

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**  
**Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен институты  
Тасымалдау және кен машиналар кафедрасы



**СТУДЕНТТЕРДІҢ ПӘНДІК  
ОҚУ-ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕНІ**

**"Сутөкпе, желдетпе және пневматикалық қондырғылар"  
пәні бойынша**

**"5B072400– Технологиялық машиналар және жабдықтар"  
мамандығына арналған**

Қ.И Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ студенттеріне арналған "Сутөкпе, желдетпе және пневматикалық қондырғылар" пәні бойынша "5В072400–Технологиялық машиналар және жабдықтар" мамандығына арналған оқу-әдістемелік кешен.

Құрастырушы: проф. Искаков Б., т.ғ.к, доцент Қожахан А. К.,

Андатпа. Оқу-әдістемелік кешен «5В072400 - Технологиялық машиналар және жабдықтар» мамандығы бойынша оқитын студенттерге арналған. Бұл әдістемеде сутөкпе, желдетпе және пневматикалық қондырғылармен танысуды қамтамасыз ететін материалдар, оларды қолданудың рационалды режимі және оларды жобалау әдістері көрсетілген.

Студент оқу-әдістемелік кешенді қолданып, өз еркімен оқу пәнін терең меңгеру, оқу мерзімін өте тиімді қолдануды жоспарлау мүмкіндігіне ие болады. ОӘК берілген пәнді игеруде қажетті білімнің және меңгерудің критерияларынан тұрады. Осы ОӘК берілген пәнді игеруші студенттің болашақта тау-кен өндіріс саласында, оның ішінде кеніштер мен метрополитендерде, зауыттарда және тау-кен институтында, әр түрлі жобалау институттарында, тек қана инженерлік қызметін атқарып отырмай, сонымен қатар машинаны, машина бөлшектерін және жинақтама бірліктерін жобалаушы конструкторлық қызметін де атқара алады.

# 1. ОҚУ БАҒДАРЛАМАСЫ - SYLLABUS

## 1.1. Оқытушы туралы мәліметтер:

Доцент, к.т.н. Қожахан Айгүл Кәріпжанқызы

Байланыс ақпараттары: тел.92-54-78, қосымша. 4-14

Е-mail: [aigul\\_k@mail.ru](mailto:aigul_k@mail.ru)

[kojakhan@yahoo.fr](mailto:kojakhan@yahoo.fr)

Кафедраға келу уақыты Т и ГМ 09:00-17:00, 220 ГМК.

## 1.2. Пән туралы мәлімет:

Аталуы -“Сутөкпе, желдетпе және пневматикалық қондырғылар”

Несие саны- 4

Өткізу орны - 214 ауд. ГМК.

1-кесте

### Оқу жоспарынан үзінді

Курс	Се мestr	Кре дит	Академиялық сағат аптасына						Бақылау формасы
			Дәріс	Зерт- хана	Тәжі- рибе	СӨЖ	СОӨЖ	Барлығы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	3	3	2	1	1	3	3	9	Емтихан жазбаша

**1.3. Пререквизиттер:** Осы курсты оқып үйренуге қажетті пәндерге мамандықтың жоспары бойынша пәндер тізімі.

- математика 1- бөлім;
- математика 2- бөлім;
- физика 1;
- инженерлік графика және сызба геометриясы;
- теориялық механика;
- машиналар мен механизмдер теориясы;
- материалдар кедергісі;
- электротехника;
- гидравлика;

**1.4. Простреквизиттер:** пәнді игеруге қажет пәндер тізбесі (мамандықтың жұмыстық оқу-жобасы):

- технологиялық машиналарды пайдалану және құрастыру;
- технологиялық машиналардың ЖЖА (САПР);
- электрожетек және электр жабдықтар;
- технологиялық машиналарды жөндеу.

## 1.5. Пәннің қысқаша мазмұндалуына келесілер ұсынылады.

Бұл пәннің оқытылу мақсаты сорғылық, желдетпе және компрессорлық құрылғылардың механикалық қондырғыларының жұмыс істеу принципін

игеруге, есептеу әдісі және эксплуатацияның рационалды тәртібін таңдауға негізделген.

Бакалавр мамандығының талабына сәйкес, студент келесілерді білу керек:

- шахталық стационарлық қондырғылар саласындағы негізгі анықтамалар мен терминдерді білу;

- кеніштік сутөкпе, кен қазбаларын желдету және кен машиналарын сығылған ауамен қамтамасыз етуге арналған қондырғылардың негізгі және қосымша конструкцияларын;

- кеніштік стационарлық құрылғылардың электрмеханикалық қондырғыларын пайдалану тәртібін;

- пайдалы қазбалар кен орындарын қазу жағдайына сәйкес рационалды қондырғыларды таңдау;

### 1.6. Тапсырмалар мен олардың графиктерінің орындалу тізбесі.

Графикке сәйкес пән бойынша екі семестрлік жұмыс орындалады:

- шахтаны желдетуге берілген ауа санын есептеу және шахта қазбаларының кедергісін есептеу;

- компрессорлық станцияның өнімділігін есептеу;

Теориялық материалды меңгеру үшін студенттер мына 3 тақырыптың біріне курстық жоба жасайды:

1) Кеніштік сутөкпе қондырғысын жобалау;

2) Желдетудің негізгі желдеткіш қондырғысын жобалау;

3) Кеніштік компрессорлық қондырғыны жобалау;

Курстық жоба механикалық жабдықтарды есептеу мен таңдау және стационарлық қондырғыларды рационалды пайдалану режимінің анықтамаларын қамтиды. Жобаның негізгі бөлімінде студент электрмеханикалық жабдық қондырғысы элементін дамыту мәселесін шешеді немесе оны пайдалану режимін қарастырады.

Семестрлік жұмыстарды орындау уақыты дәріс тақырыптарын меңгергеннен кейін 10 күн аралығында.

Бақылау түрі – сызба қосымшасымен есептеу, түсініктеме беру жазбасы.

Оқытушы графикті 2-кестеде көрсетілген түрге келтіріп құрастырады және семестрдің басында білім алушыларға ескертіледі.

2-кесте

### Тапсырмалар мен олардың орындалу мерзімі

Бақылаулар түрлері	Жұмыстың түрі	Жұмыстың тақырыбы	Нұсқау ұсынылған әдебиет бойынша көрсетілген беттер	Баллдар (рейтинг шкаласына сәйкес)	Өткізу мерзімі
1	2	3	4	5	6
Ағымды бақылау	№1 зертханалық жұмыс	Ортадан тепкіш сорғының конструкциясын зерделеу	Нег.1с 143- 147 қос.4с 69- 79	2	2- апта
	№2 зертханалық жұмыс	Ортадан тепкіш сорғыны сынау	Нег.1с 195- 200 қос.4с. 260-269	2	4-апта

	№3 зертханалық жұмыс	Остік желдеткіштің конструкциясын зерделеу	Нег.1с 242-249 2с.83-88	2	6-апта
	№4 зертханалық жұмыс	Ортадан тепкіш желдеткіштің конструкциясын зерделеу	Нег. 1с 195-200 с.76-82	2	8-апта
	№5 зертханалық жұмыс	Поршенді компрессордың конструкциясын зерделеу	Нег. 1с 271- 274 2с. 184-195	2	10-пта
	№6 зертханалық жұмыс	Турбокомпрессордың конструкциясын зерделеу	Нег. 1с 271-274 2с 196- 200	2	12-апта
	№7 зертханалық жұмыс	Компрессорлық стансаның көмекші құрылғыларын зерделеу	Нег. 1с 300-304 2с 213-219	2	14-апта
	№1 тәжірибелік жұмыс	Кеніштік сүтөкпе сорғысын есептеу және таңдау	Нег. 1с 195-200 с.76-82	2	2- апта
	№2 тәжірибелік жұмыс	Сыртқы желі сипаттамаларын есептеу және тұрғызу	Нег. 1с 271- 274 2с. 184-195	2	4-апта
	№3 тәжірибелік жұмыс	Жалпы шахталық желдетпе қажетті ауа санын есептеу	Нег. 1с 271-274 2с 196- 200	2	6-апта
	№4 тәжірибелік жұмыс	Бас желдетпе желдеткішіне қажет қысымды есептеу	Нег. 1с 300-304 2с 213-219	2	8-апта
	№5 тәжірибелік жұмыс	Компрессорлық бекет өнімділігін есептеу	Нег. 1с 195-200 с.76-82	2	10-пта
	№6 тәжірибелік жұмыс	Компрессорды суытуды есептеу	Нег. 1с 271- 274 2с. 184-195	2	12-апта
	№7 тәжірибелік жұмыс	Компрессор электроқозғалтқышын есептеу және таңдау.	Нег. 1с 271-274 2с 196- 200	2	14-апта
Аралық бақылау	№1 семестрлік жұмыс	Шахтаны желдетуге берілген ауа санын есептеу	қос 12 с 4 -7	2	5-апта
	1-шектік бақылау			10	7-апта
	№2 семестрлік жұмыс	Компрессорлық станцияның өнімділігін есептеу	қос 13 с 4-8	2	11-апта
	2- шектік бақылау			10	13-апта
Курстық жоба		Кеніштік стационарлық қондырғыны есептеу	қос 11, 12, 13	20	15-апта
Қорытынды бақылау	Емтихан	Жазбаша	Нег. 1-3 қос. 4-6	40	16-18-апта

## 1.7. Әдебиеттер тізімі

### Негізгі

1. Гришко А.П., Шелоганов В.И. Стационарные машины и установки.- М.: Изд-во МГГУ, 2004
2. Картавый Н.Г. Стационарные машины.- М.: Недра, 1981
3. Хаджиков Р.Н., Бутаков С.А. Горная механика - М.: Недра, 1982

### Қосымша

4. Попов В.М. Рудничные водоотливные установки – М.: Недра, 1983
5. Алексеев В.В. Рудничные насосные вентиляторные и пневматические установки- М.: Недра, 1983
6. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки. М.: Недра, 1987
7. Картавый Н.Г., Топарков А.А. Шахтные стационарные установки. – М.: Недра, 1978
8. Попов В.М. Водоотливные установки – М.: Недра, 1990
9. Крупник Л.А., Граф А.Ю. Шахтные стационарные установки. Алматы, КазНТУ, 1998
10. Горно – геологический справочник по разработке рудных месторождений. Алматы, 1997
11. Крупник Л.А., Граф А.Ю. Рудничные водоотливные установки. Изд. КазНТУ. 1996
12. Мандровский А.М Рудничные вентиляторные установки. Изд. КазНТУ, 1996
13. Крупник Л.А., Граф А.Ю. Компрессорные установки. Изд. КазНТУ, 1996

## 1.8. Білімді бақылау және бағалау

Білімді бағалау және бақылау аралық бақылаудың нәтижелерін тапсыру мерзімі пән бойынша оқу үрдісінің графигімен анықталады.

3-кесте

### Рейтинг % бақылау түрлері бойынша бөлу

Вариант нөмірі	Қорытынды бақылау түрі	Бақылау түрі	%
1	Емтихан	Қорытынды бақылау	100
		Аралық бақылау	100
		Ағымдық бақылау	100

4-кесте

### "Сутөкпе, желдетпе және пневматикалық қондырғылар " пәні бойынша бақылаудың барлық түрлерін тапсырудың күнтізбелік графигі

Апта саны	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Бақылаудың апталық саны	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Бақылау түрі		31 Т1	ТС	32 Т2	С1	33 Т3	ШБ1	34 Т4	Р	35 Т5	С2	36 Т6	ШБ2	37 Т7	КЖ

## Студенттің білімін бағалау

Баға	Әріптік балама	Рейтингті балл (проценттер де %)	Баллдар
Өте жақсы	A	95-100	4
	A-	90-94	3,67
Жақсы	B+	85-89	3,33
	B	80-84	3,0
	B-	75-79	2,67
Қанағаттандырарлық	C+	70-74	2,33
	C	65-96	2,0
	C-	60-64	1,67
	D+	55-59	1,33
	D	50-54	1,0
Қанағаттандырарлықсыз	F	0-49	0

**Аралық аттестация мен модуль бойынша өтетін бақылау сұрақтарының тізбесі**

**1-модуль бойынша өтетін бақылау сұрақтары**

1. Сорғылық қондырғылардың арналуы.
2. Желдеткіш қондырғылардың арналуы.
3. Компрессорлық қондырғылардың арналуы.
4. Турбомашина жұмысын сипаттайтын негізгі көрсеткіштерді атаңыз.
5. Ортадантепкіш және остік турбомашиналардың айырмашылығы.
6. Ортадантепкіш турбомашинаның өнімділігі қалай анықталады?
7. Остік турбомашинаның өнімділігі қалай анықталады?
8. Турбомашиналар үшін Л. Эйлер теңдеуін жазып және оны талдаңыз.
9. Турбомашина жұмысының теориялық процесі немен сипатталады?
10. Турбомашинаның жеке теориялық сипаттамасы деген не?
11. Шынайы турбомашинада қандай жоғалымдар орын алады?
12. Күрекшесі алға, артқа иілген және радиалды турбомашинаның теориялық жеке сипаттамасы қандай түрге ие?
13. Турбомашинаның іс жүзіндегі жеке сипаттамасы деген не?
14. Сыртқы желі сипаттамасы деген не? Оны графикті бейнелеу.
15. Турбоқондырғы деген не?
16. Турбоқондырғының жұмыстық нүктесі деген не?
17. Турбоқондырғының жұмыстық нүктесі қандай шарттарды қанағаттандыру керек?
18. Турбомашинаның қандай бірлесе жұмыс істеу түрлері бар?
19. Сорғының сору биіктігі қалай анықталады?
20. Кавитация құбылысы деген не және онымен күресу жолдары?
21. Сорғылардағы остік қозғалу және оны жою әдістері.
22. Кеніштік сутөкпелерде қандай маркалы сорғылар қолданады?
23. Ортадантепкіш сорғының маркалауына не кіреді?

