регулювання вентилятора ВЦЗ-32?

5. В яких кліматичних умовах можливе застосування вентилятора ВЦД-47А "Север"? Якими конструктивними особливостями досягається ця можливість?

6. З якою метою на вході вентилятора ВЦД-47А "Север" встановлюють пристрої скидання потужності?

## Лабораторна робота №8

### ВИПРОБУВАННЯ ВІДЦЕНТРОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Цілі заняття:

1. Випробувати вентилятор.
2. Установити дійсно створювані ним тиск, об'єм переміщуваного повітря, спожиту потужність і ККД.

#### Завдання

1. Вивчити установку, призначену для випробування відцентрового вентилятора Ц 4-70.
2. Ознайомитися з методикою випробувань.
3. Провести випробування й визначити: характеристики вентилятора для розрахунку витрати повітря й потужності вентилятора.
4. Ознайомитися з методикою підбору вентилятора за допомогою номограми.
5. Оформити роботу: зобразити схему установки; виконати розрахунки по визначенню характеристики вентилятора й заповнити журнал випробувань.

#### Опис лабораторної установки

Відцентровий вентилятор є найважливішим елементом систем вентиляції.

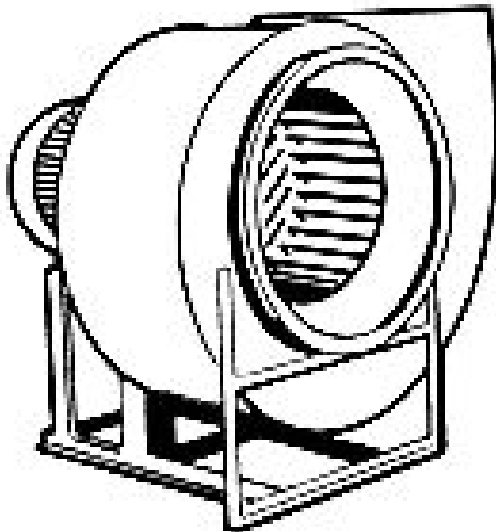


Рис. 8.1 – Відцентровий вентилятор

Характеристика вентилятора графічно виражає зв'язок між основними його параметрами. Наведена на рис. 8.2 індивідуальна характеристика зв'язує між собою основні параметри витрати повітря  $Q$  і потужності вентилятора  $N$ , за якими підбирається вентилятор.

Характеристика дозволяє також визначити ККД, число обертів  $n$  і окружну швидкість  $v$  колеса вентилятора.

Характеристика вентилятора будується на підставі випробувань за методикою викладеною в даній лабораторній роботі.

Лабораторна установка містить власно вентилятор Ц 4-70 с електродвигуном, анемометр для вимірювання швидкостей повітря на усмоктуванні й нагнітанні вентилятора.

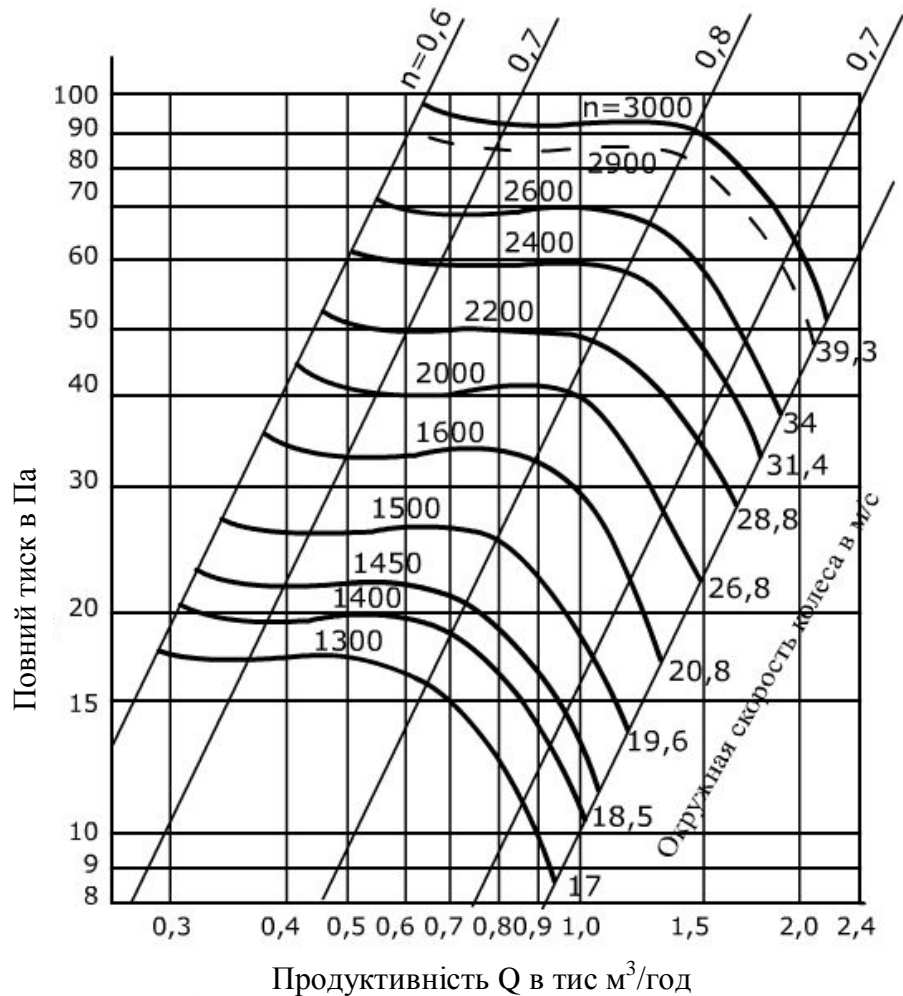


Рис. 8.2 – Індивідуальна характеристика вентилятора

Анемометр (від грецького анемос – вітер, і метрео – вимір) – метеорологічний прибор для виміру швидкості вітру. Складається з чашкової (або лопатевої) вертушки укріпленої на осі, яка з'єднана з вимірювальним механізмом. При виникненні повітряного потоку, вітер штовхає чашечки, які починають крутитися навколо осі. Залежно від конструкції анемометра, він або замірює число обертів чашечок навколо осі за заданий час, що дорівнює певній відстані, після чого розраховується середня швидкість вітру, відстань ділиться на час (анемометр ручний). Або чашечки з'єднані з електричним індукційним тахометром, що дозволяє приладу відразу показувати швидкість вітру на даний момент, без додаткових обчислень, і стежити за змінами у швидкості вітру в режимі реального часу (анемометр індукційний).

В крильчатому й чашечному анемометрах (рис. 8.3), які застосовуються при швидкостях відповідно 0,5 – 10 м/с й 1 – 20 м/с, вертушка 1 с лопатями або чашечками, що приводиться до обертання повітряним потоком, з'єднана з рахунковим механізмом 2 віссю 3. Одна зі

стрілок рахункового механізму показує одиниці й десятки, інша – сотні, третя – тисячі. Рахунковий механізм вмикається важелем 4.

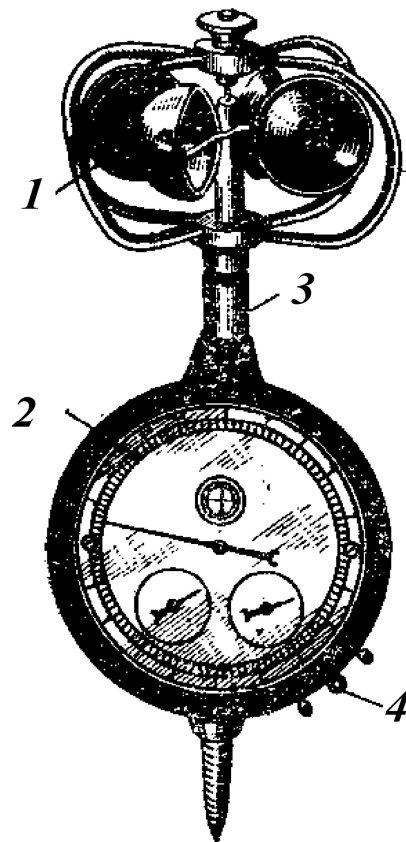


Рис. 8.2 – Анемометр чашковий

Потужність електродвигуна вимірюється за показниками лічильника електроенергії.

#### ***Методика випробувань***

1. Здійснити пуск вентилятора.
2. Замірити швидкість повітряного потоку анемометром з обох боків вентилятора.
3. Замірити розміри перетинів вентилятора для розрахунку площ.
4. Зняти показання з електролічильника.
5. Дані випробувань занести до журналу (табл. 8.1).

## Журнал випробувань відцентрового вентилятора

Найменування величин	Позначення й розмірність	Значення показника
Швидкість потоку на усмоктування	$V_1, \text{м/с}$	
Швидкість потоку на нагнітанні	$V_2, \text{м/с}$	
Площа вхідного перетину	$F_1, \text{м}^2$	
Площа вихідного перетину	$F_2, \text{м}^2$	
Об'ємна витрата повітря при усмоктуванні	$Q_1, \text{м}^3/\text{год}$	
Об'ємна витрата повітря при нагнітанні	$Q_2, \text{м}^3/\text{год}$	
Середня витрата повітря	$Q, \text{м}^3/\text{год}$	
Число обертів вентилятора	$n, \text{Об/хв}$	
Повний тиск	$H$	
ККД вентилятора	$\eta_b$	
ККД передачі	$\eta_n$	
ККД двигуна	$\eta_g$	
Число обертів диска лічильника	$n'$	
Тривалість випробувань	$\tau, \text{с}$	
Експериментальна потужність	$N_{\text{екс}}, \text{кВт}$	
Розрахункова потужність	$N_{\text{розра}}, \text{кВт}$	

**Обробка результатів**

1. Визначити площі перетинів.
2. Визначити об'ємну витрату повітря в перетинах за формулою,  $\text{м}^3/\text{год}$ :

$$Q = 3600 \cdot V \cdot F, \quad (8.1)$$

Різниця між  $Q_1$  і  $Q_2$  не повинна перевищувати  $\pm 5\%$ , причому за вихідну розрахункову величину приймається більше з вимічених значень.

Середня витрата повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$ :

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2}, \quad (8.2)$$

3. Число обертів вентилятора визначається тахометром або за характеристикою електродвигуна.

4. За номограмою вентилятора (рис. 8.2) по середній витраті повітря (продуктивності) знаходять повний тиск ( $H$ ).

5. Потужність, необхідна для приводу вентилятора при переміщенні чистого й малозапиленого повітря при  $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ,  $P = 760 \text{ мм.рт.ст.}$ , визначається за формулою, кВт:



$$N_{\text{розр.}} = \frac{Q \cdot H}{3600 \cdot \eta_b \cdot \eta_n \cdot \eta_d \cdot 102}, \quad (8.3)$$

де  $\eta_b$  – ККД вентилятора (за характеристикою вентилятора),  
 $\eta_n$  – ККД передачі й підшипників (при безпосередній посадці колеса вентилятора на вал електродвигуна  $\eta_n=1$ ),  
 $\eta_d$  – ККД електродвигуна,  $\eta_d = 0,70-0,75$ .

6. Результати розрахунку порівнюються з експериментально знайденою потужністю електродвигуна ( $N_{\text{екс}}$ ), кВт:

$$N_{\text{екс}} = \frac{3600n'}{450\tau}, \quad (8.4)$$

де  $n'$  – число обертів диска лічильника,  
 $\tau$  – тривалість випробувань, сек.

### **Контрольні питання**

1. Якими приладами вимірюється продуктивність вентилятора?
2. Якими приладами вимірюється тиск, що створюється вентилятором?
3. Чим відрізняються теоретична й дійсна характеристики вентиляторів?
4. Динамічний, статичний і повний тиск, що розвиває вентилятором. Потужність і ККД вентилятора.
5. Способи регулювання продуктивності вентиляторів.

## Лабораторна робота №9

### ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ СЕРІЙ Д, ЦНС

Цілі заняття:

1. Вивчення принципу дії та існуючих конструкцій відцентрових насосів серій Д та ЦНС.
2. Вивчення основних складових частин відцентрових насосів.

#### *Основні теоретичні положення*

Насоси типу Д призначені для перекачування чистої неагресивної води температурою до 100°C. В якості прикладу розглянемо конструкцію насоса 8НДв-60 (рис. 9.1). Робоче колесо 9 двостороннього усмоктування посажено на валу 3 по ковзній посадці на шпонці й затиснуто з двох сторін захисними втулками 5 з лівим і правим різьбленням через проставки 7.

Підвід і відвід спірального типу виконані в корпусі. Корпус із горизонтальним розніманням у площині, що проходить по осі вала, складається з двох суцільнолитих половин (чавун СЧ-18-36). Нижня половина 12, вхідний і напірний патрубків являють собою литу деталь. У цій частині корпусу є різьбові отвори, закриті пробками, для зливу води й кронштейни з лапами для кріплення насоса на фундаменті.

Верхня частина корпусу (кришка) 10 кріпиться до нижнього болтами. У верхній частині є закритий пробкою різьбовий отвір, який слугує для заливання насоса перед пуском.

Вал насоса спирається на підшипники 16, які знаходяться в чавунних корпусах 15. Кришки 1 кріплять підшипники до кронштейнів корпусу 12. Від провертання в кронштейні корпусу підшипника втримується гвинтом 14. До кришки підшипника встановлюється прес-тавотниця 17 для змащення підшипника.

Для попередження витікання смазки в корпусі й кришці підшипника розміщене ущільнення 2. Відбійні кільця 13 охороняють підшипники від потрапляння води, яка витікає із сальника.

Вихід вала з корпусу ущільнюється чепцевим ущільненням з гідрозатвором. Чепцеве набивання, виконане із плетеного бавовняного шнура, підтискається чавунною кришкою 4. Грундбоксы 11 охороняють корпус від передчасного зношування.

Гідрозатвор здійснюється подачею води з напірної порожнини кришки насоса по трубкам до кілець 6. Кільця мають розточення й отвори, через які вода проходить до поверхні захисної втулки. При роботі насоса вода, обертаючись разом із захисною втулкою, утворює у порожнині сальника гідравлічне кільце, що перешкоджає проникненню повітря через сальник. Крім того, просочуючись у зазор між захисною втулкою й кільцями чепцевого набивання, вода охолоджує сальник.

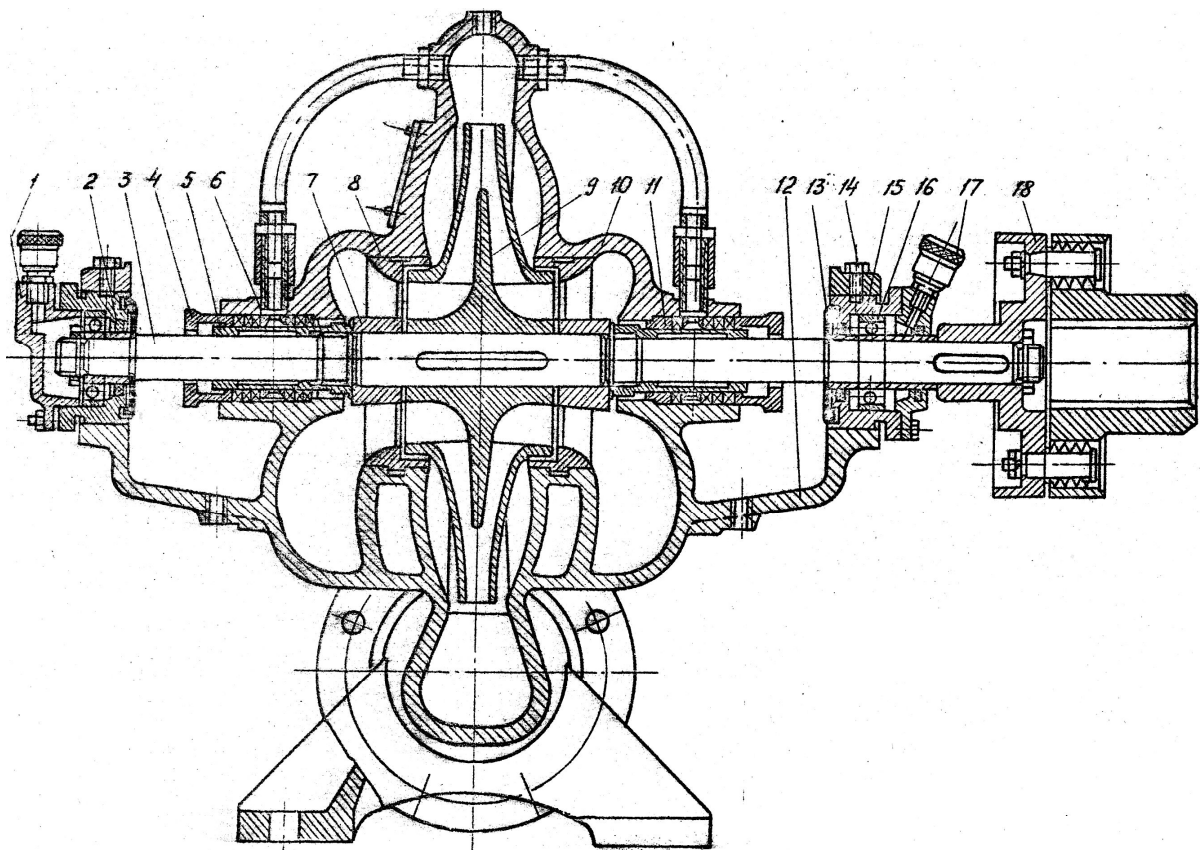


Рис. 9.1 – Відцентровий насос 8НДв-60  
(позначення у тексті)

Привод насоса від електродвигуна здійснюється через втулочно-пальцеву муфту.

Насоси відцентрові секційні призначені, головним чином, для відкачки нейтральної води в гірничій промисловості із вмістом механічних домішок не більше 0,2% по вазі при розмірі твердих часток не більше 0,2 мм. Для прикладу розглянемо конструкцію насоса ЦНС-300-120...600 (рис. 9.2).

Насос має від 2 до 10 робочих коліс закритої конструкції однобічного всмоктування, виконаних із чавуну СЧ 21-40.

Підведення спірального типу виконано у кришці усмоктування насоса 13. Відвід являє собою направляючий апарат каналного типу.

Робочі колеса 8 посаджені на вал. Крім цього, на вал насаджені: кільце 16, захисна сорочка 15, дистанційна втулка 5, гідравлічна п'ята 4. Усі перераховані деталі стягаються на валу гайкою і утворюють ротор насоса. Правильність установки ротора перевіряється за контрольною рисою, що ставиться на спеціальній гайці 19 запідлице з кришкою підшипника з боку муфти.

Статор (корпус насоса) складається з: кришки усмоктування 13, кришку нагнітання 6, секції 9 з напрямними апаратами 7, кронштейни передній 17 і задній 1. У цих кронштейнах по ковзній посадці встановлені два радіальних сферичних роликпідшипники 18, що дозволяє переміщуватися ротору в осьовому напрямку.

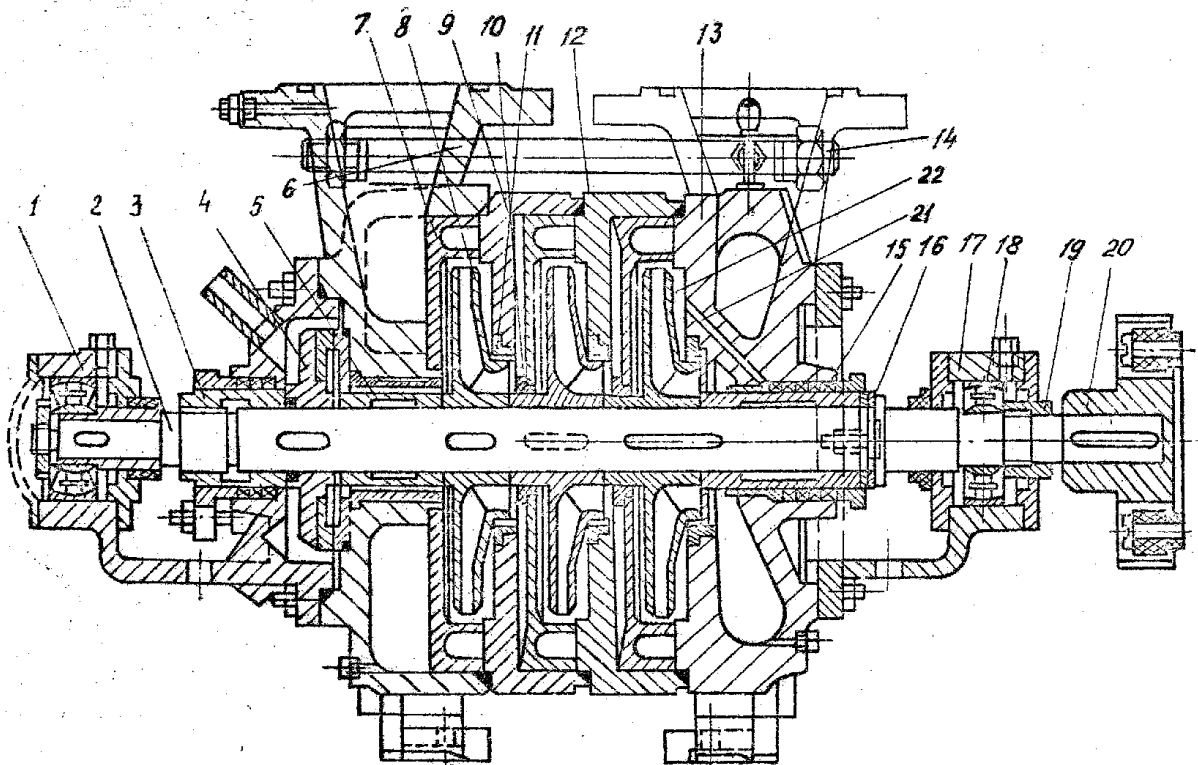


Рис. 9.2 – Відцентровий насос ЦНС 300-120...600  
(позначення у тексті)

Кришки усмоктування, нагнітання й секції стягуються стрижнями-шпильками 14. Стики секцій ущільнюються гумовими шнурами 12.

Місця виходу вала насоса з корпусу (рис. 9.3) ущільнюються чепцевим набиванням 3, просоченим антифрикційним складом. Для насосів цього типу набивання виконується багат шаровим плетеним типу ПП 16 за ДСТУ 5152-66. Кільця набивки встановлюються з відносним зсувом зазорів на  $120^\circ$ . Крім чепцевого ущільнення в місці виходу вала з корпусу насоса з боку усмоктування встановлюється гідравлічне ущільнення (гідрозатвор) 4, що виключає засмоктування повітря через сальник. Вода під тиском, створеним першим робочим колесом, через отвір у кришці усмоктування підводиться до втулки гідрозатвору.

Внутрішні ущільнення насосів – щілинні, утворені поясами робочих коліс і ущільнюючими чавунними кільцями 10, 11. Внутрішні поверхні ущільнюючих кілець і паски робочих коліс загартовані до твердості відповідно HRC 30.. .35 і HRC 35...40.

У лопатевих машинах неминуче виникнення осьового зусилля, що діє вздовж осі ротора у бік входу. У відцентрових насосах осьове зусилля настільки велике (до кількох тонн), що його врівноваження є досить складним завданням.

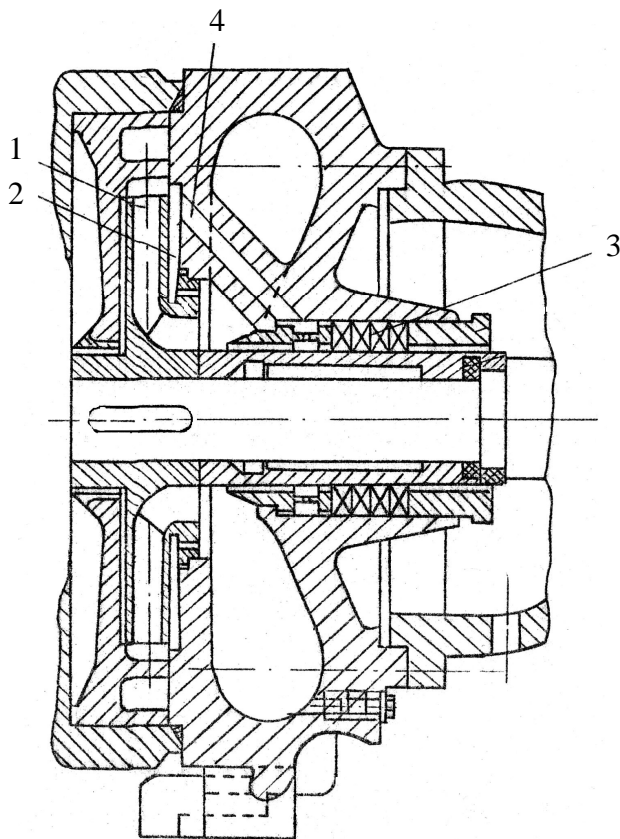


Рис. 9.3 – Чепцеве ущільнення на стороні всмоктування насоса з гідрозатвором (позначення у тексті)

Фізична природа осьового зусилля може бути встановлена зі схеми робочого колеса та епюри тисків, що діють на обидві сторони колеса (рис. 9.4). Завдяки обертанню рідини тиск  $P_2$  змінюється вздовж радіусу за параболічним законом. В області від  $R_2$  до  $R_y$  тиску ліворуч  $P_l$  і праворуч  $P_n$  рівні між собою (урівноважуються), а в межах від  $R_y$  (радіус ущільнюючого кільця) до  $R_b$  (радіус вала) тиск ліворуч, який дорівнює тиску на вході в робоче колесо, менший за тиск праворуч. Внаслідок цієї різниці тисків виникає осьове зусилля  $T$ , яке прагне змістити колесо з валу у бік усмоктування.