24. Эрлифтің жұмыс істеу принципі.
25. Поршеньді сорғының жұмыс істеу принципі.
26. Поршеньді сорғының өнімділігі қалай анықталады?
27. Поршеньді сорғының ауалық қалпағының арналуы?
28. Қандай сорғы тұғырлары болады?
29. Кеніштік сутөкпенің мүмкін болатын сұлбасын атаңдар.
30. Сорғы қозғалтқышының қуаты қалай анықталады?

### **2-модуль бойынша өтетін бақылау сұрақтары**

1. Негізгі желдетпенің осьтік желдеткішінің негізгі конструктивтік сұлбасы.
2. Негізгі желдетпе желдеткішінің бағыттаушы аппаратының арналуы.
3. Негізгі желдетпе желдеткішінің түзетуші аппаратының арналуы.
4. Негізгі желдетпенің ортадан тепкіш желдеткішінің негізгі конструктивті сұлбасы.
5. Негізгі желдетпенің остік желдеткішін қалай маркалайды?
6. Негізгі желдетпенің ортадан тепкіш желдеткішін қалай маркалайды?
7. Желдетуші ағынды реверстеу деген не?
8. Желдетуші ағынды реверстеуге қойылатын талаптар.
9. Желдеткіш қондырғының жұмыстық нүктесін қалай анықтайды?
10. Жергілікті желдету желдеткіштерінің арналуы.
11. Кеніштерде жергілікті желдетудің желдеткіштерінің қандай түрлері қолданылады?
12. Желдеткіш қозғалтқышының қуаты қалай анықталады?
13. Поршеньді компрессордың әсер ету принципі қандай?
14. Поршеньді компрессор жұмысының теориялық процесінің ерекшелігі неде?
15. Поршеньді компрессордың өнімділігі қалай анықталады?
16. Ауаны сыққанда қандай жылу процестері орын алады?
17. Зиянды кеңістік өнімділік пен жұмсалатын жұмысқа қалай әсер етеді?
18. Компрессордың беру коэффициенті деген не?
19. Поршеньді компрессордың бір сатысында сығу дәрежесінің қандай шектері болады?
20. Компрессордағы сатыға бөлу қалай жүзеге асады?
21. Компрессорды және ауаны салқындату қалай жүзеге асады?
22. Компрессор қондырғыларының қандай сүзгілері бар?
23. Ауа жинағыштың арналуы.
24. Су, май бөлгіштің арналуы.
25. Индикаторлық ПӘК деген не?
26. Компрессор жұмысының ерекшеліктері?
27. Бұрандалы компрессор жұмысының ерекшеліктері.
28. Компрессорды реттеудің қандай әдістері бар?
29. Компрессордың әртүрлі түрлерінің қолданылу аймағы.
30. Компрессор жетегінің қозғалтқышының қуаты қалай анықталады?



## **Аралық аттестацияға дайындық сұрақтары**

1. Кеніш жұмыстарының тиімділігіне стационарлық қондырғылардың ролі мен орны.
2. Турбомашина классификациясы.
3. Турбомашинадағы теориялық және нақты процесс.
4. Әр типті күрекшелі жұмыс дөңгелекті турбомашиналардың сипаттамалары.
5. Сыртқы желі сипаттамасы.
6. Турбомашинаның желідегі жұмысының жұмыстық нүктесі.
7. Турбомашинаның параллель жұмысы.
8. Турбомашинаның тізбектегі жұмысы.
9. Сорғының сору биіктігі.
10. Сорғылардағы кавитация және онымен күресу жолдары.
11. Кеніштік сутөкпе сорғылардың түрлері.
12. Кеніштік сутөкпенің сорғылық тұғырлары.
13. Негізгі желдетпе желдеткіштерінің түрлері.
14. Негізгі желдетпе желдеткіштерінің жұмыс режимін реттеу.
15. Жергілікті желдетпе желдеткіштері.

### **1.9. Курстың өткізілуі мен саясаты**

- Сабақ кестесі бойынша, студенттің міндеті дәріске және тәжірбиелік сабаққа, сонымен қатар өзіндік жұмыс сабақтарына қатысып мұғалімнің нұсқауы толықтай орындауы қажет.

- Пәннің оқу процесі бойынша, күнтізбек графигіне сәйкес, студенттің міндеті оқу жұмыстарын орындап, дер кезінде өткізіп отыруы керек.

- Белгілі себептермен жіберілген сабақтар, тьютор ұсынысы бойынша сабақтан тыс мерзімде қосымша кесте арқылы өтеді.

- Белгісіз себептермен жіберілген сабақтар, тьютор ұсынысы бойынша сабақтан тыс мерзімде қосымша кесте арқылы ақысы төленген соң өтеді.

### **1.10. Курстың саясаты және процедурасы**

- студент дәрістік және тәжірбиелік сабақтарға, сол сияқты сабақ кестесіне сәйкес оқытушы басшылығымен аудиторияда болатын өзіндік жұмыс сағаттарына толық қатысып отыруға міндетті;

- студент пәннің оқу процесінің календарлық графигіне сәйкес өз уақытысында орындалған жұмыс туралы есеп беріп отыруға міндетті;

- орынды себеппен жіберілген сабақтар сабақтан тыс уақытта тьютор белгілеген қосымша кесте бойынша оқытылып өтеліп отырады;

- орынсыз себеппен жіберілген сабақтар сабақтан тыс уақытта тьютор белгілеген қосымша кесте бойынша ақысы төленгеннен кейін оқытылып өтеліп отырады.

## 2. НЕГІЗГІ ТАРАТЫЛАТЫН МАТЕРИАЛДАР МАЗМҰНЫ

### 2.1 Курстың тақырыптық жоспары

№ р/б	Тақырыптың атауы және мазмұны	Академиялық сағаттар саны				
		Дәріс-тер	Тәжіри-белік жұмыстар	Зертхана-лық жұмыстар	ОСӨЖ ауд/офис	СӨЖ
1	Оқу пәніне кіріспе, кеніштік стационарлық қондырғылардың топталуы және арналуы. Турбомашина жұмысын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер.	2			1/2	3
2	Турбомашина теориясының негіздері. Турбомашина үшін Л.Эйлер теңдеуі және оны талдау. Остік және ортадан тепкіш турбомашиналардың өнімділігі.	2	2	2	1/2	3
3	Турбомашиналардың теориялық дара сипаттамасы. Турбомашиналардағы шығындар. Турбомашиналардың нақты дара сипаттамасы.	2			1/2	3
4	Турбоконтрдырғылардың сыртқы желілерінің сипаттамасы. Геодезиялық биіктікті және геодезиялық биіктіксіз желілер. Турбоконтрдырғылардың жұмыстық нүктесі және оны талдау.	2	2	2	1/2	3
5	Турбомашиналардың бірлескен жұмысы. Ортақ желідегі турбомашиналардың параллель және тізбектей жұмысы.	2			1/2	3
6	Кеніштік сутөкпе. Шахталық сулар. Сутөкпе схемалары, сутөкпені ұйымдастыру, оларды орналастыру және тазалау.	2	2	2	1/2	3
7	Ортадан тепкіш сорғының жұмыс ерекшеліктері. Сору биіктігі. Кавитация және онымен күресу әдістері. Гидравликалық соққы. Ортадан тепкіш сорғылардың түрлері.	2			1/2	3
8	Көмекші жұмыстарға арналған сорғылар. Поршеньді сорғылар, эрлифтер, ағынды сорғылар. Сутөкпе құбырлық өткізгіштер, оларды құрастыру және пайдалану.	2	2	2	1/2	3
9	Бас желдетпе желдеткіштері. Ортадан тепкіш және осытік желдеткіштер. Реверсивті жұмыстар. Реттеу әдістері. Желідегі жұмыс.	2			1/2	3
10	Жергілікті желдетпе желдеткіштері. Қолдану аймағы және түрлері. Желдету құбырлары. Желдету қондырғыларын жобалау.	2	2	2	1/2	3
11	Поршеньді компрессордағы бір сатылы сығу. Теориялық және нақтылы процестер. Сығудың әр түрлі жылулық процестеріндегі жұмыс және өнімділік.	2			1/2	3
12	Поршеньды комперссордағы көп сатылы сығу. Сығу сатыларындағы бөлу принципі.	2	2	2	1/2	3

	Компрессорларды суыту. Сумен қамтамасыз ету сұлбасы.					
13	Компрессор жетектерінің қуаты. Компрессор білігінің теориялық индикаторлық қуаты. Поршеньды компрессорлардың түрі.	2			1/2	3
14	Гурбокомпрессорлар және бұрандалы компрессорлар. Жұмыс процестерінің ерекшеліктері. Жұмыс режимдерін реттеу.	2	3	3	1/2	3
15	Компрессор станцияларының көмекші жабдықтары. Ауа жинағыштар, тоназытқыштар, су май бөлгіштер сүзгіштер.	2			1/2	3
	Барлығы	30	15	15	15/30	45

## 2.2 Дәріс сабақтарының конспектісі

### 1 - дәріс. Пәнге кіріспе.

Бұл курста тау-кен қазбаларын желдетуге арналған машиналар мен қондырғылар, шахтадан су айдау, сығылған ауа өндіру, кеніш атмосфераларын кондициялау оқытылады. Бұл мақсаттарға қолданылатын машиналар мен қондырғылар әдетте қызмет мерзімінің соңына дейін бір жерге орнатылады, сондықтан олар стационарлы деп аталады. Аталған қондырғыларды зерделей отырып олардың жұмыс істеу принципін, конструктивтік схемасын, жұмыс режимін, жұмыс көрсеткіштерін реттеу әдістерін үйрену қажет. Бұл тәжірибеде жоғарғы техника – экономикалық көрсеткіштерді қамтамасыз ете отырып оларды пайдаланудың жағымды жағдайын туғызуға мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы кен өндірісінде стационарлы қондырғылардың ролі.

Заманауи кен өндірісінде стационарлы қондырғылардың пайдаланатын энергиясы барлық пайдаланатын энергияның 65-75%. Кеншілердің денсаулығы мен жұмыс өнімділігі көп дәрежеде желдету жағдайына байланысты соңғы 10-15 жыл көлемінде желдеткіш жасауда едәуір алға жылжуға қол жетті.

Негізгі желдетпенің заманауи желдеткіштерінің өнімділігі 500 м<sup>3</sup>/с дейін және қысымы 850 ДаПа дейін. Орташа П.Ә.К.-і 0,75 – 0,78 құрайды. Қазіргі кезде кен-геологиялық жағдайдың нашарлауы мен қазбалардың тереңдігінің ұлғайуына байланысты шахтадағы су жиналымдар күрт өсті, сондықтан да сутөкпе қондырғылар көпмәртелі резервті қуатты сорғылармен жабдыкталады. Заманауи кеніштік сорғылардың берілісі 1300 м-ге дейінгі су бағанасы қысымында 800-1000 м<sup>3</sup>/с жетеді. Бұндай сорғылардың жетекші қозғалтқыштарының қуаты 3000 кВт-тан асады.

Заманауи тау-кен өндірісінде электр энергиясымен қатар сығылған ауа энергиясы да кең қолданылады. Қазіргі заманғы кеніштің пневматикалық қондырғысы қуатты энергетикалық кешеннен тұрады. Оның компрессорының жетекші қозғалтқышының соммалық бекітілген қуаты 5-10 МВт құрайды.