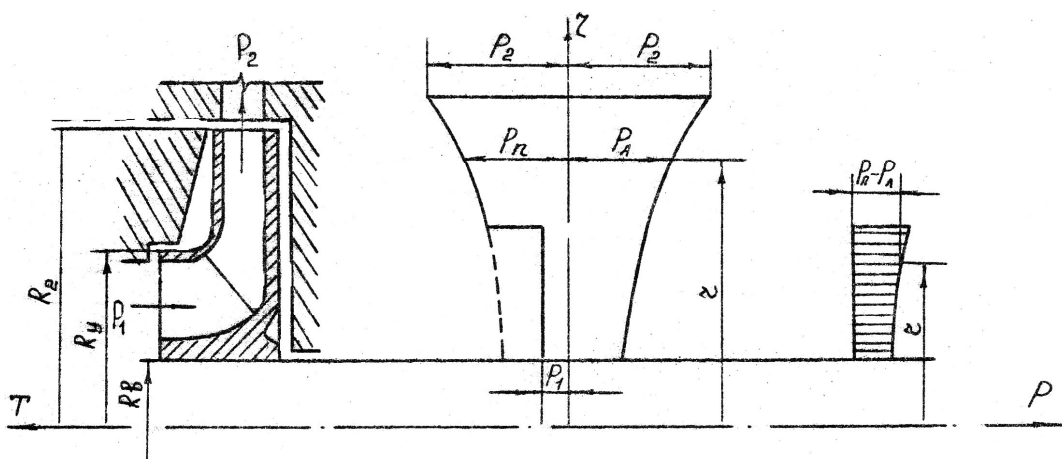


Рис. 9.4 – Епюра тисків на стінки робочого колеса

Осьове зусилля може бути врівноважено різними способами: застосуванням робочих коліс двостороннього усмоктування (рис. 9.5 а), симетричним парним (рис. 9.5 б) або груповим (рис. 9.5 в) розташуванням робочих коліс, розвантажувальними отворами (рис. 9.5г), розвантажувальним диском (рис. 9.5 д) й упорними підшипниками.

У робочих колесах двостороннього всмоктування й при симетричному розташуванні коліс повного врівноваження осьового зусилля не досягається (неточне виготовлення або неоднакове зношування ущільнень). Тому необхідно додатково ставити упорні підшипники, які запобігають осьовому зсуву валів.

Досить просте врівноваження досягається свердлінням кількох отворів (зазвичай від чотирьох до восьми) у задньому диску робочого колеса, а для запобігання при цьому значних витоків ставлять ущільнююче кільце. Цим досягається майже повне врівноваження. Недоліками цього способу є значні витрати рідини й зниження ККД.

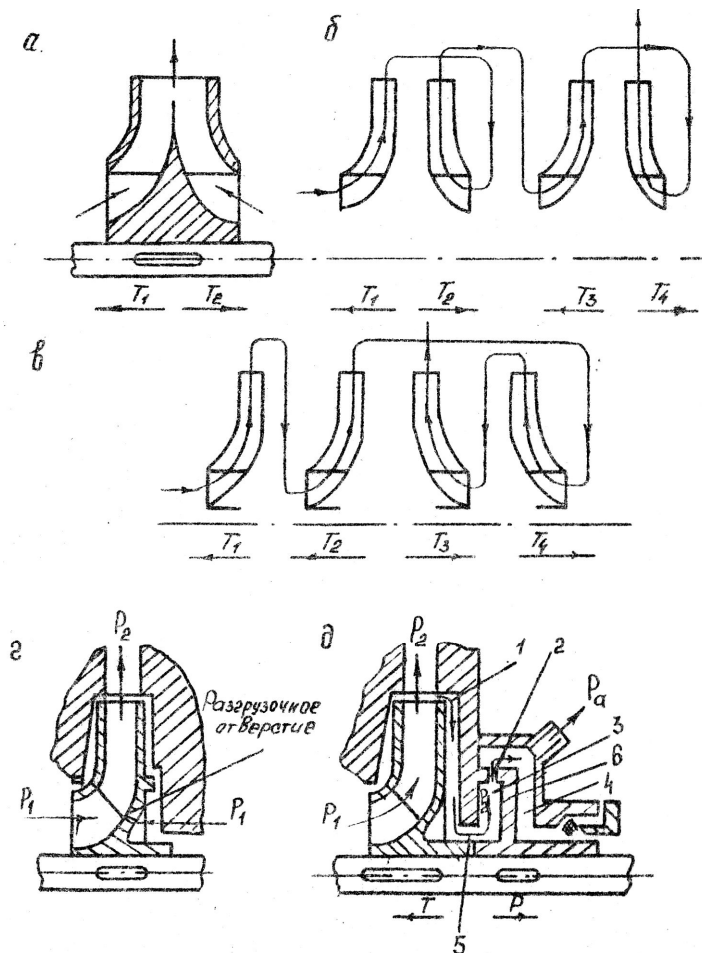


Рис. 9.5 – Способи врівноваження осьового зусилля

Повне врівноваження осьового зусилля досягається за допомогою розвантажувального диска (гідралічної п'яти). Розвантажувальний диск 6 насаджений на вал, до нього підводиться рідина під високим тиском (від останнього робочого колеса) через задню порожнину 1 робочого колеса, зазор 5 і передню порожнину камери 3. Через те, що тиск у порожнині 3

високий, а в порожнині 4 – низький, відбувається перетікання рідини через зазор 2 у порожнину 4. Цю рідину необхідно відводити назовні або в усмоктувальну трубу (у деяких конструкціях ця рідина подається до гідрозатвору), інакше тиск у порожнинах 3 і 4 швидко вирівнюється й пристрій перестане працювати. Рідина, потрапивши в порожнину 3, намагається зрушити розвантажувальний диск і тим самим компенсує осьове зусилля. При збільшенні осьового зусилля вал разом з диском рухається вбік усмоктування. При цьому зазор у кільцевому ущільненні між диском і корпусом (зазор 2) зменшується, тиск у камері 3 збільшується, а отже, збільшується сила, що діє на диск. Переміщення диску й збільшення сили буде відбуватися до того моменту, поки не наступить урівноваження двох сил. І навпаки, при значній величині тиску в порожнині 3 розвантажувальне зусилля буде більше осьового. Різниця зусиль приведе до переміщення диска в протилежному напрямку, до збільшення зазору 2, поки знову не встановиться рівновага.

У насосі ЦНС 300-120...600 для врівноваження осьового зусилля також застосовується гідравлічний розвантажувальний пристрій. З метою підвищення зносостійкості гідравлічна п'ята 4, яку виготовлено зі сталі Ст.5, постачена кільцем зі сталі 40x13. Крім того, кільця гідроп'яти, гідроп'ята й дистанційна втулка 5 загартовані до твердості HRC 30...35.

Насоси приводяться в дію електродвигуном через пружну втулочно-пальцеву муфту 20. Напрямок обертання – правий, по годинній стрілці з боку електродвигуна. Для безпеки обслуговуючого персоналу муфта захищена кожухом. Робота без кожуха забороняється.

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, презентації.
2. Макети поршневих компресорів та турбокомпресорів.

### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами, презентаційними матеріалами та макетами компресорів вивчити їх конструкцію та принцип роботи.
2. Для зазначених в роботі компресорів навести схеми виконання та відзначити принцип їх дії.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, область застосування, схеми і принцип дії поршневих компресорів та турбокомпресорів.

### ***Контрольні питання***

1. Зазначте призначення гідрозатвору?
2. Чому відбувається підвищене зношування знімних кілець на розвантажувальному диску?
3. Як здійснюється розвантаження осьового зусилля в насосах?
4. Визначте призначення чепцевого набивання?

5. Із чого виготовлене й чим просочене чепцеве набивання?
6. Назвіть причину виникнення осьового зусилля у відцентрових насосах?
7. Що досягається встановленням робочого колеса двостороннього усмоктування в насосах типу Д?
8. Перелічіть деталі, посаджені на вал насоса.
9. З чого складається статор насоса?
10. Як кріпляться робочі колеса на вал?



## Лабораторна робота №10

### ВИПРОБУВАННЯ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА

Цілі заняття:

1. Вивчення особливостей роботи насоса на мережу, практичне ознайомлення зі способами регулювання насоса.
2. Придбання практичних навичок визначення робочих параметрів насосів на базі експериментально знятих характеристик.

#### Основні теоретичні положення

Стенд забезпечує імітацію системи водопостачання, призначений для виконання лабораторних робіт з визначення характеристик відцентрового насоса й мережі. Експериментально показує переваги частотного регулювання привода насосного агрегату над методом дроселювання.

Зовнішній вигляд стенда показаний на рис. 10.1.

На рис. 10.2 показаний зовнішній вигляд шафи керування стендом.

Витратою (подачею)  $Q$  називається кількість рідини, що протікає через площу перетину потоку в одиницю часу. Витрата може вимірюватися:

- в одиницях об'єму  $\text{м}^3/\text{с}$  – об'ємна витрата;
- у вагових одиницях  $\text{кг}/\text{с}$  – масова витрата;
- у вагових одиницях  $\text{кг м}/\text{с}^3$  – вагова витрата.

Тиск насоса  $P$  – це різниця тисків на виході з насоса  $P_n$  і вході  $P_v$  у насос, вимірюється в  $\text{Па}$  або  $\text{ата}$ .

Потужність насоса  $N$  – потужність, спожита насосом, вимірюється в  $\text{Вт}$ .

ККД насоса  $\eta$  – відношення корисної потужності до потужності насоса. Де корисна потужність – потужність, яку насос передає рідині, що перекачується.

Напір насоса  $H$  (м) – величина обумовлена залежністю

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g}, \quad (10.1)$$

Залежності між основними параметрами насоса для різних режимів роботи прийнято представляти графічно у вигляді характеристик.

Характеристиками відцентрових насосів називають графічні залежності параметрів: напору  $H$ , потужності  $N$ , ККД  $\eta$  від подачі  $Q$  при постійній частоті обертання ротора  $n$  і незмінних значеннях щільності й в'язкості рідини:  $H(Q)$ ,  $N(Q)$ ,  $\eta(Q)$  (рис. 10.3).

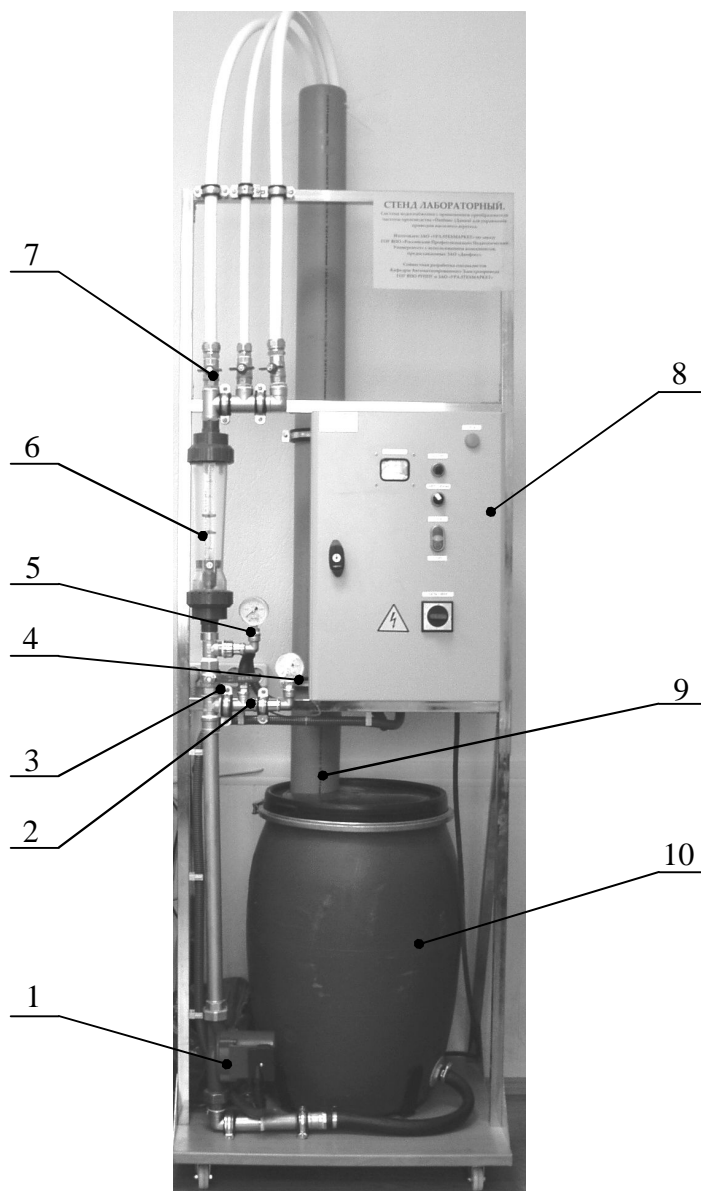


Рис. 10.1 – Зовнішній вигляд стенда

- 1 - відцентровий насос; 2 - датчик тиску; 3 - засувка для регулювання дроселюванням;  
 4 - манометр; 5 - манометр після засувки; 6 - ротаметр;  
 7 - засувки для імітації споживача; 8 - шафа із системою керування приводом насоса;  
 9 - зливна труба; 10 - ємність з водою

Робочі органи насоса розраховуються для певного значення подачі  $Q$ , напору  $H$  и частоти обертання  $n$ , причому розміру й форми проточної частини вибираються таким чином, щоб гідравлічні втрати при роботі у цьому режимі були мінімальними. Такі значення подачі, напору й частоти обертання називають оптимальним (номінальним) режимом. Для правильної експлуатації насоса необхідно знати, як вимінюються напір  $H$ , ККД, потужність  $N$  спожита насосом, при зміні його подачі, тобто знати робочу частину характеристики насоса, при якій розуміється залежність напору  $H$ , потужності  $N$ , і ККД від подачі  $Q$  насоса при постійній частоті обертання  $n$ .

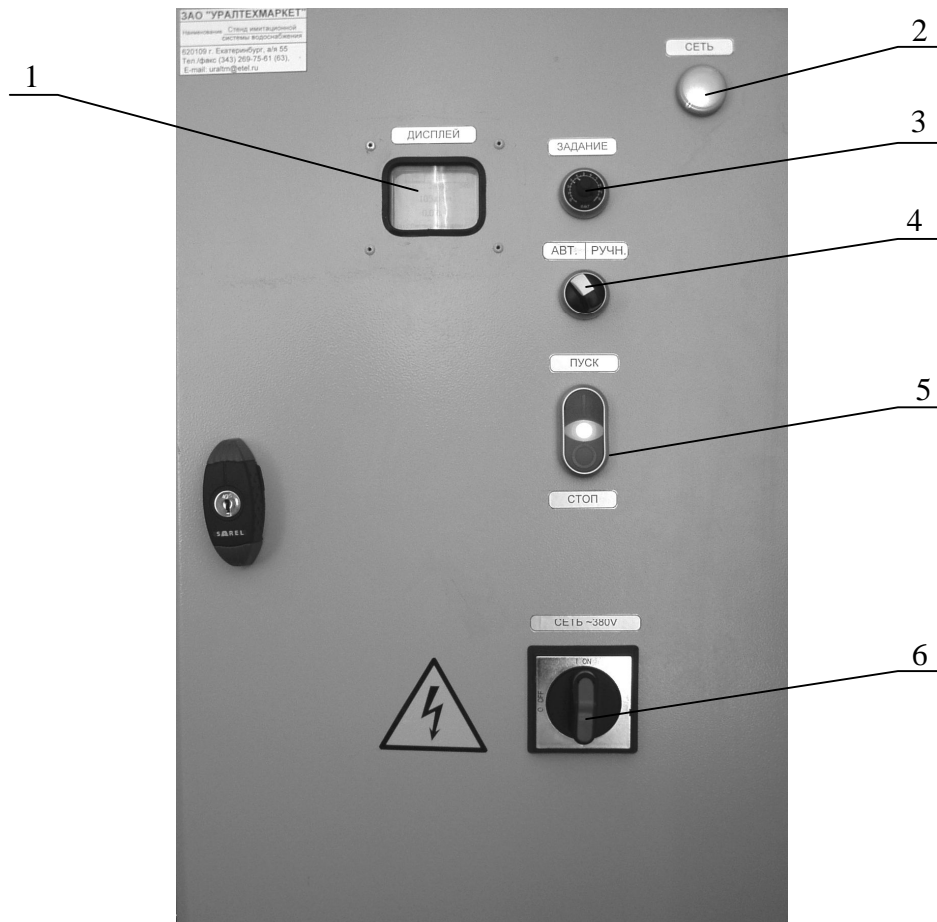


Рис. 10.2 – Зовнішній вигляд шафи керування стендом

1 - дисплей перетворювача частоти; 2 - індикатор "Мережа" – сигналізує про наявність напруги в шафі керування; 3 - потенціометр "Завдання" – задає тиск який буде підтримувати насос в автоматичному режимі; 4 - перемикач "Авт./Ручн." – встановлює режим регулювання подачі води в трубопровід; 5 - кнопки "Пуск", "Стоп" – здійснюють пуск та зупинку насоса; 6 - ручка рубильника "Мережа ~380В" – включає й відключає шафу керування стенда

Характеристики насоса одержують зазвичай експериментальним шляхом, здійснюючи вимірювання тиску й витрати рідини, а також потужності привода. Характеристики насоса встановленого в стенді наведені на рис 10.4.

Регулювання роботи насоса здійснюється з метою зміни його основних параметрів: подачі  $Q$  і напору  $H$ . Одночасно змінюється значення потужності  $N$  і коефіцієнт корисної дії (ККД)  $\eta$  насоса.

Регулювання досягається впливом на мережу, або на насос. Результатом цього впливу є зміна характеристик мережі й насоса.

У роботі досліджуються два види регулювання:

- дросельне регулювання;
- регулювання зміною частоти обертання насоса.

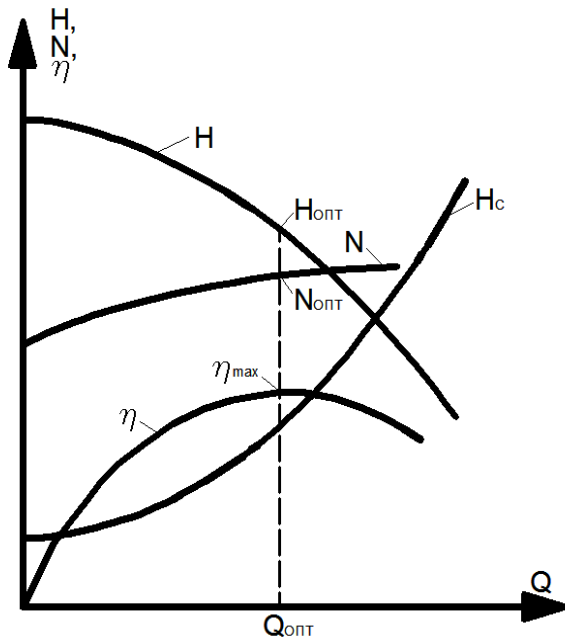


Рис. 10.3 – Характеристики насоса й мережі

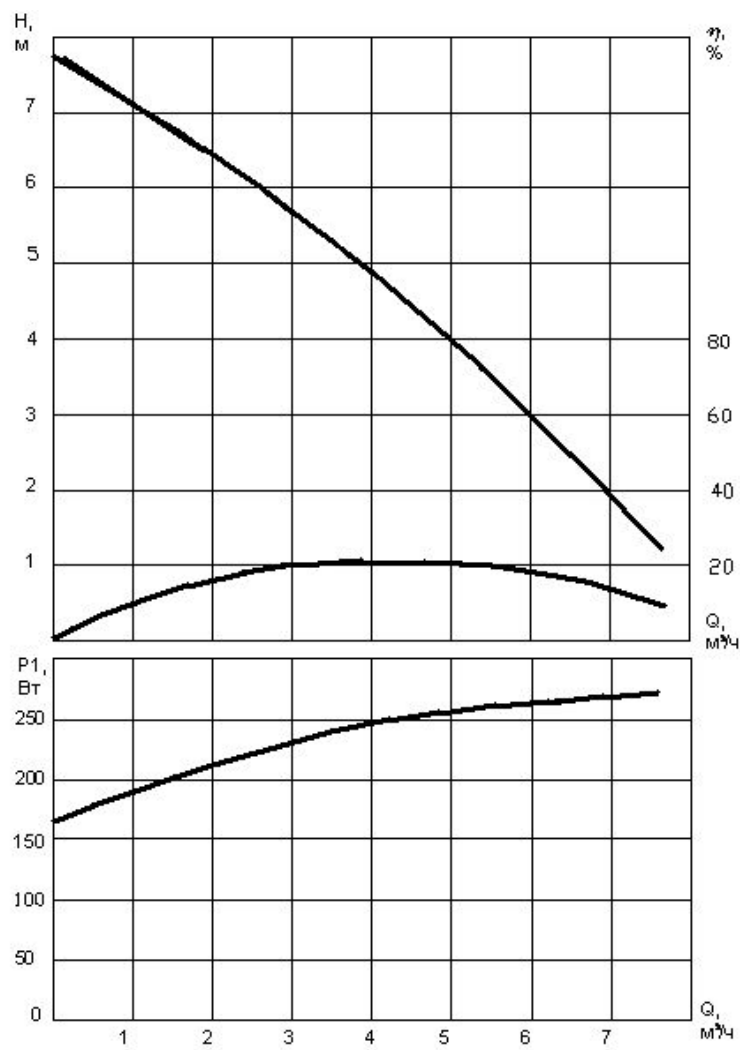


Рис. 10.4 – Характеристики насоса

Дроселювання (рис. 10.5) – найбільш простий і надійний спосіб регулювання насосів, який здійснюється запірним органом – дроселем (засувкою, вентилем й інш.), розташованим на напірній лінії (засувка 3, рис. 10.1).

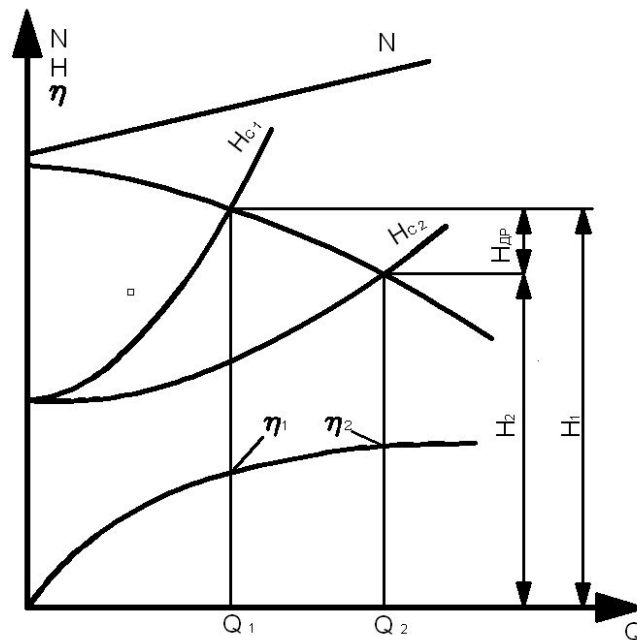


Рис. 10.5 - Дросельне регулювання

При закритті дроселя відбувається збільшення опору мережі ( $H_c$ ), у результаті характеристика насосної установки піде крутіше ( $H_{c1}$ ). При цьому режимі напір насоса  $H_1$  складається з напору  $H_2$ , що витрачається в установці при експлуатації з повністю відкритою засувкою, і втрати напору в засувці  $H_{др}$ . Кожному положенню дроселя відповідає своя характеристика мережі.

Таким чином, регулювання роботи насоса дроселюванням викликає додаткові втрати енергії, що знижують ККД установки. Тому цей спосіб регулювання неекономічний. Однак завдяки винятковій простоті, регулювання дроселюванням одержало найбільше поширення.

Регулювання зміною частоти обертання насоса здійснено при наявності приводних двигунів з регульованою частотою обертання.

При зміні частоти обертання робоча точка ( $H = H_c$ ), переміщуючись по характеристиці мережі, дає різні подачі, що відповідають різним характеристикам насоса або  $n = \text{const}$  (рис. 10.6). Даний метод не призводить до значних додаткових гідравлічних втрат, особливо при крутій характеристиці мережі, тому ККД установки при різних частотах приблизно рівні. Потужність холостого ходу в цьому випадку дорівнює нулю.