Стационарлы машиналардың үлкен сыйымдылығы оларды дұрыс пайдалануға және ұтымды режимде жұмыс істеуіне, сондай-ақ олардың

үнемділігіне үлкен талаптар қояды. Стационарлы машиналардың П.Ә.К. тек 1% көтеру электр энергиясының көптеген миллион киловатт-сағатын үнемдейді.

Әсер принципі бойынша тау-кен өндірісіндегі тұрақты қондырғыларда қолданылатын сұйықтық машиналарды негізгі екі топқа бөлуге болады- лопасты және көлемді.

Күрекшелі машиналарда жұмыс атқарушы механизм ретінде күрекшелер қолданылады, олар тек айналымды қозғалыс жасайды және ақпалыларға энергия береді. Бұл машиналар ақпалылар ағымының корпус ішіндегі қозғалыс бағыттарына байланысты ортадан тепкіш, осьтік және диагональды болып бөлінеді. Күрекшелі машиналар ақпалыларды үзіліссіз және біркелкі беруімен, жұмыстық күрекшелердің корпуспен үйкеліспей-тіндігімен, жоғары айналыс жылдамдығында жұмыс істеу мүмкіндігімен сипатталады.

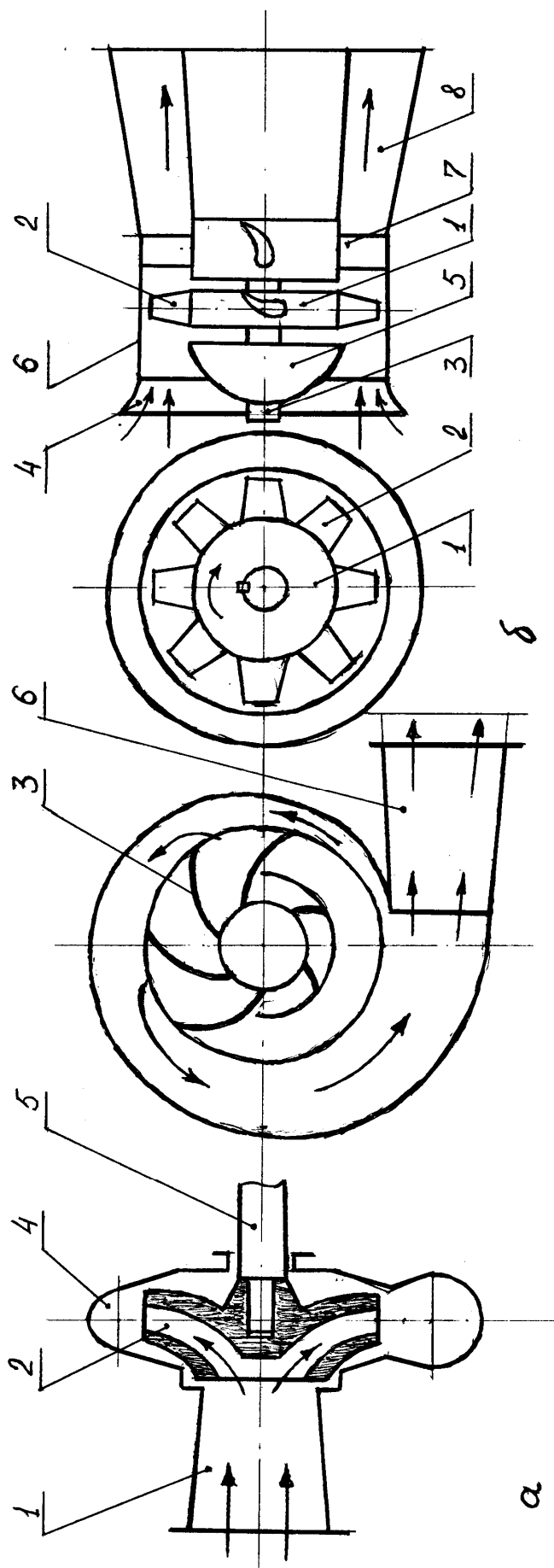
Көлемді машиналарда жұмыстық механизм болып, ілгерілі-кейін қозғалмалы поршеньдер (плунжерлер) жұмыс жасайды. Олардың жұмыс принципі-камераның жұмыстық көлемін өзгертуде болып табылады. Мұндай машиналар ақпалыларды бөліп берумен, жұмыс механизмінің қозғалыс жылдамдығының шектілігімен, корпуспен үйкелісі және қақпақшалардың болуымен сипатталады. Бірақ, бұл машиналар поршеньдердің қозғалыстарының аз жылдамдығының өзінде жоғары қысым тудыра алады.

Турбомашиналардың әсер принципі мен құрылымы

Турбомашиналардың жұмысы, жұмыстық дөңгелек күрекшелерінің ақпалылардың ығыстырылатын ағымы мен күштік өзара әсеріне негізделген. Ортадан тепкіш және осьтік турбомашиналардың схемалары (1 – суретте) келтірілген.

Ортадан тепкіш турбомашина (1,а–сурет) 3-ші күрекшелі 2-ші жұмыстық дөңгелектен тұрады, ол 5-ші білікке бекітілген. Олар ұлу тәріздес 4-ші қорапта орналасқан, онда 1-ші қабылдағыш құрылым және 6-шы диффузор бар. Мұндай машинада ақпалылар жұмыстық дөңгелекке білік осіне параллель бағытта келіп кіреді, ал одан бастапқы бағытын  $90^\circ$ -қа өзгертіп яғни радиаль бағытқа шығады.Осьтік турбомашинада (1б–сурет) ақпалылар ағымы 3-ші білікке қондырылған және 6-шы цилиндрлік қорапта айналатын жұмыстық дөңгелектің айналыс осіне қатарлас болады. Осьтік турбомашинаның жұмыстық дөңгелегі 1-ші втулкадан және онда белгілі бұрышпен бекітілген 2-ші күрекшелерден тұрады. Ағымды жұмыстық дөңгелекке байыппен әкелу 4-ші коллектормен және 5-ші алдыңғы обтекательмен, ал ағымды жұмыстық дөңгелектен кейін кері бұру,7-ші түзетуші қалақшамен атқарылады. Ағымның осьтік машинадан шығуы 8-ші сақиналы диффузормен атқарылады.

Турбомашина жұмысының негізгі көрсеткіштері:



1-сурет. Турбомашиналардың схемалары

а-ортадан тепкіш турбомашина;  
 1-қабылдағыш құрылым; 2-жұмыстық дөңгелек; 3-күрекше; 4-қорап; 5-білік; 6-диффузор.

б-осьтік турбомашина  
 1-втулка; 2-күрекше; 3-білік; 4-коллектор; 5-алдыңғы обтекаль; 6-қорап; 7-түзетуші аппарат 8-диффузор

- өнімділігі, яғни турбомашинамен уақыт бірлігі ішінде берілетін ақпалылар саны, ( м<sup>3</sup>/с, м<sup>3</sup>/сағ, т/сағ);
- арын немесе ақпалының ішкі энергиясының турбомашина арқылы өткендегі су бағнасы метріне түрленуі, м. (насос тар үшін);
- қысым, желдеткіштердегі арын, Па (н/м<sup>2</sup>);
- жұмыстық дөңгелектің айналу жиілігі, рад –1 (с-1);
- турбомашина тудыратын қуат, Вт;
- турбомашинаның пайдалы әсер коэффициенті  $\eta$ , %

$$\eta = \frac{N_T}{N_{\phi}}$$

мұндағы  $N_T$  – пайдалы (идеальды) қуат;  $N_{\phi}$  – нақтылы пайдаланылған қуат.

**Негізгі әдебиет:** 1 [б.139–146], 2 [б.12–16]

**Қосымша әдебиет:** 2 [б.35–36]

**Бақылау сұрақтары:**

1. Кен өндірісінде стационарлы қондырғылардың қандай түрлері қолданылады?
2. Қазіргі заманғы кен өндірісінде стационарлы қондырғылардың ролі қандай?
3. Гидравликалық машиналар қандай белгілеріне байланысты топталады?
4. Күрекшелі машиналардың жұмыс істеу принципі.
5. Көлемдік гидравликалық машиналардың жұмыс істеу принципі.
6. Турбомашиналардың негізгі элементтерін атаңыз.
7. Ортадан тепкіш және осьтік турбомашиналардың айырмашылығы неде?
8. Турбомашина жұмысын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер.

**2-дәріс. Турбомашиналар теориясының негізі. Турбомашиналарға арналған Л.Эйлер теңдеуі және оны талдау.**

Турбомашинада жүретін теориялық процестерді қарастырайық. Ол төмендегідей ерекшеліктерімен сипатталады:

1. Жұмыстық дөңгелек шексіз күрекшелер санымен қарастырылады. Бұл иірілімсіз ағымды қамтамасыз етеді, онда жеке қозғалыстағы түйіршіктер траекториялары уақыт бойынша өзгермейді және ағым сызығымен сәйкес келеді;

2. Турбомашина идеалды ақпалыларды ығыстырады, яғни абсолютты жабыспайтын және абсолютты сығылмайтын қалыпта болады;

3. Турбомашинада соққыдан жоғалыстар болмайды.

Ақпалылар қозғалысын айналыстағы жұмыстық дөңгелек шегінде екі қозғалыстар қосындысы ретінде қарастыруға болады:

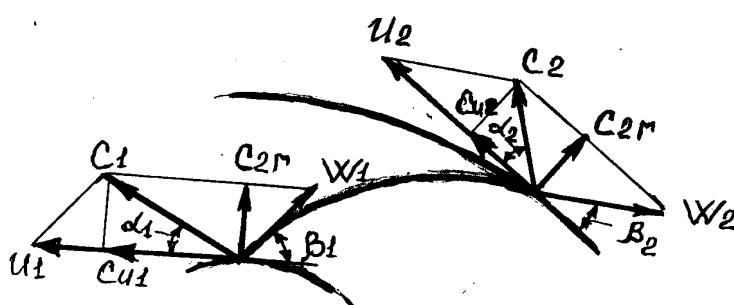
алып жүрмелі-айналыс және салыстырмалы-жұмыстық дөңгелектің өзімен салыстырғандығы ығысуы.

Ақпалылардың жұмыстық дөңгелек арқылы қозғалыс схемасы (2-суретте) көрсетілген, онда келесі белгілеулер берілген:

$U_1, U_2$  – түйіршіктердің жұмыстық дөңгелектің кіре беріс және шыға берісіндегі айналыс жылдамдығы;  $W_1, W_2$  – түйіршіктердің салыстырмалы жылдамдықтары;  $C_1, C_2$  – түйіршіктердің абсолютты жылдамдықтары;  $\beta_1, \beta_2$  – айналыс және салыстырмалы жылдамдықтар арасындағы бұрыштар.

Жұмыстық дөңгелектің айналуына байланысты, ақпалылардың түйіршіктері олармен бірге келесі айналыс жылдамдығында айналады.

$$U_1 = w \cdot z.$$



2-сурет. Ақпалының жұмыстық дөңгелек арқылы қозғалыс схемасы

Сонымен қатар ол күрекшелердің бас жағында

$W_1$  – салыстырмалы жылдамдығымен күрекше пішініне жанама қозғалады.  $C_1$  – абсолютты жылдамдығы  $U_1$  және  $W_1$  векторларының қосындысы ретінде болады.

Дөңгелектен шыға берістегі жылдамдықтар параллелограммасы да осыған ұқсас тұрғызылады.

Күрекшелі ақпалылардың қозғалысында және оның турбомашина элементтерімен өзара әсерінде. Бұл құбылыстарды анықтайтын заңдарды білу, турбомашиналардың сұйықтық және беріктік есептеулерінің әдістерін құруға мүмкіндік тудырып, соның негізінде техниканың берілген саласын жетілдіруді қамтамасыз етеді.

Турбомашинаның жұмысының негізгі көрсеткіштерін анықтауды қарастырайық.

#### Турбомашинаның негізгі теңдеуі

Күрекшелі машиналардың негізгі теңдеуінің мәнісі, ақпалының үлестік энергиясының жұмыстық дөңгелек аймағындағы түрленуін анықтау. Негізгі теңдеу энергетикалық машиналарды есептеуде кең пайдаланылады және машинаның жұмыстық процесін сипаттайтын байланыс болып табылады.

Теориялық арын теңдеуінің қорытындысы қозғалыс саны момент теоремасының қалыптарына негізделген. Бұл теорема

бойынша: Іс-те ағатын масса қозғалыс саны моментінің бір қимадан екінші қимаға ауысқандағы өзгеруі, ағымға осы екі қима аралығындағы түсетін сыртқы күштер моментіне тең. Ол қималар ретінде радиусы  $r_1$  жұмыстық дөңгелектің күрекшелеріне кіре берістегі және радиусы  $r_2$  жұмыстық дөңгелектен шыға берістегі қималарды қабылдаймыз.