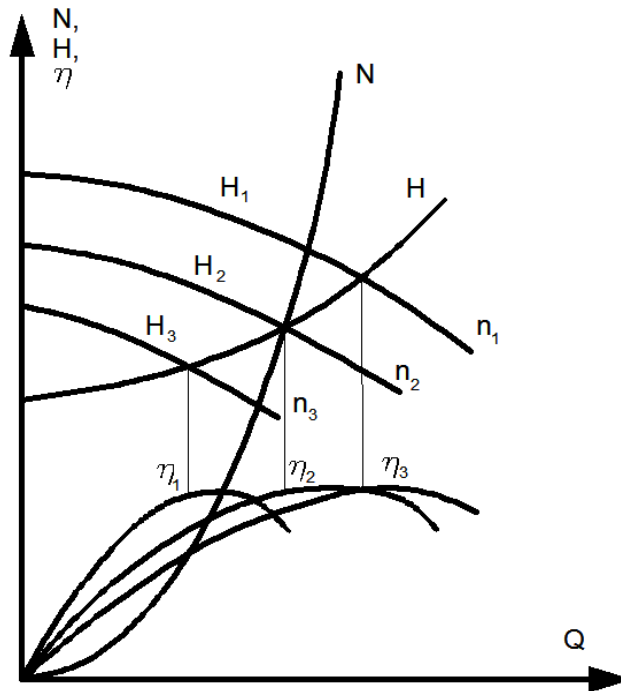


Рис. 10.6 – Регулювання зміною частоти обертання насоса

### ***Порядок проведення випробувань***

Стенд забезпечує роботу у двох режимах:

- ручному;
- автоматичному.

1) Робота стенда в ручному режимі.

У ручному режимі насос працює на номінальній напрузі двигуна насоса (400В) і номінальній частоті обертання двигуна насоса (1500 об/хв).

2) Робота стенда в автоматичному режимі

В автоматичному режимі насос підтримує тиск у трубопроводі, встановлений за допомогою ручки установки тиску 2 (рис. 10.2), не залежно від витрат води, методом автоматичної зміни числа обертів насоса.

У ручному режимі роботи проводяться випробування: дросельне регулювання, і зняття характеристик насоса, а в автоматичному режимі – регулювання зміною частоти обертання насоса.

Включення й відключення стенда здійснюється розташованою на лицьовій панелі шафи керування стенда рукояткою 6 (рис. 10.2).

Порядок роботи на стенді:

- 1) Включити стенд рукояткою рубильника 6.
- 2) Вибрати необхідний режим роботи стенда (автоматичний або ручний) ручкою вибору режиму 4.

3) Вибрати ручний режим:

3.1) Включити стенд кнопкою 5. У цьому режимі насос працює на номінальній частоті з номінальною потужністю. При цьому насос не реагує

на зміну значень завдання тиску (ручка 3), а регулювання тиску в мережі здійснюється засувкою 2 (рис. 10.1).

3.2) Для побудови характеристик насоса  $H(Q)$ ,  $N(Q)$ ,  $\eta(Q)$  при постійному числі обертів  $n$  змінювати тиск у мережі засувкою 3 (рис. 10.1). При цьому записувати показання приладів для одержання характеристик насоса після кожної зміни положення засувки 2. Число вимірів повинно бути не менше 10. Значення записувати в таблицю 10.1. Записувати наступні параметри:

- тиск до засувки по манометру 4;
- значення витрати по ротаметру 6;
- оберти двигуна на дисплеї 1 перетворювача частоти (рис. 10.2);
- значення електричної потужності на дисплеї 1 перетворювача частоти;

3.3) значення напруги двигуна на дисплеї 1 перетворювача частоти.

4) Вибрати автоматичний режим роботи:

4.1) Ручку установки тиску 2 повернути в середнє положення;

4.2) Включити стенд кнопкою 5;

4.3) В автоматичному режимі насос підтримує тиск у трубопроводі незалежно від витрати води, методом автоматичної зміни числа обертів насоса.

4.4) Є одна умова підтримки тиску. Тому що використовуваний у складі стенда насос малопотужний, то він не може розвинути максимальний тиск (10 атм) при максимальній витраті (всі засувки 7 і 3 відкриті). Тому необхідно вибрати (або він буде заданий викладачем) максимальна витрата, шляхом закриття частини засувок 7 (можна відкрити всі засувки, але тоді тиск у мережі буде низьким й проводити дослідження буде складно).

Ручкою завдання 2 повільно змінювати тиск у мережі від нуля, при цьому фіксуючи зміну тиску по манометру 4 (рис. 10.1). Як тільки тиск припинить змінюватися це й буде максимальний тиск у мережі для обраної витрати.

4.5) Для побудови характеристик мережі  $H(Q)$  змінювати подачу насоса (тиску в мережі) зміною значення тиску ручкою 2 (рис. 10.2). При цьому контролювати:

- тиск ( $P$ ) по манометру 4;
- значення витрати ( $Q$ ) по ротаметру 6;
- оберти двигуна ( $n$ ) на дисплеї 1 перетворювача частоти (рис. 10.2);
- значення електричної потужності ( $N$ ) на дисплеї 1 перетворювача частоти;
- значення напруги двигуна ( $U$ ) на дисплеї 1 перетворювача частоти.

4.6) Показання приладів при знятті характеристики мережі записувати після кожної зміни положення ручки 2. Для одержання надійних форм характеристики число вимірів повинно бути не менше 10.

Значення записувати до таблиці 10.2.

4.7) Після проведення не менше 10 вимірів виключити насос кнопкою 5.

5) Перевірка системи автоматичної підтримки тиску

5.1) Проробити пункти 4.1 - 4.4;

5.2) Установити необхідний тиск у мережі (не більше максимального для даної витрати) ручкою завдання тиску 2;

5.3) Змінюючи витрату, закриттям засувки 7, переконатися, що тиск у мережі підтримується на заданому значенні (контроль вести по манометру 4). При цьому можна бачити, як зменшується спожита насосом потужність (контроль вести на дисплеї 1 перетворювача частоти) при зменшенні витрати, за рахунок зменшення числа обертів;

5.4) Не можна відкривати засувку 7, збільшуючи витрату, тому що в пункті 5.1 був визначений максимальний тиск для обраного положення засувки 7 і при її відкритті потужності насоса не вистачить, щоб підтримувати заданий тиск;

5.5) Після проведення експерименту виключити насос кнопкою 5.

Таблиця 10.1 –

Показання приладів при знятті характеристики насоса

Номер досліду	Тиск, Па	Витрата м <sup>3</sup> /год	Число обертів, об/хв	Електрична потужність, кВт	Напруга, В
1					
...					
10					

Таблиця 10.2 –

Показання приладів при знятті характеристики мережі

Номер досліду	Тиск, Па	Витрата м <sup>3</sup> /год	Число обертів, об/хв	Електрична потужність, кВт	Напруга, В
1					
...					
10					

### **Обробка результатів**

Обробка результатів зняття характеристик насоса здійснюється за наступними формулами.

Напір  $H$ , м

$$H = (P - P_{ex}) \cdot 10, \quad (10.2)$$

Корисна потужність насоса  $N_{п}$ , Вт

$$N_{п} = (P/3600) \cdot Q \cdot 10^5, \quad (10.3)$$



ККД насоса,  $\eta$

$$\eta = \left( \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{пр}}} \right) \cdot 100, \quad (10.4)$$

Результати розрахунків заносяться до таблиці 10.3, а характеристик мережі до таблиці 10.4.

За даними таблиць побудувати в масштабі графіки залежностей  $H(Q)$ ,  $N_{\text{п}}(Q)$ ,  $\eta(Q)$ ,  $N_{\text{с}}(Q)$ .

Таблиця 10.3 –  
Обробка результатів зняття характеристик насоса

Номер досліджу	Тиск $P$ , Па	Витрата води $Q$ , м <sup>3</sup> /год	Потужність привода $N_{\text{пр}}$ , Вт	Число обертів двигуна $n$ , об/хв	Тиск на вході в насос $P_{\text{вх}}$ , Па	Напір $H$ , м	Корисна потужність насоса $N_{\text{п}}$ , Вт	ККД насоса, $\eta$
1								
...								
10								

Таблиця 10.4 –  
Обробка результатів зняття характеристик мережі

Номер досліджу	Тиск $P$ , Па	Витрата води $Q$ , м <sup>3</sup> /год	Потужність привода $N_{\text{пр}}$ , Вт	Число обертів двигуна $n$ , про/хв	Тиск на вході в насос $P_{\text{вх}}$ , Па	Напір $H$ , м	Корисна потужність насоса $N_{\text{п}}$ , Вт	ККД насоса, $\eta$
1								
...								
10								

### Контрольні питання

1. В яких одиницях вимірюється витрата рідини?
2. Як визначити ККД насоса?
3. Назвіть основні складові стенду для дослідження роботи насоса.
4. Назвіть основні характеристики насоса.
5. Визначте недоліки дросельного регулювання.
6. Чим відрізняється дросельне регулювання від регулювання зміною частоти обертання насоса?

## Лабораторна робота №11

### ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ КОНСТРУКЦІЙ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК

Цілі заняття:

1. Вивчення принципу дії та існуючих конструкцій компресорів, що використовуються в гірничій промисловості.
2. Вивчення основних складових частин компресорів.

#### *Основні теоретичні положення*

В теперішній час основними типами повітряних компресорів, що використовуються на гірничих підприємствах, є поршневі та турбокомпресорні агрегати. Парк компресорів, що існує, різноманітний, причому в ньому ще досить широко представлені застарілі та ті, що зняті з виробництва, агрегати 2ВГ, 55В (поршневі), ОК-500-91 (турбокомпресорні) й інші.

Розглянемо конструкції найбільш сучасних компресорів різного типу, якими в останні роки обладнуються компресорні станції шахт.

В якості прикладу сучасного поршневого компресора розглянемо конструкцію агрегату 4ВМ10-100/8, представлену на рис. 11.1. Компресор є чотирирядним крейцкопфним двоступінчатим агрегатом, який виконано за опозитною схемою з консольним розташуванням електродвигуна 4. Два циліндри низького тиску (ЦНТ) 5 розташовані справа від приводного вала, два циліндри високого тиску (ЦВТ) 2 – зліва. Компресор має кожухотрубний пароповітряний охолоджувач (ППО) 3, розташований над циліндрами між ступенями. Крім того, є урівнюючі ємності на всмоктуванні 6 та нагнітанні 1, які слугують для демпфування коливань тиску повітря внаслідок пульсуючого характеру потоку газу.

Номинальна подача компресора при умовах всмоктування  $1,66 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $100 \text{ м}^3/\text{хв}$ ), кінцевий тиск повітря (надлишковий)  $0,8 \text{ МПа}$ . Кутова швидкість вала  $52,3 \text{ рад/с}$  ( $500 \text{ об/хв}$ ). В якості привода використовується синхронний високовольтний електродвигун СДК2-17-12КУХЛ4 потужністю  $630 \text{ кВт}$ .

Компресор постачено системою автоматичного регулювання подачі за рахунок перепускання повітря з нагнітання у лінію всмоктування. Наявність в кожній ступені чотирьох робочих полостей (два циліндри подвійної дії) дозволяє забезпечити п'ять ступенів регулювання (100, 75, 50, 25 и 0% номінальної подачі).

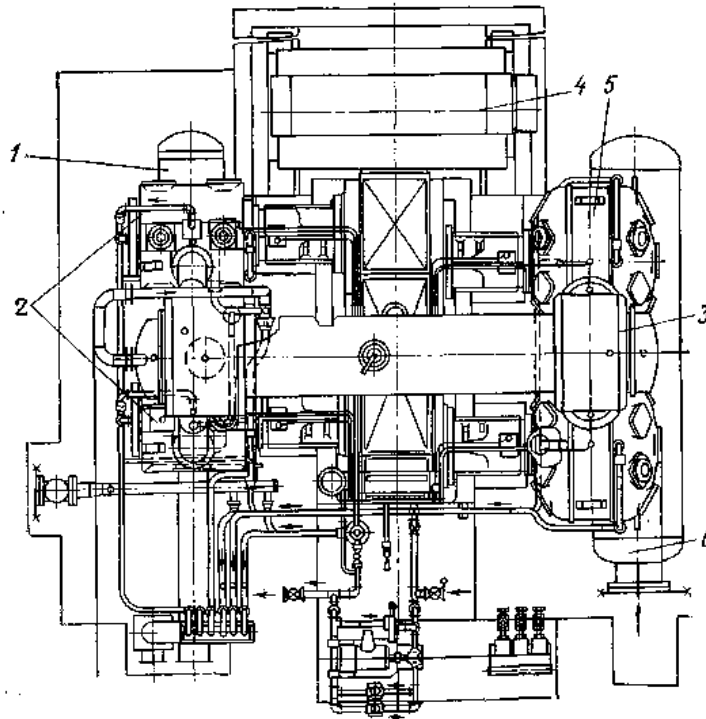
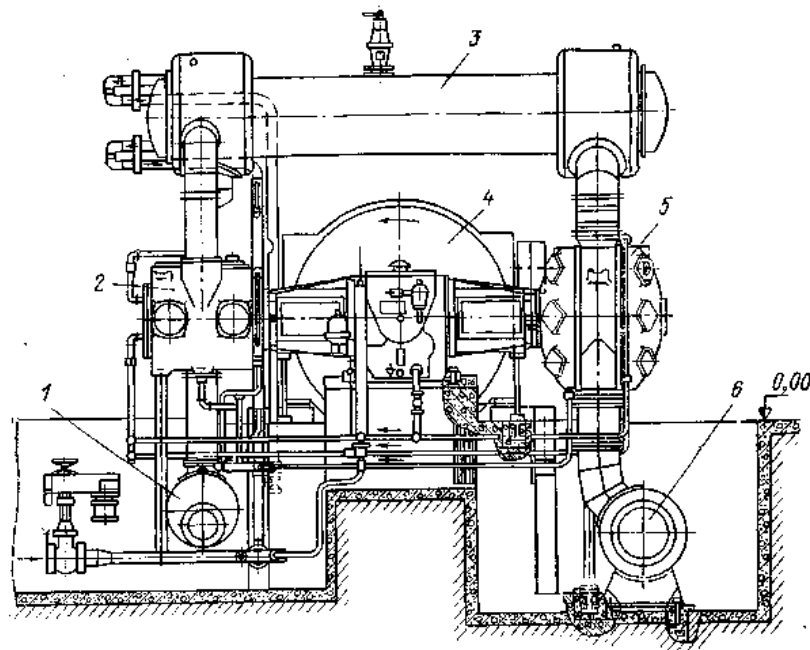


Рис. 11.1 – Конструкція поршневого компресора 4VM10-100/8  
(позначення в тексті)

На рис. 11.2 представлено осьовий розріз турбокомпресора К-250-61-5, який використовується для виробництва стисненого повітря. Як видно з рисунка – це шестиступінчатий компресор, що має три секції ступенів, які не охолоджуються, 1 (по дві ступені 2 в кожній секції). Компресор, мультиплікатор та електродвигун з'єднуються зубчастими муфтами й встановлені на загальному фундаменті. Між секціями ступенів, що не охолоджуються, розташовані ППО, які монтуються в підвальному приміщенні під компресором.

Перший ППО 8 має два уніфікованих трубних пучка мідних трубок с накатаними ребрами. Другий ППО 7 менший за перший та має один уніфікований трубний пучок. В першому ППО можливе різне збирання, яке забезпечує паралельний або послідовний рух стисненого повітря через трубні пучки. В першому випадку зменшується опір ППО потоку повітря, але повітря охолоджується гірше, ніж при другому збиранні.

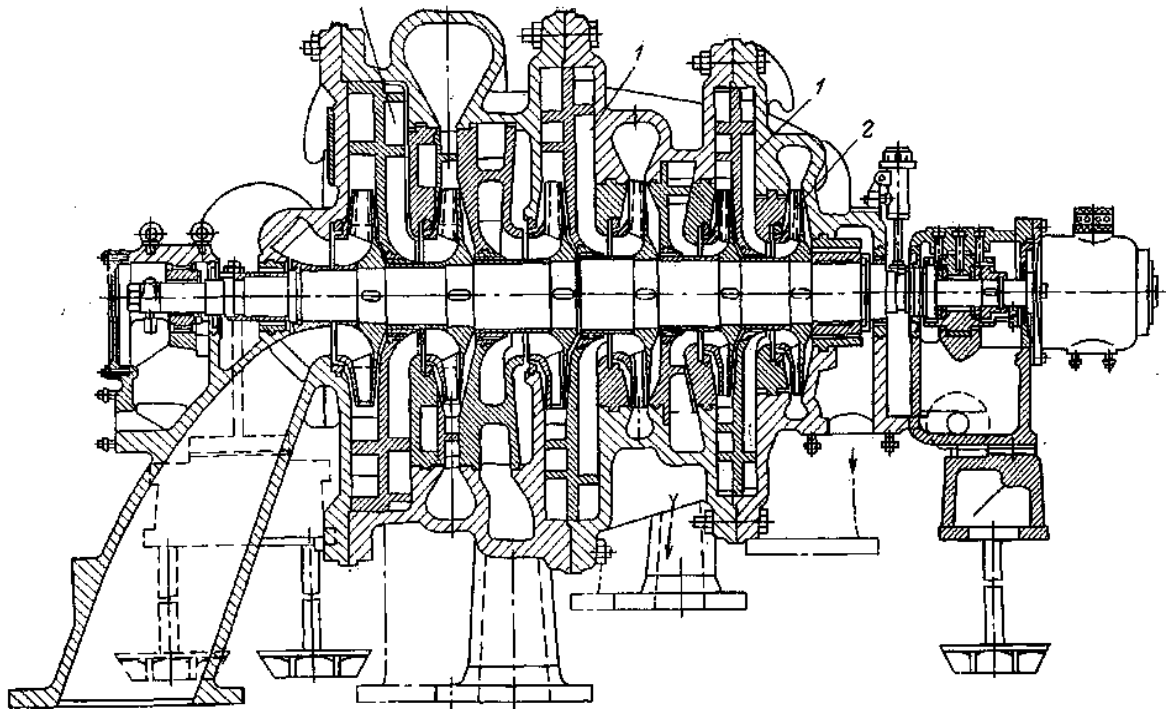


Рис. 11.2 – Осьовий розріз турбокомпресора К-250-61-5  
(позначення в тексті)

Частота обертання ротора турбокомпресора  $1144,5 \text{ рад/с}$  ( $10935 \text{ об/хв}$ ), причому компресор має гнучкий вал, критична резонансна частота якого дорівнює  $398,8 \text{ рад/с}$  (перший тон) й  $1438,1 \text{ рад/с}$  (другий тон). Приводом компресора слугує синхронний електродвигун СТД-1600-2 потужністю  $1600 \text{ кВт}$ . Між валом двигуна та компресора знаходиться зубчаста передача, що підвищує число обертів, – мультиплікатор.

Регулювання подачі агрегату здійснюється дроселюванням повітря, що всмоктується. Турбокомпресор постачено автоматичним гідравлічним регулятором подачі, за допомогою якого підтримується постійність тиску стисненого повітря в нагнітальному трубопроводі. Крім того, компресор обладнано спеціальним протипомпажним пристроєм, який впливає на випускний (протипомпажний) клапан. При досягненні небезпечної з точки зору виникнення помпажу кінцевого тиску стисненого повітря, протипомпажний пристрій відкриває клапан й частина стисненого повітря скидається в атмосферу.

Осьове зусилля, що діє на робочі колеса та передається валу, компенсується зусиллям, що діє на розвантажувальний поршень (думмис)

й частково сприймається опорно-упорним підшипником.

На рис. 11.3 а – 11.3 в показано три характерних розрізи гвинтового компресора ЗИФ-ШВ-5, який використовується в пересувній компресорній станції, що застосовується на гірничих підприємствах. Шахтний компресор марки ЗИФ-ШВ-5 призначений для постачання стисненим повітрям пневматичних інструментів й приводів механізмів в підземних виробках шахт, небезпечних по газу й пилу. В конструкції компресора закладені вузли й деталі, які серійно випускаються, що дозволяє спростити регламентне обслуговування, підвищити ремонтпригодність компресорної станції. Подача компресора  $5 \text{ м}^3/\text{хв}$  при кінцевому надлишковому тиску стисненого повітря до 0,8 МПа. Компресор двороторний, ротор, що веде, 5 має чотири зуба, ротор, який ведуть, 6 – шість зубів. На вершині зубів обох гвинтів є спеціальні ущільнення для зниження перетоків повітря між полостями.

Передача обертання від ротора, що веде, до ротора, який ведуть, здійснюється за допомогою спеціальних шестерень зв'язку 2. Оскільки зазор між цими шестернями менший, ніж зазор між роторами, останні не дотикаються між собою при роботі компресора. Для ущільнення зазорів між роторами й охолодження стисненого повітря в робочі полості впорскується масло. Із стисненого повітря масло видаляється в повітрязбірнику, який розташований на одній теліжці з гвинтовим компресором. Регулювання подачі компресора здійснюється автоматично за рахунок дроселювання повітря, що всмоктується, клапаном 1. Компресор постачено повітряним фільтром 3, який встановлено на корпусі дросельного клапана. Охолодження масла, яке поступає з робочої полості, здійснюється в спеціальному апараті, який обдувається повітрям, що подається вентилятором 4.

Слід зауважити, що використання маслonaповненого гвинтового компресора для роботи в шахтних умовах неможна визнати правильним. В таких компресорах масло у великих кількостях потрапляє у нагнітальний трубопровід, де за відсутності кінцевого повітряохолоджувача, можуть створюватися умови, сприятливі для самозапалення та вибуху маслоповітряної суміші. В теперішній час на деяких підприємствах гірничої промисловості використовуються й більш потужні (з подачею до  $500 \text{ м}^3/\text{хв}$ ) гвинтові компресори.

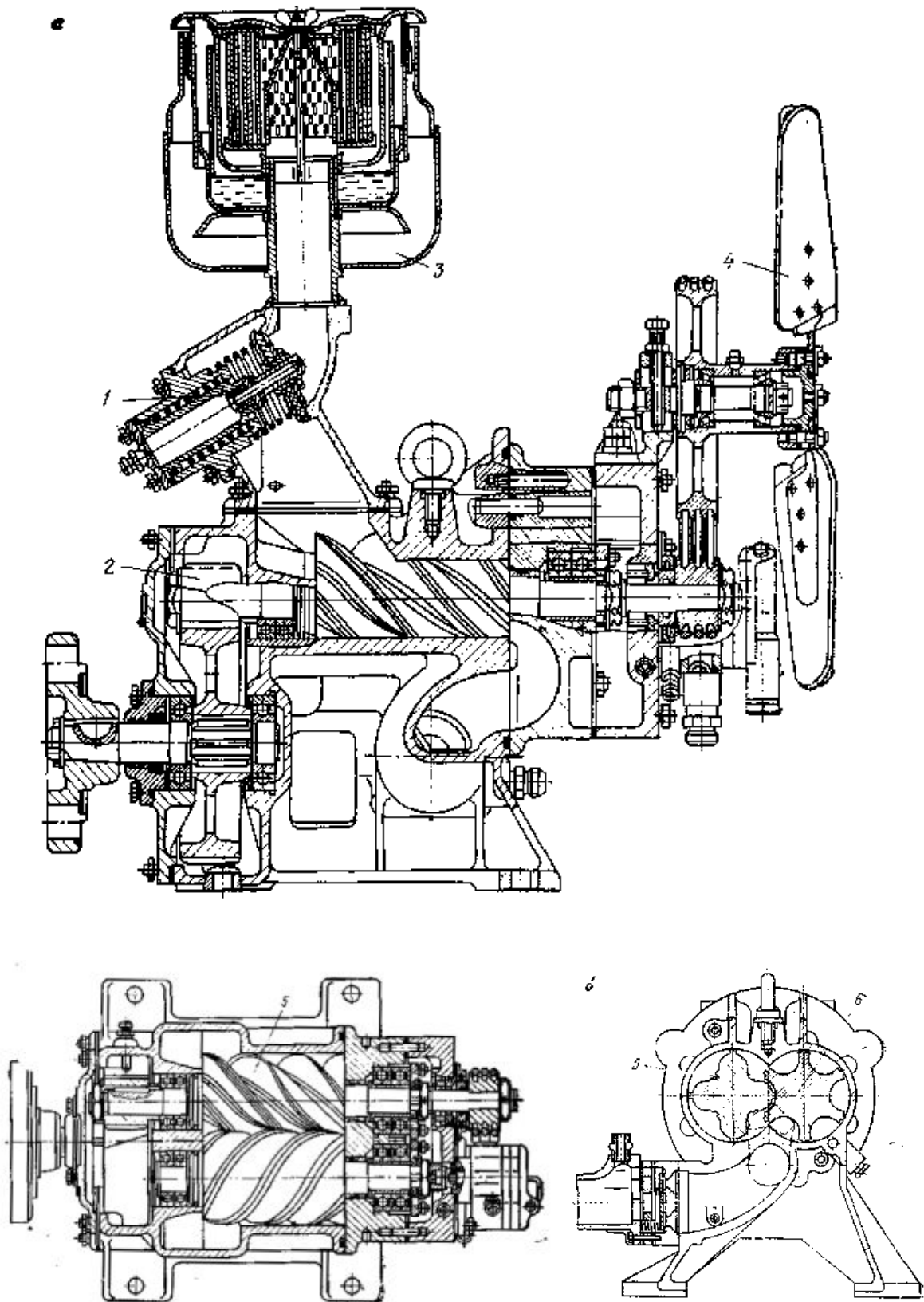


Рис. 11.3 – Характерні розрізи гвинтового компресора ЗІФ-ШВ-5 (позначення в тексті)

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, презентації.
2. Макети поршневих компресорів та турбокомпресорів.

### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами, презентаційними матеріалами та макетами компресорів вивчити їх конструкцію та принцип роботи.
2. Для зазначених в роботі компресорів навести схеми виконання та відзначити принцип їх дії.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, область застосування, схеми і принцип дії поршневих компресорів та турбокомпресорів.