Онда

$$M = M_2 - M_1,$$

мұндағы  $M_1$  және  $M_2$  – қозғалыс сандарының жұмыстық дөңгелекке кіре берісіндегі және шыға берісіндегі моменттері.

$$M_1 = \rho \cdot Q_T \cdot C_1 \cdot l_1,$$

$$M_2 = \rho \cdot Q_T \cdot C_2 \cdot l_2,$$

мұндағы  $l_1, l_2$  – жылдамдық векторы түсетін иін. Жылдамдықтар үш бұрышынан (2- сурет) келесіні аламыз:

$$l_1 = r_1 \cdot \cos \alpha_1, \quad l_2 = r_2 \cdot \cos \alpha_2$$

$$M = M_2 - M_1 = \rho \cdot Q_T (C_2 \cdot l_2 - C_1 \cdot l_1).$$

Алынған мәндерді 1.3-тендеуіне қоя отырып, келесіні аламыз

$$\begin{aligned} H_{T,\infty} &= \frac{M \cdot \omega}{Q_T \cdot \rho \cdot g} = \frac{\rho \cdot Q_T (c_2 \cdot r_2 \cdot \cos \alpha_2 - c_1 \cdot r_1 \cdot \cos \alpha_1)}{Q_T \cdot \rho \cdot g} \omega = \\ &= \frac{u_2 \cdot c_2 \cdot \cos \alpha_2 - u_1 \cdot c_1 \cdot \cos \alpha_1}{g} = \frac{u_2 \cdot c_{2u} - u_1 c_{1u}}{g}. \end{aligned} \quad (1.7)^*$$

Бұл теңдеудегі  $c_{1u}, c_{2u}$  – жұмыстық дөңгелекке кіре берістегі және шыға берістегі ағымның иірімдік жылдамдықтары.

Бұл теңдеуді ең алғаш 1754 ж. Л.Эйлер ұсынды, сондықтанда Эйлер теңдеуі деп атанған.

Жұмыстық дөңгелекке кіре берістегі және шыға берістегі жылдамдық параллелограммаларын қарастыра отырып, бір қатар байланыстар жазуға болады.

$$W_2^2 = c_2^2 + u_2^2 - 2u_2 \cdot c_2 \cdot \cos \alpha_2, \quad (1.8)^*$$

$$W_1^2 = c_1^2 + u_1^2 - 2u_1 \cdot c_1 \cdot \cos \alpha_1$$

немесе түрлендіргеннен кейін

$$\begin{aligned} c_2 \cos \alpha_2 = c_{2u} &= \frac{c_2^2 + u_2^2 - W_2^2}{2u_2}, \\ c_1 \cos \alpha_1 = c_{1u} &= \frac{c_1^2 + u_1^2 - W_1^2}{2u_1}. \end{aligned} \quad (1.9)^*$$

Бұларды (6) теңдеуге қоя отырып, Эйлер теңдеуін басқа түрде аламыз



$$H_{T\infty} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g}. \quad (1.10)^*$$

Эйлер теңдеуі энергетика тұрғысынан қарағанда ақпалыға жұмыстық дөңгелек арнасында берілетін үлестік энергияны, ал гидродинамика тұрғысынан қарағанда жоғалыстар болмағандағы турбомашинаны тудыратын толық арынды көрсетеді.

Эйлер теңдеуінде ақпалының табиғатын сипаттайтын көрсеткіштер жоқ, сондықтанда ағымға берілетін үлестік энергия, ақпалы табиғатына байланыссыз.

Егер толық арынды статикалық және динамикалық арындардың қосындысы ретінде қарастырсақ, онда

$$H_{ст\infty} = \left( \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{c_2^2}{2g} \right) - \left( \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{c_1^2}{2g} \right) = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} - \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g}. \quad (1.11)^*$$

Олай болса, 1.10 және 1.11 теңдеулерінен статикалық арынның мәнін алуға болады.

$$H_{ст\infty} = \frac{p_2 - p_1}{2g} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g}. \quad (1.12)^*$$

Іс жүзінде турбомашинаның ең жоғары мүмкіндік арын тудыруының мәні зор. 6-шы теңдеуді талдау, мұның  $u_1 \cdot c_{1u} = 0$  болған жағдайда, яғни кіре берістегі ағымның иірімдік жылдамдығы 0-ге тең болғанда ( $\cos\alpha_1 = 0$ ,  $\alpha_1 = 90^\circ$ ) мүмкін екендігін көрсетеді.

Онда Эйлер теңдеуі келесі түрді қабылдайды

$$H_{T\infty} = \frac{u_2 \cdot c_{2u}}{g}. \quad (1.13)^*$$

Эйлер теңдеуін талдау, турбомашинаны тудыратын арынның жұмыстық дөңгелектің геометриялық өлшемдеріне ( $D_1, D_2$ ), оның айналыс жиілігіне ( $w$ ) және күрекше пішініне ( $\cos\alpha_1, \cos\alpha_2$ ) байланысты екендігін көрсетеді.

Турбомашинаның екінші негізгі параметрі болып оның өнімділігі табылады. Өнімділік көлемдік және салмақтық болып екіге бөлінеді.

Турбомашиналардың теориялық өнімділігі

а) Ортадан тепкіш турбомашиналардың өнімділігі

Турбомашинаның теориялық өнімділігін гидравликаның төмендегідей формуласымен анықтауға болады:

$$Q_T = F \cdot v, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.14)^*$$

мұндағы  $F$  — ағымның нақты қимасының ауданы,  $\text{м}^2$ ;  $v = c_{2r}$  — ағым қимасына қалыпты бағыттағы ақпалының орташа жылдамдығы,  $\text{м}/\text{с}$ .

$$F = \pi \cdot D_2 \cdot v_2 = \pi \cdot D_1 \cdot v_1.$$

Бұл жылдамдық сан жағынан радиалдық құрамға ( $c_{2r}$ ) тең болады.

Онда ортадан тепкіш турбомашинаның теориялық өнімділігі келесіге тең болады.

$$Q_T = \pi \cdot D_2 \cdot v_2 \cdot c_{2r}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (1.15)^*$$

егер жұмыстық дөңгелектің енінің ( $v_2$ ) және сыртқы диаметрінің ( $D_2$ ) қатынастарын  $\psi_2 = \frac{v_2}{D_2}$  — деп белгілесек, бір тектес

турбомашиналардың барлығы үшін тұрақты коэффициент аламыз.

Бұдан  $v_2 = D_2 \cdot \psi_2$  — алып және оны (1.15) формуласына қоя отырып, келесіні аламыз.

$$Q_T = \pi \cdot D_2^2 \cdot \Psi_2 \cdot c_{2r}. \quad (1.16)^*$$

### ***б) Осьтік турбомашиналардың өнімділігі***

Осьтік турбомашина үшін теориялық өнімділікті келесідей анықтауға болады.

$$Q_T = F \cdot v = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot C_0, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.17)^*$$

мұндағы  $D$  — жұмыстық дөңгелектің диаметрі, м;  $d$  — жұмыстық дөңгелек втулкасының диаметрі, м;  $C_0$  — жұмыстық дөңгелек қимасындағы ақпалының осьтік жылдамдығы, м/с.

**Негізгі әдебиет:** 2 [б. 20]; 3 [б. 14-15]

**Қосымша әдебиет :** 4 (б. 37- 41)

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Турбомашинаның теориялық жұмыс процесі қандай ерекшеліктермен сипатталады?
2. Жұмыс дөңгелегінің кіре беріс және шыға берісіндегі ақпалы бөлшектердің қозғалыс жылдамдығының параллелограммасын салыңыз.
3. Турбомашинаның негізгі теңдеуін (А.Эйлер теңдеуі) жазып, оны талдаңыз.
4. Турбомашинаның толық, статикалық және динамикалық арынға арналған теңдеуін жазыңыз.
5. Қандай жағдайда турбомашина ең жоғарғы қысым тудырады?
6. Ортадан тепкіш турбомашинаның теориялық өнімділігі қалай анықталады?
7. Осьтік турбомашинаның теориялық өнімділігі қалай анықталады?

---

\* - Формулаларды Б. Исаковтың «Кен машиналары» оқулығынан қараңыз.

---

### 3-дәріс. Турбомашинаның теориялық және нықтылы дербес сипаттамалары.

Жоғарыдағы теңдеуді талдау, турбомашинаның өнімділігінің жұмыстық дөңгелектің геометриялық өлшемдеріне ( $D, \vartheta$ ), оның айналу жиілігіне ( $\omega$ ) және күрекшелер пішініне ( $C_{2r}$ ) байланысты екендігін көрсетеді. Осы айтылған көрсеткіштерге турбомашинаның теориялық арыны да байланысты. Яғни, олардың арасында өзара байланыс болуы тиіс. Оны теориялық турбомашинаның өзіндік (дербес) сипаттамасы –деп атайды.

$H_{T\infty}$  мен  $Q_T$  арасындағы байланысты анықтау үшін теориялық арынның формуласында иірімдік жылдамдықты белгілейміз:  $C_{2r}$ -ді  $Q_T$  –арқылы. Жылдамдықтар үш бұрышынан көрінгендей (2-сурет),

$$C_{2u} = u_2 - c_{2r} \cdot \text{Ctg} \cdot \beta_2.$$

Өз кезегінде 1.16-шы формуладан келесіні аламыз,

$$C_{2r} = \frac{Q_T}{\pi \cdot D_2 \cdot \vartheta_2} = \frac{Q_T}{\pi \cdot D_2^2 \cdot \psi_2}.$$

Онда

$$C_{2u} = u_2 - \frac{Q \cdot \text{Ctg} \beta_2}{\pi D_2^2 \cdot \psi_2}.$$

Бұл мәнді теориялық арын формуласына қоя отырып келесіні аламыз:

$$H_{T\infty} = \frac{u_2 \cdot c_{2u}}{g} = \frac{u_2^2}{g} - \frac{u_2 \cdot \text{Ctg} \beta_2}{g \cdot \pi \cdot D_2^2 \cdot \psi_2} \cdot Q_T.$$

Көп дөңгелекті турбомашиналар үшін бұл теңдеу

$$H_{MT\infty} = i H_{T\infty} = i \left( \frac{u_2^2}{g} - \frac{u_2 \cdot \text{ctg} \beta_2}{g \cdot \pi \cdot D_2^2 \cdot \psi_2} Q_T \right). \quad (1.18)^*$$

Бұл теңдеуді турбомашинаның теориялық өзіндік сипаттамасы деп атайды.

а-күрекшелері алға иілген дөңгелекті; б-радиаль күрекшелі дөңгелекті; в-күрекшелері артқа иілген дөңгелекті; г-салыстырмалы сипаттамалары

Алынған 1.18-ші теңдеуді талдайық. Ортадан тепкіш турбомашиналардың күрекшелері алға иілген ( $\beta_2 > 90^0$ ), радиалды ( $\beta_2 = 90^0$ ) және артқа иілген ( $\beta_2 < 90^0$ ) болуы мүмкін.

Өзіндік теориялық сипаттама теңдеуін, абцисс осі бойынша  $Q_T$  – өнімділікті, ал ординат бойынша  $H_{T\infty}$  – теориялық арынды

(қысымды) белгілі бір масштабта түсіру арқылы оңай графикалық түрде келтіруге болады.

1.18 теңдеуінен  $Q_T$  мен  $H_T$  арасында сызықтық байланыс барлығын көруге болады, себебі басқа барлық мәндер берілген турбомашинаны үшін берілген айналмалы жылдамдықта тұрақты болып табылады.

Әр түрлі күрекшелі турбомашиналар үшін, яғни

$\beta_2$  – бұрышының өзгермелі, ал  $D_2$ ,  $\psi_2$ ,  $u_2$ ,  $g$ -лардың тұрақты күйлері үшін өзіндік сипаттаманы графикпен келтіре отырып, әр түрлі ылдыйлықты тік сызықтар аламыз (3-сурет).

Алынған байланыстарды талдайық.

Әр түрлі күрекшелі жұмыстық дөңгелектердегі жылдамдық және статикалық арындардың өзара қатынасы бірдей болмайды.

Статикалық арынның мәні аса зор, себебі ол арқылы пайдалы жұмыс атқарылады және сыртқы жүйенің кедергісін алуға жұмсалады. Жылдамдық арынды тек алдын ала статикалыққа түрлендірген жағдайда ғана пайдалануға болады. Бұл ретте бұл түрленуде энергия жоғалыстары орын алады.