### ***Контрольні питання***

1. Визначте призначення пароповітряного охолоджувача поршневого компресора.
2. За допомогою чого здійснюється автоматичне регулювання подачі поршневого компресора?
3. За рахунок якого технічного рішення в турбокомпресорах досягається значний приріст енергії повітря?
4. Визначте призначення мультиплікатора, встановленого між валом приводного двигуна та валом турбокомпресора?
5. Зазначте переваги конструкції гвинтового компресора ЗИФ-ШВ-5 з боку його ремонтпридатності.
6. Чому використання маслонаповненого гвинтового компресора у шахтних умовах не можна визнати правильним?

## Лабораторна робота №12

### СХЕМИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК

Цілі заняття:

1. Вивчення схем шахтних холодильних установок.
2. Вивчення складових елементів парокompресорних холодильних машин.

#### *Основні теоретичні положення*

Схеми шахтних холодильних установок досить різноманітні і відрізняються розташуванням станції холодильних машин, способом відводу теплоти конденсації, наявністю того чи іншого устаткування і т.п. (рис. 12.1 – 12.4).

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 припливу й інш.

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, стационарні повітроохолоджувачі і такі, що періодично пересуваються.

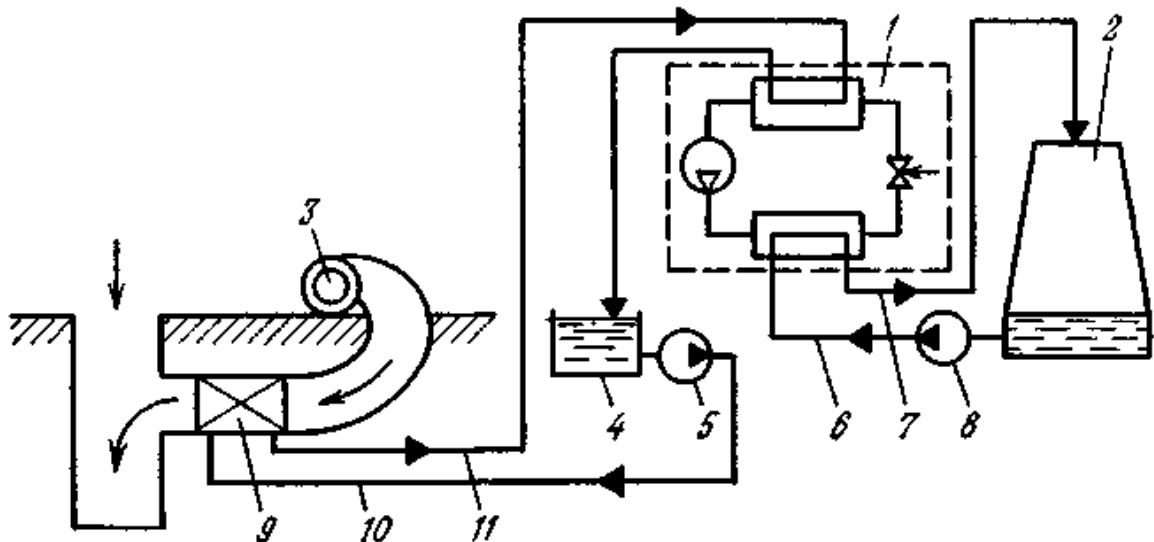


Рис. 12.1 – Технологічна схема шахтної холодильної установки, що застосовується на етапі будівництва шахти

- 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



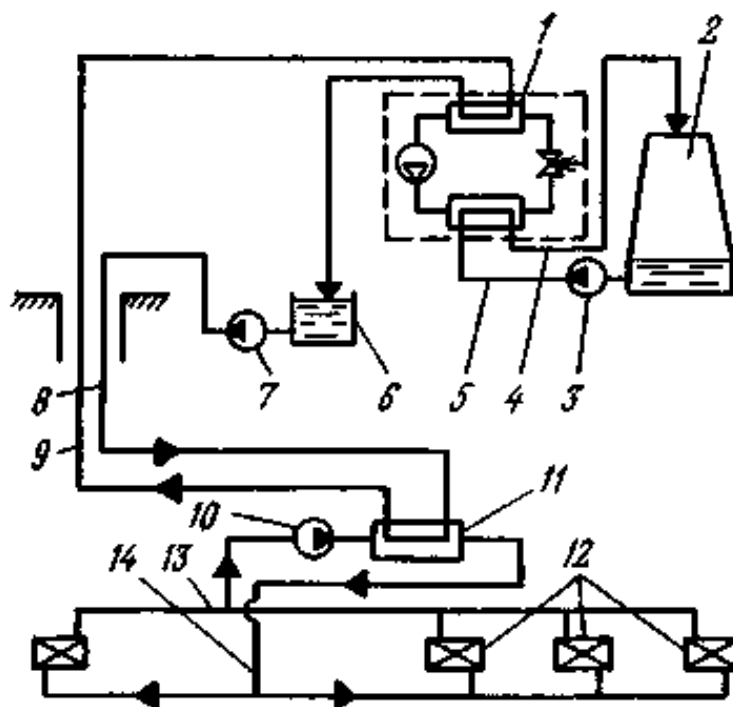


Рис. 12.2 – Технологічна схема шахтної холодильної установки з розміщенням станції холодильних машин на поверхні  
 1 - парокompресорний холодильний агрегат; 2 - градирня; 3, 7, 10 - насоси;  
 4,5- трубопроводи відводу теплоти конденсації; 6 - резервуар первинного холодоносія;  
 8,9 - трубопроводи первинного холодоносія; 11 - теплообмінник високого тиску;  
 12 - повітряохолоджувачі; 13,14 - трубопроводи вторинного холодоносія

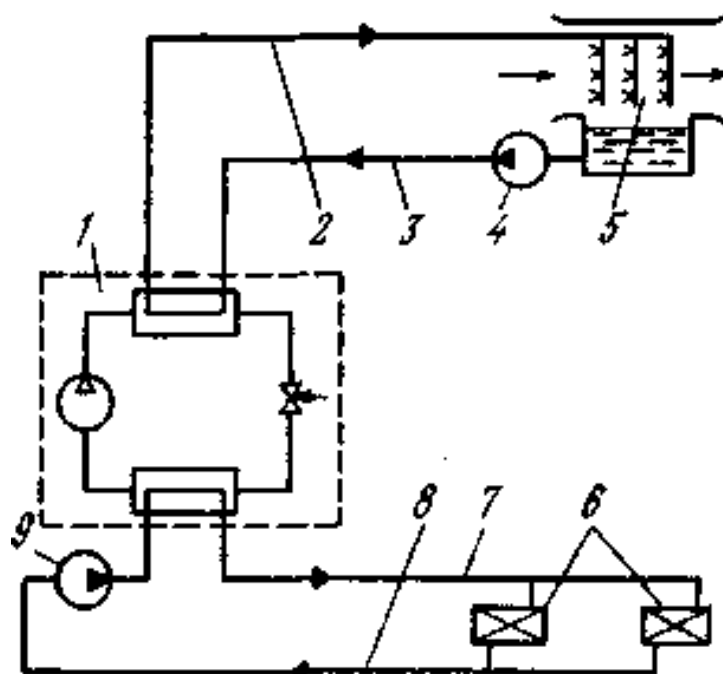


Рис. 12.3 – Технологічна схема шахтної холодильної установки з розміщенням станції холодильних машин під землею і відводом теплоти конденсації в підземній градирні  
 1 - парокompресорний холодильний агрегат; 2,3 - трубопроводи відводу теплоти конденсації; 4, 9 - насоси; 5 - підземна градирня; 6 - повітряохолоджувачі;  
 7, 8 - трубопроводи холодоносія

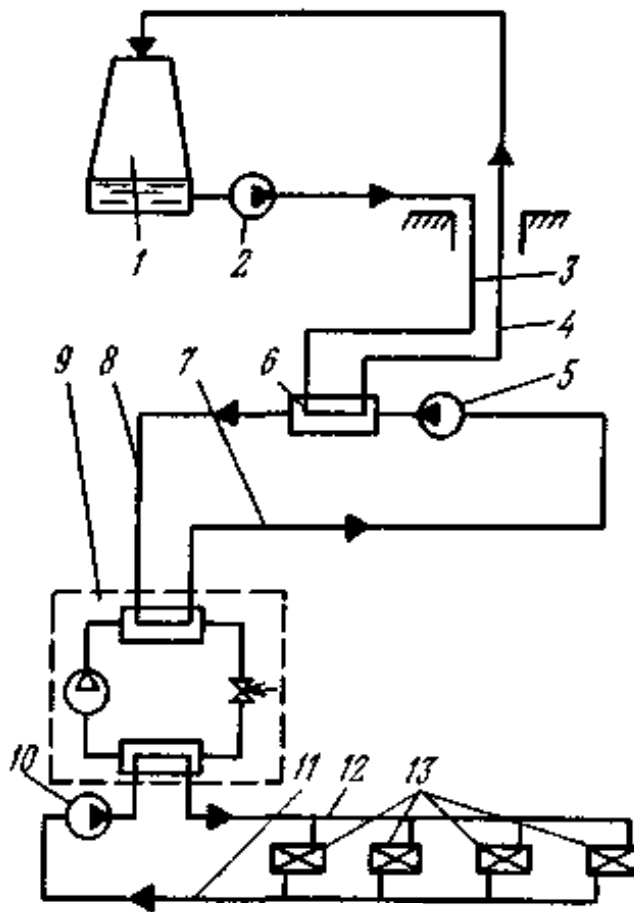


Рис. 12.4 – Технологічна схема шахтної холодильної установки з розміщенням станції холодильних машин під землею і відводом теплоти конденсації на поверхню  
 1 - градирня; 2, 5, 10 - насоси; 3, 4 - трубопроводи відводу теплоти конденсації;  
 6 - теплообмінник високого тиску; 7, 8 - трубопроводи проміжного тепловідведення;  
 9 - парокompресорний холодильний агрегат; 11, 12 - трубопроводи вторинного холодоносія; 13 - повітроохолоджувачі

Шахтні установки кондиціонування повітря комплектують холодильними машинами загального призначення, якщо вони встановлені на поверхні, наприклад, ХТМФ-248-4000, ХТМФ-235М-2000. У підземних умовах зазвичай використовують холодильні машини в рудниковому виконанні: ШХТМ-1300, 2ТХМВ-2000-2, МФ220-1РШ.

Парові компресорні холодильні агрегати ХТМФ-248-4000, ХТМФ-235М-2000 призначені для охолодження води або водяного розчину хлористого кальцію. Марка машин означає: Х – холодильна; Т – турбокомпресорна; М – машина; Ф – фреонова; 2 – число ступенів компресора; 48 і 35 – діаметр робочих коліс турбокомпресора в см; буква "М" після діаметру 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 ( $-2...-18^{\circ}\text{C}$  або  $+5...-5^{\circ}\text{C}$ ), а також напругою живлення резервного маслонуасосу.

До складу холодильної машини ХТМФ-248-4000 (рис. 12.5) входять турбокомпресор (ТКФ), мультиплікатор (МП), приводний електродвигун (М), два конденсатори (К), випарник (И), поплавковий бак (БП), система змащення турбокомпресора, система змащення мультиплікатора, щит керування і контролю. Приводом слугує синхронний електродвигун СТД-1600-23У4 з частотою обертання 50 рад/с (3000 об/хв), потужністю 1600 кВт і водяним охолодженням.

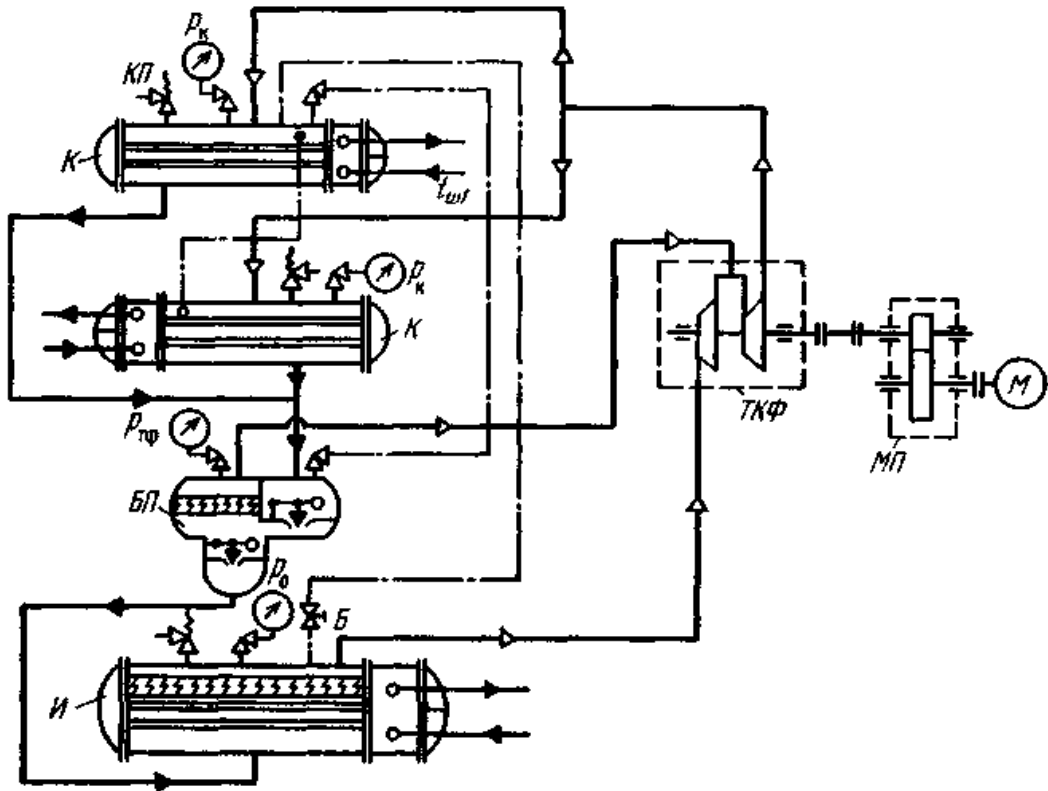


Рис. 12.5 – Холодильна машина ХТМФ-248-4000

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 в якості привода асинхронного електродвигуна у виконанні РП чи РВ.

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; В – 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. Відрізняються також система змащення й ущільнення.

Холодильна машина на МФ220-1РШ (рис. 12.6) 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, 1 – високотемпературний (діапазон робочих температур від +15 до -15 °С); Р – автоматичне регулювання продуктивності; Ш – шахтне виконання.

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

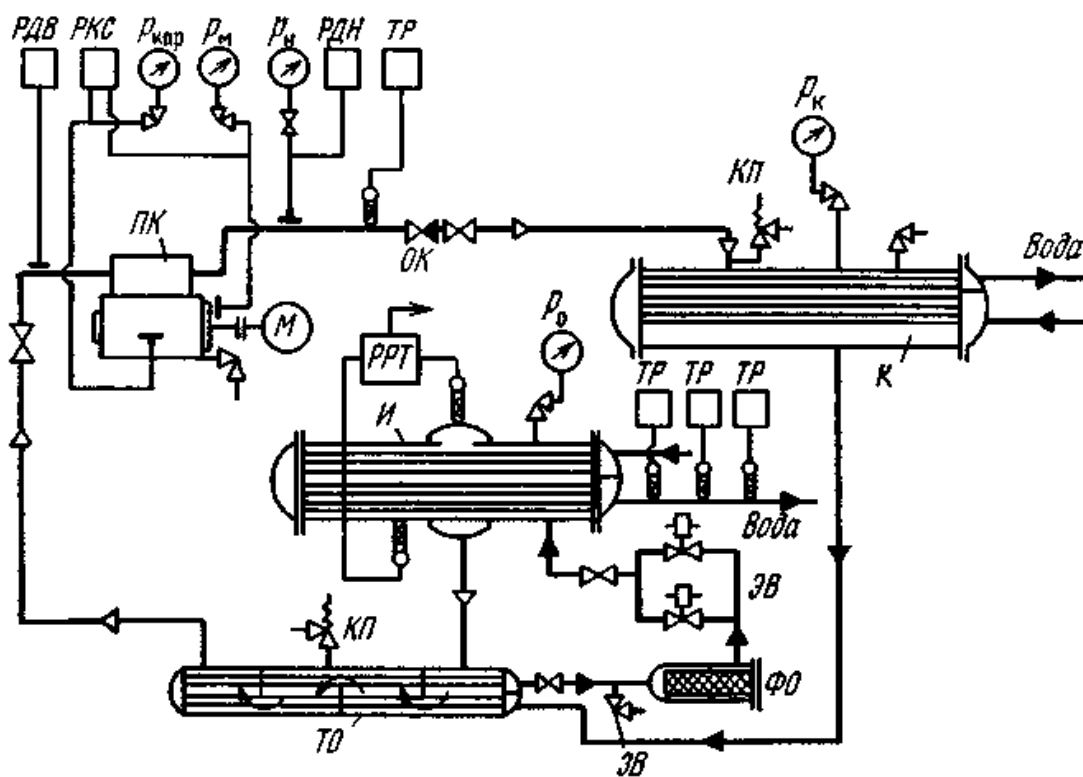


Рис. 12.6 – Холодильна машина МФ-220-1РШ

На щиті приладів встановлені контрольно-вимірювальні прилади: мановакууметри, які показують тиски нагнітання, конденсації і кипіння; диференційний манометр, що показує одночасно три величини – тиск у картері, у маслосистемі і їх різницю; тиск, що створюється маслонасосом.

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.

**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. Приклад кожухотрубного конденсатора типу КТР представлено на рис. 12.7.

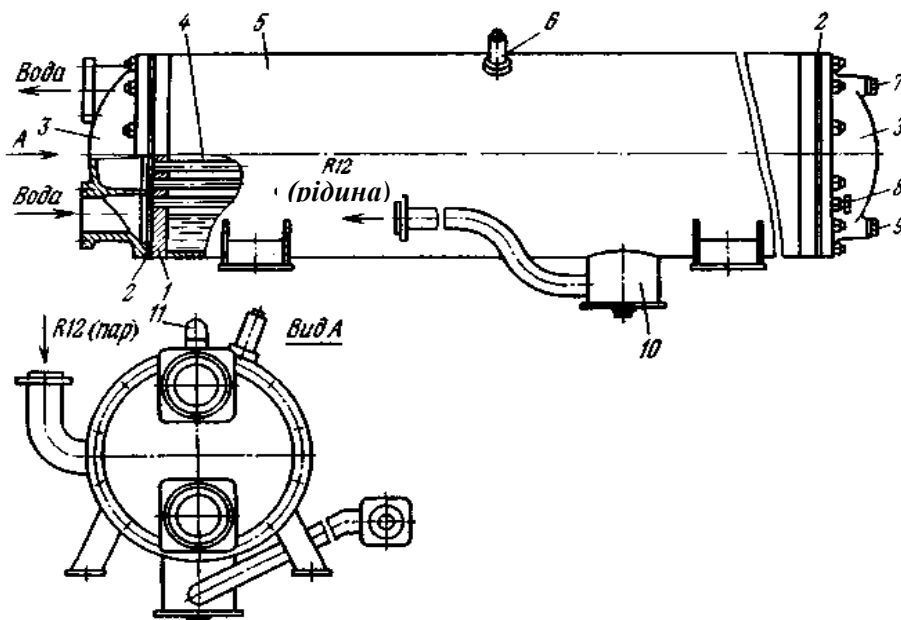


Рис. 12.7 – Кожухотрубний конденсатор типу КТР

- 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

Марка конденсатора типу КТР (наприклад, КТР-50) розшифровується в такий спосіб: К – конденсатор, Т – трубчастий, Р – ребристий; цифри після букв показують величину зовнішньої теплообмінної поверхні в  $m^2$ .

За характером 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. Фреонові холодильні машини комплектують кожухотрубними випарниками типу 1ТР. Конструктивно ці випарники аналогічні кожухотрубним конденсаторам типу КТР.

У кожухотрубних випарниках незатопленого типу холодильний агент кипить усередині труб, а холодоносій рухається у міжтрубному просторі.

Випарники для охолодження повітря бувають двох видів – із природною циркуляцією повітря і з примусовою, створеною за допомогою вентилятора.

За конструктивними ознаками випарники поділяють на ребристотрубні, гладкотрубні, листотрубні 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.

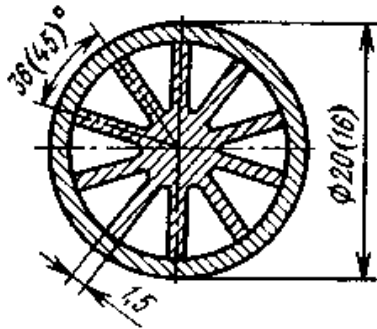


Рис. 12.8 – Трубка з внутрішнім оребренням

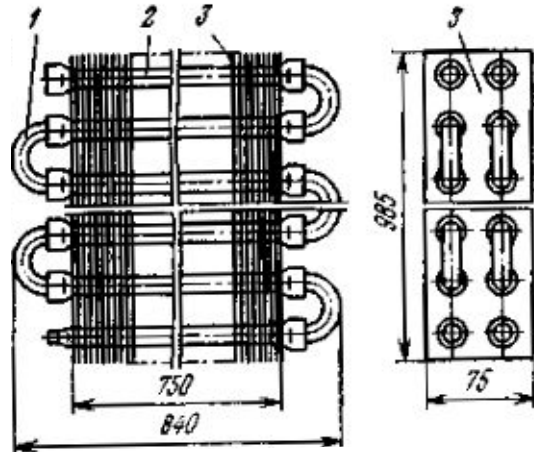


Рис. 12.9 – Секція ребристотрубного випарника (кондиціонер КПШ-90)

1 - калач; 2 - трубка мідна; 3 - латунне ребро

**Ресивери** – сталеві циліндричні посудини, що використовуються як ємності для рідкого холодильного агента. До корпусу ресивера приварюють патрубки для приєднання його до системи холодильної машини й установки необхідних запірних вентилів. Ресивери великих холодильних установок забезпечуються запобіжним клапаном, покажчиком 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 вентилем. Вони слугують 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 повинен уміщувати рідкий холодильний агент з будь-якого апарата або з найбільш ємкого випарника.

**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.

**Осушувачі** застосовують у фреонових холодильних машинах для поглинання вологи з рідкого холодильного агента. В якості поглиначів вологи (адсорбентів) використовують висушені силікагель або цеоліт.

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

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

**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.

**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 латі.

**Водоохолоджувачі** – теплообмінні апарати, призначені для охолодження конденсаторної води. При розміщенні холодильних машин на поверхні охолодження конденсаторної води здійснюють у типових секційних вентиляторних градирнях.

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

### ***Засоби для виконання роботи***

1. Крейдові схеми, плакатні посібники, презентації.
2. Макети холодильних установок.

### ***Порядок виконання роботи***

1. За демонстраційними плакатами, презентаційними матеріалами та макетами холодильних установок вивчити їх конструктивні схеми та принцип роботи.
2. Вивчити основні конструктивні складові холодильних установок.

### ***Зміст звіту***

У звіті навести: призначення, область застосування, схеми і принцип дії холодильних установок та їх конструктивних елементів.

### ***Контрольні питання***

1. Де можуть бути розміщені станції холодильних машин?
2. Проаналізуйте схеми шахтних холодильних установок з погляду надійності, безпеки, капітальних і експлуатаційних витрат.

3. Розшифруйте позначення ХТМФ-235М-2000.
4. Які теплообмінні апарати відносять до основних у компресорних холодильних машинах?
5. Які процеси здійснюються у конденсаторах?
6. Якими бувають випарники за конструктивними ознаками?
7. З якою метою у фреонових холодильних машинах застосовують осушувачі?



## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев В.В. Стационарные машины. Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1989. – 416 с.: ил.
2. Абдурашитов С.А. Насосы и компрессоры : Учеб. пособие для нефт. спец. вузов - М.: Недра, 1974. - 296с.: ил.
3. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки. – М.: Недра, 1987. – 270 с.
4. Дурнов П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учеб. пособие для теплоэнерг. спец. вузов/Киев; Одесса: Вища шк., 1985. - 262с.: ил.
5. Иванов О.П. Аэродинамика и вентиляторы : Учеб. для вузов по спец. "Холодил. и компрессор. машины и установки" - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд - ние, 1986. - 279 с.
6. Картавый Н.Г. Стационарные машины. – М.: Недра, 1981. – 328 с.
7. Кондрашова Н.Г. Холодильно-компрессорные машины и установки: Учеб. для машиностроит. техникумов - М.: Высш. шк., 1984. - 335с.: ил.
8. Курылев Е.С. Холодильные установки: Учеб. для вузов по спец. "Холод. и компрессор. машины и установки" - Л.: Машиностроение, 1980. - 622с.: ил.
9. Рахмилевич З.З. Компрессорные установки : Справ. изд. для рабочих - М.: Химия, 1989. - 271с.: ил.
10. Правила безпеки у вугільних шахтах. Наказ Держгірпромнагляду 22.03.10 р. № 62. Київ, 2010 – 430 с.
11. Шерстюк А.Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры : Учеб. пособие для энерг. спец. вузов - М.: Высш. школа, 1972. - 342с.: ил.
12. Цейтлин Ю.А., Мурзин В.А. Пневматические установки шахт. – М.: Недра, 1985. – 352 с.