Арынның мәні негізінен  $u_2$  – айналым жылдамдығымен және  $c_{2u}^- = \frac{c_{2u}}{u_2}$  – ағымды ирімдететін салыстырмалы жылдамдықпен

анықталады.

Эйлер теңдеуін келесі түрде келтіруге болады

$$H_{T\infty} = \frac{u_2 \cdot c_{2u}}{g} = \frac{u_2^2}{g} \overline{c_{2u}}, \quad (1.19)^*$$

$u_2$ -жылдамдығы дөңгелек конструкциясына байланысты емес, сондықтан конструкциялық фактордың әсерімен танысқан кезде тұрақты болуы керек.

Толық, статикалық және жылдамдық арындардың түрленуін  $\overline{c_{2u}}$  функциясында анықтайық.

Жылдамдық арынның түрленуі

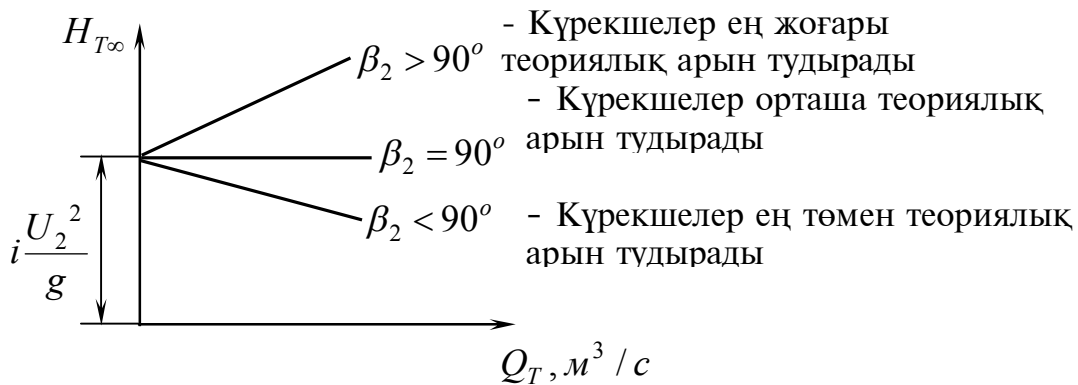
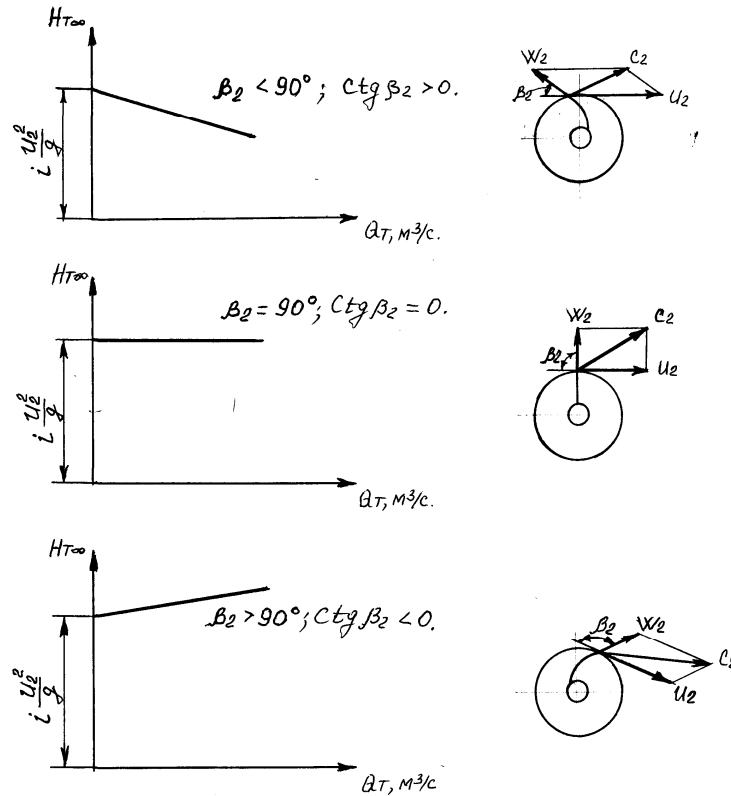
$$H_{T\infty}^d = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} = \frac{c_2^2 + c_{2r}^2 - c_{1u}^2 - c_{1r}^2}{2g} \approx \frac{c_{2u}^2}{2g} = \frac{u_2^2}{g} \cdot \frac{\overline{c_{2u}}}{2}, \quad (1.20)$$

себебі, ортадан тепкіш машинада

$$c_{2r} \approx c_{1r}; c_{1u} \approx 0, \quad \text{себебі } \alpha_1 = 90^\circ.$$

Статикалық арынды толық және жылдамдық арындардың айырмашылығы ретінде қарастыруға болады:

$$H_{T\infty}^{ст} = H_{T\infty} - H_{T\infty}^d = \frac{u_2^2}{g} \cdot \overline{c_{2u}} - \frac{u_2^2}{g} \cdot \frac{\overline{c_{2u}}}{2} = \frac{u_2^2}{g} \cdot \overline{c_{2u}} \left(1 - \frac{\overline{c_{2u}}}{2}\right) \quad (1.21)$$



3-сурет. Әртүрлі дөңгелектердің сипаттамалары

Толық, статикалық және динамикалық арынның қатынасы мынаны құрады:

$\overline{C}_{2u}$	$H_{T\infty} = \frac{U_2^2}{g} * \overline{C}_{2u}$	$H_d = \frac{U_2^2}{g} * \frac{\overline{C}_{2u}}{2}$	$H_{ст} = \frac{U_2^2}{g} * \overline{C}_{2u} (1 - 2\overline{C}_{2u})$
0	0	0	0
1	$\frac{U_2^2}{g}$	$0,5 \frac{U_2^2}{g}$	$0,5 \frac{U_2^2}{g}$
2	$2 \frac{U_2^2}{g}$	$2 \frac{U_2^2}{g}$	0

1.21-ші теңдеуді сараптау жұмыстық дөңгелектің күрекшелермен келесідей байланыстарын көрсетеді:

- артқа иілген  $\beta_2 < 90^\circ, c_{2u} > u_2, \overline{c_{2u}} > 1$ ;
- радиалды -  $\beta_2 = 90^\circ, c_{2u} = u_2, \overline{c_{2u}} = 1$ ;
- алға иілген  $\beta_2 > 90^\circ, c_{2u} < u_2, \overline{c_{2u}} < 1$ .

1.21-ші теңдеуді сараптау жұмыстық дөңгелектің күрекшелермен келесідей байланыстарын көрсетеді:

Осылайша, әртүрлі күрекшелі жұмыстық дөңгелектердің жылдамдық және статикалық арындарының арақатынастарын талдай отырып, келесідей қорытындылар жасауға болады:

1. Күрекшелері артқа иілген жұмыстық дөңгелектер салыстырмалы аз арын тудырады. Олардың үлкен бөлігін статикалық және аз бөлігін жылдамдық арындар құрайды;

2. Күрекшелері алға иілген жұмыстық дөңгелектер салыстырмалы үлкен толық арындар тудырады. Бұған жылдамдық арынды көтеру арқылы қол жетеді. Статикалық арынның мәні жалпы алғанда күрекшелері артқа иілген дөңгелектердікінен аспайды;

3. Радиаль күрекшелі жұмыстық дөңгелектер, мәні бойынша жоғарыда айтылған екі дөңгелектердің ортасындағыдай толық арын тудырады және ол жылдамдық пен статикалық арындардың тең бөліктерінен тұрады.

Осы айтылғандарға байланысты жұмыстық дөңгелектердің қолданылу аймақтарын анықтауға болады:

1. Күрекшелері артқа иілген дөңгелектерді көп сатылы машиналарда қолданған ұтымды, себебі әр дөңгелектен кейін жылдамдық арынды статикалыққа түрлендіргіштер қою мүмкіндігі жоқ (сорғылар, ортадан тепкіш желдеткіштер, турбокомпрессорлар);

2. Күрекшелері алға иілген дөңгелектерді салыстырмалы аз қуатты бір дөңгелекті, жақсы жетілдірілген диффузорлар қолдануға болатын машиналарда пайдаланады (осьтік желдеткіштер).

Турбомашиналардың нақтылы өзіндік (дербес) сипаттамасы

Жоғарыда айтылғандай қарастырып отырған теориялық процесс нақтылықтан келесілермен өзгеше:

- жұмыстық дөңгелектер шексіз күрекшелі;
- айдайтын ақпалы-мінсіз;
- соққыдан жоғалыстары жоқ.

Бұл факторлардың турбомашина жұмысының нақты процесіне әсерлерін ескерейік.

Жеке алынған күрекшенің мысалында, оны иірімсіз жайпақ-параллель ағым қоршаған жағдайында, ақпалы ағымының жұмыстық дөңгелек күрекшесімен өзара әсер процесін қарастырайық. Ақпалы жылдамдығының бағытына белгілі бір бұрышпен орналасқан күрекшені ағым шайғанда, ол ағым екіге бөлінеді және күрекшенің

арғы жағында иірім пайда болады да, ол күрекшеден ұзай түседі. Осы құбылыстың салдарынан күрекшенің айналасында айналмалы қозғалыс пайда болып, ол негізгі ағымға жанама қосылады. Сондықтанда күрекшенің жоғарғы жағына ағыстар сәйкес келеді және ағым жылдамдығы өседі, бұл мезгілде төменгі жақта ағыс бағыты қарама-қарсы болып, оның жиынтық жылдамдығы төмендейді.

Ақпалының метр бағанасы бойынша көрсетілген турбомашинаның теориялық арыны, ақпалы түріне байланысты емес. Ол толығымен күрекше айналасындағы циркуляциямен, күрекшелер санымен және бұрыштық айналу жылдамдығымен анықталады. Егер сұйықта тұтқырлық (қоюлық) жоқ болса, онда  $\Gamma$  нольге тең және  $H_T=0$ . Яғни, энергияны беру тек іс жүзінде тұтқыр сұйықтарда ғана мүмкін.

Сонымен, төмендегідей қорытынды жасауға болады. Теориялық арын  $\omega=const$ -болғанда күрекшелер саны мен олардың айналасындағы циркуляцияға байланысты.

Кез келген тұтқырлық ортада иірім айналасында пәрменділігі циркуляциямен өлшенетін жылдамдық өрістері пайда болады. Жұмыстық дөңгелектің күрекшелерінің ақырғы сандарында сұйықтың барлық түйіршіктері күрекшелермен біркелкі қағыспайды. Бұл абсолютті жылдамдыққа тосқауыл шақырады немесе абсолютті жылдамдықтың беткескінін айналмалы жылдамдыққа түсіреді.

Жұмыстық дөңгелектің күрекшелерінің ақырғы сандарында жоғалысы

Күрекшелерінің ақырғы сандарын есептеу үшін циркуляция коэффициенті деп аталатын түзетуді енгізуге болады

$$H_T = K \frac{U_2 C_2 \cos \alpha_2}{g} \quad (5)$$

$K$  шамасы күрекшелер санына, күрекшелердің шығу бұрышына байланысты.

$\beta_2$ , жұмыстық дөңгелектің кіреберіс және шығаберіс диаметрлерінің қатынасы

$$K = \frac{1}{1 + \frac{3.6 * \sin \beta_2}{Z (1 - r/r_1)^2}} \quad (6)$$

мұндағы  $Z$  – күрекшелер саны (6- 12);  $K= 0,75+ 0,85$  радиалды және алға қайырылған күрекшелер үшін және  $0,78+ 0,8$  – артқа қайырылған күрекшелер үшін.

Жақындатылған есептеулерге

$$H_T = \alpha \frac{U_2^2}{g}, \quad (7)$$

мұндағы  $\alpha$  - теру коэффициенті; бағыттаушы аппаратты турбина типті сорғылар үшін  $\alpha = 0,45 + 0,55$ ; бағыттаушы аппаратсыз спиральді алып кетпелі сорғылар үшін  $\alpha = 0,35 + 0,5$

Үйкелістен жоғалыстар ( $h_T$ ) жұмыстық дөңгелек күрекшелері арасындағы арна қабырғаларының бұжырлығы шақыратын кедергіден, сұйықтық дөңгелектен кейінгі шыға беріс арналар қабырғалары үйкелісінен пайда болады. Гидравлика курсынан белгілі болғандай, үйкеліске жоғалыстар жылдамдық квадратына немесе шығын квадратына пропорционалды.

$$h_{Tp} = \cdot [\ell, \beta \mu, g^2 (Q)^2].$$

Осылайша арналардағы үйкелістен жоғалыстар графикалық, шыңы координаттар басына сәйкес келетін парабола ретінде көрсетіледі.

Соққыдан жоғалыстар күрекшкге кірерде және одан шығарда жоғалған жылдамдықтардың квадратына пропорционал. Соққыдан жоғалыстар мына теңдеумен анықталады.

$$h_{уд} = K_{уд} (1 - \frac{Q}{Q_H})^2, \quad (9)$$

мұндағы  $K_{уд}$  - турбомашинаның конструкциясына тәуелді параметр;  $Q_H$  – турбомашинаның қалыпты (есептік) өнімділігі;  $Q$  - турбомашинаның нақты өнімділігі.

Егер оны КП мен белгілесек – барлық жоғалымдар коэффициенті, онда

$$H = КП H_{T\infty} \quad (10)$$

Алынған теңдеуге бұл мәнді қоя отырып :

$$H = КП i \left( \frac{g_2^2}{g} + \frac{g}{g} \frac{ctg\beta_2}{\Pi D_2 v_2} Q_T \right) \quad (11)$$

аламыз.

11- теңдеу немесе оның графигі турбомашинаның нақты дербес сипаттамасы деп аталады.

Машина қуаттарының теориялық және нақты сипаттамасы (а); турбомашинаның толық ПӘК-і (б).

Қуат теңдеуінен ПӘК-ін алуға болады.

$$\eta = \frac{QgH}{1000N} = \frac{\rho GgH}{1000N}$$

мұндағы  $Q$  және  $G$  – машинаның сәйкесіне көлемдік және массалық берілісі;  $g$  – еркін түсу үдеді;  $H$  – ағын күші;  $N$  – машинаның нақты қуаты.

Сірә,  $Q=0$  және  $H=0$  болғанда ПӘК нөлге тең, өйткені машинаның барлық режимінде  $N_\beta \neq 0$ ,  $Q=0$  және  $Q=Q_{max}$  (3б-сурет) шегінің орнында, машинаның ПӘК-і максималды мәнге ие болады.



ПӘК максималды мәнге жететін режимді қолайлы да, ағын күшін және берілісті болдыру үшін қуат машинадан ең жақсы энергетикалық әсермен жіберіледі, яғни ең үнемді .

**Негізгі әдебиет 7[23-39].**

**Қосымша әдебиет 11 [22-31].**

**Бақылау сұрақтары.**

1. Турбомашинаның дербес теориялық сипаттамасы деген не?
2. Турбомашинаның жұмыс дөңгелегі күрекшелерінің қандай түрлері бар?
3. Жұмыс дөңгелегінің күрекшелерінің әртүрлі түрін салыңыз.
4. Жұмыс дөңгелегінің әртүрлі күрекшелер түрлері үшін толық, статикалық және динамикалық арын қалай сәйкестенеді?
5. Турбомашинаның жұмыс дөңгелегіндегі жоғалымның негізгі түрлерін атаңыз.
6. Жұмыс дөңгелегіндегі күрекшелер саны арын шамасына қалай әсер етеді?
7. Арын шамасына үйкелістен шығындар қалай әсер етеді?
8. Арын шамасына соққыдан шығындар қалай әсер етеді?
9. Турбомашинаның нақты дербес сипаттамасы деген не?

**4-дәріс. Турбоқондырғының сыртқы желі сипаттамасы. Турбоқондырғының жұмыстық нүктесі және оны талдау. Турбомашиналардың жұмыс кестесін реттеу**

Ақпалыны тасымалдауға арналған қондырғы турбомашинадан (сорғы, желдеткіш, компрессор) және сыртқы желіден тұрады. Ақпалының кіре берісінен шыға берісіне дейін: ішкі (турбомашинаның кіре берісінен шыға берісіне дейінгі жол) және сыртқы желі-деп аталатын сыртқы жолдар (турбомашинаға дейінгі және одан кейінгі құбырлар) болады.

Ақпалының сыртқы желімен қозғалысындағы қажет арынның (қысымның) тасымалданатын ақпалы санына байланысы сыртқы желі сипаттамасы-деп аталады. Сыртқы желінің негізгі теңдеуі жүйенің энергетикалық тепе-теңдігін (балансын) зерттеу арқылы алуға болады.

Турбомашиналы қондырғының жалпы схемасын, мысалы, су төкпе қондырғысын қарастырайық (4-сурет). Айдағыш, біздің жағдайымызда сорғы, ақпалының құбырдағы қарсы қысымының кедергісін алуға, жылдамдық арын тудырып, ақпалыны қажет биіктікке көтеруге (геодезиялық биіктікті алу) қажетті арынды тудырады.

Д. Бернулли теңдеуін салыстыру жазықтығы ретінде су құдығындағы судың деңгейін қабылдай отырып, онымен құбырдан шыға беріс қима аралығындағы ағым үшін жазамыз.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{\text{пот}}, \quad (11)$$

мұндағы

$$Z_1 = 0 \quad Z_2 = H_{\Gamma}$$

$$P_1 = P_a \quad P_2 \approx P_{\text{вс}}$$

$$v_1 = 0 \quad v_2 = v_{\Gamma}.$$

Олай болса

$$H_C = H_{\Gamma} + h_{\text{пот}} = H_{\Gamma} + (h_C + h_{\text{м.с.}}) = H_{\Gamma} + \left( \lambda \frac{LV_{\Gamma}^2}{d2g} + \sum \varphi \frac{V_{\Gamma}^2}{2g} = \right. \quad (12)$$

$$= H_{\Gamma} + \left( \lambda \frac{L}{d} + \sum \varphi \right) \frac{16 \cdot Q^2}{\pi^2 d^4}.$$

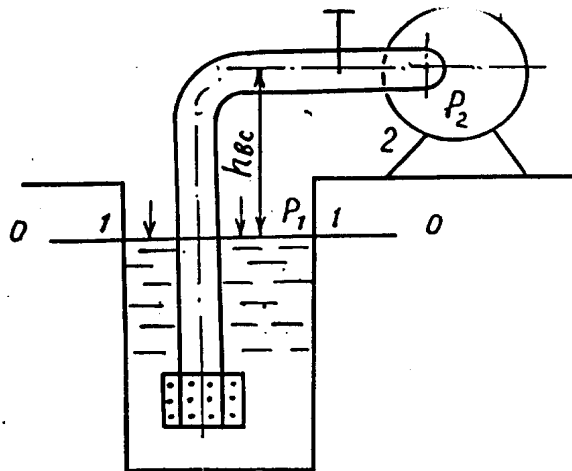
$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} \text{ — болғанда}$$

берілген желі үшін  $\lambda \left( \frac{L}{d} + \sum \varphi \right) \frac{16}{\pi^2 d^4} = R_{\Gamma} = \text{const}$  — екенін ескерсек,

онда

$$H_C = H_{\Gamma} + R_{\Gamma} Q^2$$

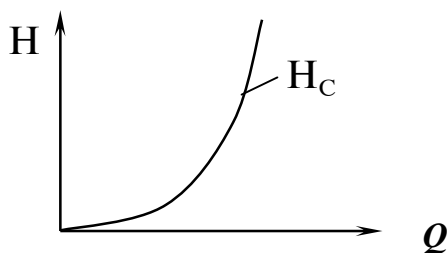
(13)



4- сурет. Сутөкпе қондырғысының схемасы

Бұл қатынасы сыртқы желінің сипаттамасы болып табылады, мұндағы  $R_{\Gamma}$  — құбырдың тұрақтысы немесе жоғалыстың жалпы коэффициенті - деп аталады, ал  $H_{\Gamma}$  — геодезиялық биіктік.

Графикалық сыртқы желі сипаттамасының теңдеуі парабола ретінде болады (5-сурет).



5 - сурет. Сыртқы желі сипаттамасы

### Жұмыстық нүкте

Тұрақты және тұрақсыз турбоқондырғының жұмыстық көрсеткіштерін анықтау үшін турбомашина мен желінің сипаттамаларының теңдеулер жүйесін бірге шешу керек.

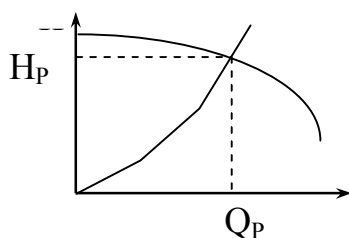
$$\begin{cases} H = \kappa i \left( \frac{u_2^2}{g} - \frac{u_2 Q \operatorname{ctg} \beta_2}{\pi \cdot D_2^2 \cdot \varphi_2} \right) \\ H_c = H_T + R_T Q^2 \end{cases} \quad (14)$$

Бұл теңдеулердің түбірлері  $Q_p$  және  $H_p$  – турбоқондырғының жұмыстық көрсеткіштері болып табылады.

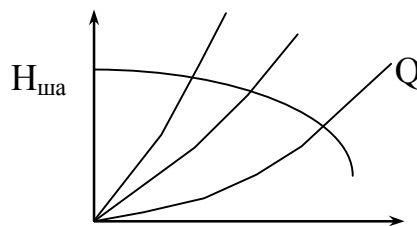
Бұл сұрақты, сондай-ақ, графикалық түрде, бір графикте турбомашина мен желінің сипаттамаларын бірге түсіру арқылы шешуге болады (6-сурет).

Бұл ретте аталған сипаттамалардың қиылысу нүктесінің координаталары турбомашиналы қондырғының жұмыстық көрсеткіштері  $Q_p$  және  $H_p$  болып табылады.

Бұл жұмыстық нүкте тек біреу болады және турбомашина сипаттамасының ең жоғарғы мәнінің оң жағында жатуға тиісті (7-сурет).



6-сурет. Жұмыстық нүкте



7-сурет. Сыртқы желі сипаттамасының жұмыстық нүктеге әсері

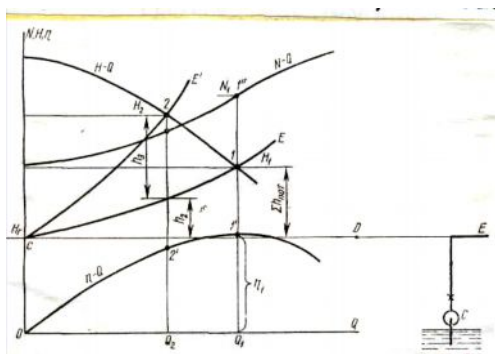
Бірінші шарт келесі критерияны сақтау арқылы қамтамасыз етіледі.

$$H_2 \leq 0,9.$$

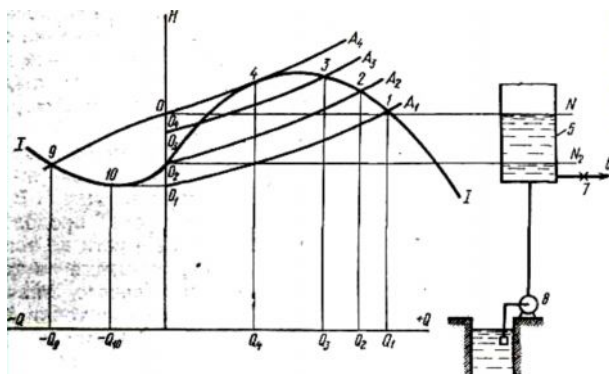
$H_0$ , мұндағы  $H_0$  – суды көтерудің жалпы биіктігі.

Екінші талап “помпаж”-деп аталатын құбылысты болдырмау үшін қажет.

Кейбір жағдайда ортадан тепкіш турбомашиналардың жұмысы кезінде тұрақсыз кестелер пайда болуы мүмкін. Оның себебі желідегі электркернеуінің тербелісіне, желі сипаттамаларының өзгеруіне, ығыстырылатын ақпалы санына және т.б. байланысты электрқозғалтқышының айналу жиілігінің ауытқуынан болуы мүмкін. Бұл ретте беріліс күрт ауытқиды және қозғалтқышқа үлкен салмақ түседі. Бұл жағдайда беріліс поршындық машиналардағыдай соққы тәріздес сипат алады, ал мұндай жұмысқа байланысты құбылыс “помпаж” –деп аталады.



8-сурет. Сорғы қондырғысының жұмыс



9-сурет. Ортадантепкіш сорғының помпажын түсіндіретін

9-суретте помпаж құбылысын графикалық талдау мысалы келтірілген 8-сорғы  $n = \text{const}$  болғанда суды 5-баққа береді, одан су тұтынушыларға 6-құбырлық өткізгіш арқылы ағады. Егер сорғы су деңгейін  $O_2N_2$  сызығы бойынша ұстап тұратын болса (6-құбырлық өткізгіштен ағуы есебінде), онда қондырғы шығыны 2-нүктедегі жұмыс кестесімен анықталады. 7-жапқышты жабу 6-құбырлық өткізгіштегі шығынды азайтады және 5-бақтағы су деңгейі көтеріле бастайды. Шеттік деңгей  $O_4N$  сызығымен анықталады, демек сорғының конструктивтік және техникалық мүмкіндіктері біткеннен кейін оның берілісі  $Q_2$ -ден,  $Q_4$ -ке дейін азаяды. Бақтағы су деңгейі одан ары көтеруі мүмкін болмағандықтан, сорғы берілісі  $Q_9$ -мәніне дейін төмендейді демек ол теріс мәнді болады. Сорғы арқылы арындық құбыршадан соратынға ақпалы беріліс  $Q_{10}$ -мәніне дейін азайғанша ағады, содан кейін сорғының жұмыс кестесі оң беріліс аймағына ығысады, және оның мәні  $Q_1$ -нүктесімен анықталады. Егер 7-жапқыш арқылы құбырлық өткізгіш арқылы шығынды көтерсек бұл үрдіс қайтадан қайталанады.

Негізгі әдебиет: 1 [б. 192- 204], 2 [б. 51- 57]

Қосымша әдебиет: 4 [б. 68- 69]

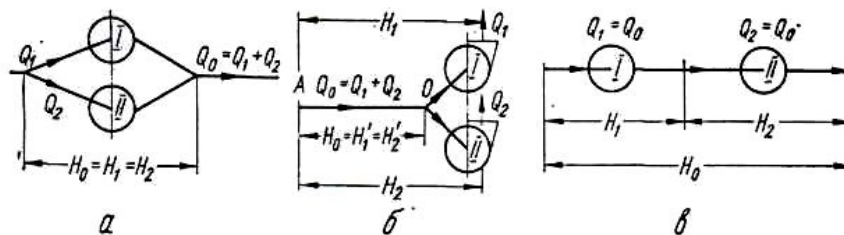
Бақылау сұрақтары:

1. Турбоқондырғы деген не?
2. Сыртқы желі деген не?
3. Сыртқы желінің сыйпаттамасын суреттейтін формуланы жазыңыздар.
4. Геодезиялық биікті сыртқы желі сипаттамасы геодезиялық биіктіксізден немен ерекшеленеді?
5. Турбоқондырғының жұмысшы нүктесі деген не?
6. Жұмысшы нүкте қандай шарттарды қанағаттандыруға тиіс?
7. Помпаж құбылысы деген не және онымен күресу жолдары.

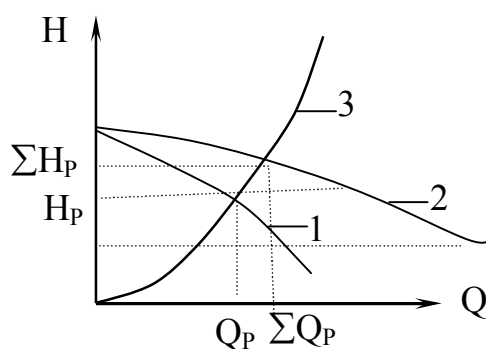
**5-дәріс. Турбомашиналардың сыртқы желіде бірге жұмыс істеуі. Турбомашинаның жалпы параллель және тізбектей жұмыс істеуі.**

Бірге жұмыс істейтін деп бір құбырға бірге жалғасқан бірнеше турбомашиналарды түсіну керек.

Бірге жұмыс істеу параллель немесе тізбектей болуы мүмкін.



5.1.-сурет турбомашиналардың бірге жұмыс істеуі: а және б — параллель жұмыс істеуі; в — тізбектей жұмыс істеуі.



5.2-сурет. Параллель жұмыс істейтін турбомашиналардың сипаттамасы

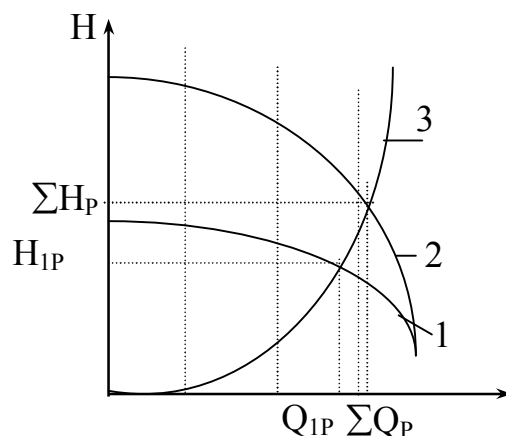
1— бір турбомашинаның сипаттамасы; 2— екі бірдей сипаттамалы қатар жұмыс істейтін турбомашиналардың қосынды сипаттамасы; 3—сыртқы желі сипаттамасы;  $\Sigma Q_p$ ,  $\Sigma H_p$ — екі турбомашина тудыратын жұмыстық өнімділік пен жұмыстық арын.

Турбомашиналардың параллель жұмыс істеуі бір турбомашина өнімділігі жеткіліксіз болған жағдайда қолданылады. Мұндай жұмыстың негізгі шарты болып, турбомашиналар тудыратын арынның бірдей болуы саналады.

Турбомашиналардың жұмыстық көрсеткіштерін анықтағанда, қосынды сипаттамалардың графикалық тәсілі кең тараған. Алдымен барлық қатар жұмыс істейтін турбомашиналардың қосынды сипаттамалары тұрғызылады да, содан кейін оған жалпы желінің сипаттамасы түсіріледі.

Графиктен барлық қондырғының және әр турбомашинаның жұмыстық көрсеткіштері анықталады.

Турбомашиналардың тізбектей жұмысы, бір турбомашина тудыратын арын жеткіліксіз болған жағдайда қолданылады. Бұл ретте мұндай жұмыстың негізгі шарты болып барлық турбомашиналардың өнімділіктерінің теңдігі саналады.



5.3-сурет. Тізбектей жалғасқан турбомашиналар сипаттамасы

1-бір турбомашинаның сипаттамасы; 2- бірдей сипаттамалы екі турбомашинаның қосынды сипаттамасы; 3- сыртқы желі сипаттамасы:  $Q_{1P}$ ,  $H_{1P}$  – бір турбомашинаның жұмыстық өнімділігі мен арыны;  $\Sigma Q_P$ ,  $\Sigma H_P$  – екі турбомашинаның қосынды өнімділігі мен арыны.

**Турбомашиналардың жұмыс кестесін реттеу**

Турбомашиналардың жұмыс кестесін реттеудің негізгі мақсаты-график бойынша белгіленген өнімділік пен арынды (қысымды) ұстап тұру.

Олардың жұмыс кестесін реттеудің екі тәсілі болуы мүмкін: сандық-жұмыстық дөңгелектің тұрақты айналыс жиілігінде және сапалық-жұмыстық дөңгелектің айналу жиілігін өзгерту арқылы.

### Реттеудің сандық тәсілдері

1. Айдайтын құбырдағы дроссельдеу. Бұл тәсілде тосқауыл (дроссельді) ашу дәрежесімен айдайтын құбырдың кедергісін жасанды түрде өсіреді немесе төмендетеді. Бұл ретте желі сипаттамасы және соған сәйкес жұмыстық нүкте де өзгереді (5.4-сурет).

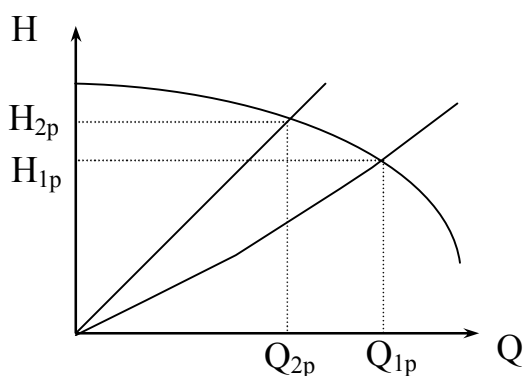
2. Соратын құбырдағы дроссельдеу әдісі. Бұл тәсіл соратын құбырда бұрылмалы бағыттағыш күрекшелері жоқ машиналар үшін үнемді. Өртүрлі қалыпта қойылған дроссельдік қалқан соратын құбырдағы қысымды төмендетеді. Бұл ақпалының сипаттамасын, соған сәйкес турбомашинаның арындық сипаттамасын ( $H-Q$ ) өзгертеді. Бұл ретте жұмыстық нүктенің қалпы және турбоқондырғының жұмыс көрсеткіштері де өзгереді (5.5-сурет).

Егер кавитация әсері болмаса сорудағы ағымды дроссельдеу айдау жүйесін дроссельдеуге қарағанда экономикалық үнемді. Соңғы тәсілде көп болмаса да П.Ә.К.-ің төмендеуі орын алады.

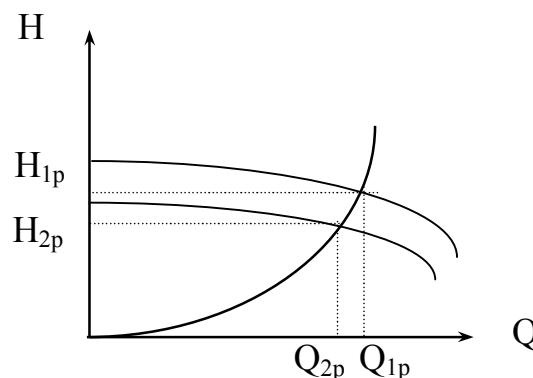
3. Ақпалыны айдайтын құбырдан ағызу. Ағызылатын ақпалының саны задвижканы ашу дәрежесіне байланысты. Машина жұмысын бұлай реттеу қарапайымдылығымен ерекшеленеді және кез келген қозғалтқышта мүмкін. Оның негізгі кемістігі - энергия жоғалыстары салдарынан үнемсіздігі. П.Ә.К.-ің мәні едәуір өзгереді.

4. Күрекшелер санын немесе сатылар санын өзгерту. Бұл тәсіл турбомашинаның арынын (қысымын) реттеуге мүмкіндік береді, себебі

$$H = \frac{n \cdot Z \cdot \Gamma l}{60g}$$



5.4-сурет. Айдау желісін дроссельдеу



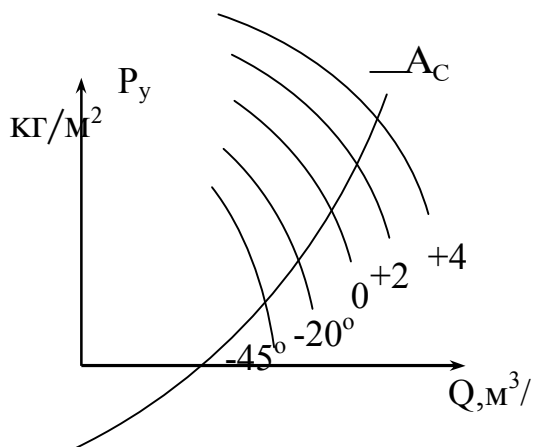
5.5-сурет. Сору желісін дроссельдеу

5. Бағыттағыш аппараттың күрекшелерінің орналасу бұрышын өзгерту. Әйлер теңдеуінен көрінгендей, турбомашиналардағы ақпалының жұмыстық күрекшелерге кіру жағдайына, ақпалы ағымына берілетін үлестік энергия едәуір байланысты. Ағымды

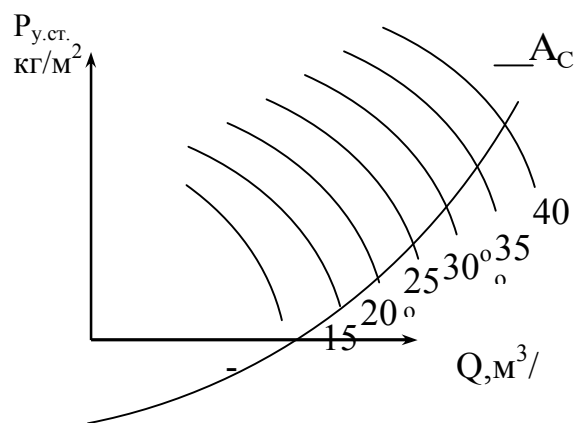
айналдыру тудыратын арын мәніне әсерін тигізеді және тұрақты құбырлық өткізгіш сипаттамасында машина берілісін өзгертеді. Сондықтан да берілісті машинаға кіре берістегі ағымға, арнайы күрекшелі бағыттағыш аппарат арқылы реттеу мүмкіндігі пайда болады. Ол аппарат жұмыстық дөңгелектің алдына орнатылады. Жұмыстық дөңгелек айналатын жаққа бұруды күрекшелердің оң бұрышпен орналасуы-деп есептеу қабылданған. Бұл жағдайда ағым бағыттағыш аппараттың күрекшелерінен айналыстағы жұмыстық дөңгелек күрекшелерін қуа ағады. Бағыттағыш аппарат күрекшелерін жұмыстық дөңгелек айналысына қарама-қарсы бұру- теріс бұрыш.

Ағымды жұмыстық дөңгелектің айналу бағытында айналдыра бергенде арын (қысым) төмендейді, ал қарсы бағыттағанда –арын көтеріледі (5.6-сурет).

Реттеудің бұл тәсілінде П.Ә.К. соратын құбырда дроссельдеумен салыстырғанда жоғары. Бұл тәсілді қозғалтқыштардың кез келген түрінде қолдануға болады.



5.6-сурет. Бағыттағыш аппаратпен реттеу



5.7-сурет. Күрекшелердің орналасу бұрышын өзгерте реттеу

6. Жұмыстық дөңгелек күрекшелерінің орналасу бұрышын өзгерту. Реттеудің бұл тәсілін тек осьтік машиналарда қолдануға болады. Әйлер теңдеуі бойынша жұмыстық дөңгелек күрекшелерінің орналасу бұрышының өзгеруіне байланысты шыға берістегі жылдамдық  $C_{2u}$ -де өзгереді, яғни турбомашина тудыратын арында өзгереді. Жұмыстық дөңгелек күрекшелерінің әр орналасу бұрышына өз  $Q$ -  $P$  сипаттамалары болады. Сыртқы желінің тұрақты сипаттамасында жұмыстық нүкте әр түрлі бұрыштарға сәйкес өзгеріп тұрады (5.7-сурет).

7. Турбомашинаның сипаттамасын жұмыстық дөңгелекті диаметрі бойынша жону арқылы өзгерту. Бағыттағыш аппараттары бар немесе дөңгелекке кіре берісте және шыға берісте тығыздағыштары бар турбомашиналарда тек күрекшелерді кесіп,

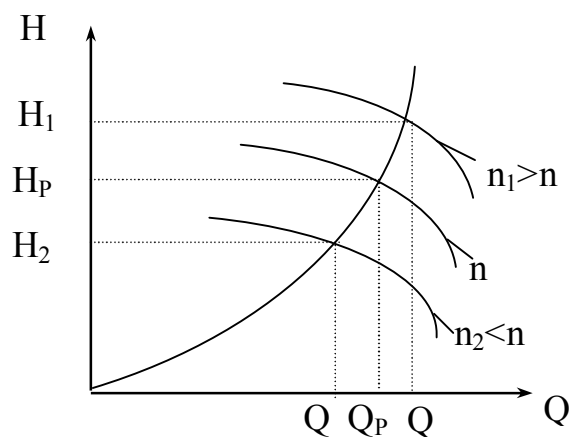


дөңгелек дискасын сақтап қалады, ал спиральды сорғыларда күрекшелерді де, дискаларды да кесуге болады. Ұқсастық заңдары бойынша  $Q$ ,  $H$ ,  $N$ -жұмыстық дөңгелек диаметрінің квадратына ( $Q$ ), кубына ( $H$ ) және 5-ші дәрежесіне ( $N$ ) пропорционалды өзгереді. Дөңгелектерді жонудың ұтымды шектері диаметрдің 15-20% -на дейін.

### Сапалы реттеу

Жұмыстық дөңгелектің айналу жиілігін өзгерту, турбомашина сипаттамасының өзгеруіне әкеліп соқтырады. Бұл ретте әрине жұмыстық нүктенінде қалпы өзгереді (5.8-сурет).

Айналдыру жиілігін байыппен реттеу мүмкіндігінде жұмыстық нүктенің қалпын және қондырғының жұмыстық көрсеткіштерінде байыппен өзгертуге болады. Реттеудің бұл әдісінде П.Ә.К.-көп өзгермейді.



5.8-сурет. Жұмыстық дөңгелектің айналу жиілігін өзгерте реттеу

**Негізгі әдебиеттер 7[42-60].**

**Қосымша әдебиет 9[32-40].**

**Бақылау сұрақтары:**

1. Турбомашиналардың бірге жұмыс істеуі деген не?
2. Турбомашиналардың параллель жұмысы қандай жағдайда қолданылады?
3. Турбомашиналардың тізбектей жұмысы қандай жағдайда қолданылады?
4. Турбомашиналардың параллель жұмысында жұмыс көрсеткіштері қалай анықталады?
5. Турбомашиналардың тізбектей жұмысында жұмыс көрсеткіштері қалай анықталады?
6. Турбомашина жұмысын реттеудің сандық әдістерін атаңыз?
7. Турбомашина жұмысын реттеудің сапалық әдісінің маңызы неде?

### 6-дәріс. Кеніштік сутөкпе

Шахтының сумолдығы абсолютті немесе салыстырмалы мәндерде көрсетіледі.

Абсолютті сумолдық немесе шахтыдағы су жиылысы – деп, уақыт бірлігіндегі барлық қазбалардан келіп түсетін судың мөлшерін айтады. Ол м<sup>3</sup>/сағ. немесе м<sup>3</sup>/тәулік пен белгіленеді.

Су жиылмасы шахтының сумолдығын толық сипаттай алмайды және олардың жұмысын салыстырғандағы бағамдығы болып саналады, себебі шахтылар пайдалы қазындының әртүрлі сандарын берулері мүмкін. Сондықтан да салыстырмалы сумолдықты да ескеру керек.

Салыстырмалы сумолдық немесе сумолдық коэффициенті—деп, м<sup>3</sup> немесе т-мен көрсетілген жылдық су жиылымының бір жылда өндірілетін пайдалы қазындыға қатынасын айтады (м<sup>3</sup>).

$$K = \frac{Q_{\Gamma} \rho}{1000 \cdot A}, \quad (6.1)$$

мұндағы  $Q_{\Gamma}$  – судың жылдық жиылымы, м<sup>3</sup> (т);  $\rho$  – судың тығыздығы, кг/м<sup>3</sup> ;  $A$  – пайдалы қазындының жылдық өнімі, м<sup>3</sup> (т).

Жаңа кеніштерді жобалағанда немесе ескілерін қайта құруда сумолдық коэффициентін пайдаланады.

Бұл коэффициентті кенішке жиналатын жылдық суды анықтау үшін, тек ұқсас кеніштердің геологиялық және метеорологиялық жағдайлары сәйкес келгенде ғана пайдалануға болады.

Сумолдық коэффициенті қабылданған кенішпен салыстырғанда, қуатты кеніштерді жобалағанда, сутөкпе қондырғыларын кеңейту мүмкіндігін қарастыру керек. Кеніш сумолдығын ұқсастық бойынша есептегенде келесі формуланы пайдалануға болады (бірдей геологиялық және метеорологиялық жағдайдағы кеніштің су жиылымы бойынша)

$$Q_1 = Q_2 \sqrt{\frac{S_1 H_1}{S_2 H_2}}, \quad (6.2)$$

мұндағы  $Q_2, H_2, S_2$  – жұмыстағы кеніштің сумолдығы, тереңдігі және алаң ауданы;  $Q_1, H_1, S_1$  – жобаланбақ кеніш үшін.

Сутөкпе жабдықтарын таңдағанда судың металға қышқыл әсерін білу керек.

Кеніштегі өте қышқыл суларды әк, әк сүті және каустік содалардың көмегімен бейтараптандырады.

Әк арқылы бейтараптандырылғанда оның салмақтық шығыны келесідей болады:

$$G = 700 \cdot a \cdot Q, \text{ кг/сағ.} \quad (6.3)$$

Мұндағы а – судағы бос күкірт қышқылының құрамы (%);

Q – су жиылымы, м<sup>3</sup>/сағ.

Әк сүті арқылы бейтараптандырылғанда

$$G = 63.a.Q, \text{ кг/сағ.} \quad (6.4)$$

Кауістік (каустический) содамен бейтараптандырылғанда

$$G = 10,813.a.Q, \text{ г/л.}$$

(6.5)

### Сутөкпенің негізгі схемалары

Мүмкін схемалары:

1. Кен орынын бір жазықтықпен өндіргенде
2. Кен орынын бірнеше жазықтықпен өндіргенде
3. Ашық жұмыстарды және қазбаларды жүргізуде.

Тау-кен жұмыстарын бір жазықтықта жүргізгенде суды сыртқа шығаруды төменгідей әдістермен атқаруға болады:

а) егер шахтылар өзара қазбалармен жалғасып, олар бір шахтыға қарай ылдый орналасса және оның оқпан албарында бас сутөкпе қондырғысы орналасқан жағдайда – бір орталық сутөкпе қондырғымен;

б) бірнеше шахтылық оқпандар болған жағдайда – әрқайсысына сутөкпе қондырғылармен;

в) шахтылар тереңдеген сайын сатылы сутөкпе қондырғылармен. Шахты тереңдігі  $H \geq 700$  м және  $Q \geq 2000$  м<sup>3</sup>/сағ. болғанда сатылы сутөкпеге көшу керек-деп саналады.

Тау-кен жұмыстары бір мезгілде бірнеше деңгейде жүріп жатқан жағдайда, белгілі жағдай үшін, схема таңдау мүмкіндігінше аз шығынмен, сенімді сутөкпе қондырғылар тұрғысынан жүргізіледі.

Бірнеше деңгейдегі сутөкпені келесідей атқаруға болады:

а) әр жазықтықты басқаларға тәуелсіз құрғататын бас сутөкпе қондырғысымен. Бірақ, мұндай схеманың кемшіліктері де бар (жабдықтардың және жұмысшылардың көп болуы, оқпандағы құбырлардың көптігі, т.б);

б) төменгі жазықтықтардан суды көмекші қондырғылармен көтеріп, жоғарғы жазықтықта бас сутөкпе қондырғыны орналастыру арқылы. Бұл схема төменгі жазықтықтардың су жиылымы жоғарғылардан аз болғанда жиі қолданылады;

в) барлық жазықтықтардан суды төменгі жазықтықтың сужинағышына түсіріп, ол жерден бас сутөкпе қондырғысымен жер бетіне айдау арқылы. Бұл схеманың артықшылығы – тек бір ғана сутөкпе қондырғы болады. Бірақ бұл схемада жоғарғы жазықтықтардан түскен суды қайта көтеруге энергия шығыны жол алады. Сондықтан да жоғарғы жазықтықтардың суларын төменге құбырлар арқылы түсіріп, оларды сорғылық қондырғының сору құбырымен жалғастырады және осылайша төмен аққан судың арынын пайдаланады.

### Сутөкпе қондырғыларға талаптар

Сорғылық камераның ұзындығын келесідей анықтауға болады.

$$L = \sum \ell_m + \sum \ell_H + a(Z + 1), \text{ м} \quad (6.6)$$

мұндағы  $\sum \ell_m$  – электроқозғалтқыштардың қосынды ұзындығы, м;  $\sum \ell_H$  – сорғы ұзындығының қосындысы, м;  $a = 1,5-2,0$  м; агрегаттардың ара қашықтығы;  $z$  – сорғылар саны.

Сорғылық камераның ені

$$B = b + b_p + b_k,$$

(6.7)

мұндағы  $b$  – сорғы фундаментінің ең үлкен ені, м;  $b_p$  – темір жол жағындағы фундаменттен қабырғаға дейінгі аралық, м;

$b_k$  – құдықтар жағынан фундаментпен қабырғаға дейінгі аралық.

$$b_k = 0,7 - 1,2 \text{ м.}$$

Камера биіктігі сорғылар өлшемі мен көтергіш жабдықтарға байланысты. Жұмыстық дөңгелектерінің диаметрі 300 мм-ге дейінгі сорғыларды орналастырғанда камера биіктігі – 3,2 м, ал диаметрі 300 мм-ден жоғары болғанда 4,5-4,7 м болуы шарт.

Сутөкпе қондырғыларда сужифыштар болуы тиіс.

Сужинағыш – шахтылық су жиналып, одан жер бетіне айдалатын көлем. Сонымен бірге сужинағыштар тұндырғыш рөлін атқарады. Қышқыл суларды айдаған жағдайда, сужинағышты бейтараптандыру үшін пайдаланады. Тазалау ыңғайлылығы үшін шахталық су жинағыштарды екі өзара бөліктелген секциялармен жасайды. Ең кең тарағандары - жазық тау қазбалары ретіндегі су жинағыштар. Мұндай конструкцияда шөгінділердің әсерінен су жинағыштың пайдалы қимасы кішірейеді. Жаңа жобаланатын шахталарда суды алдын ала тұндырғыштарда немесе құм ұстағыштарда тазартып алатын сужинағыштар қарастырылуы тиіс.

Сужинағыштың көлемі төрт сағаттық қалыпты су жиылымын сыйғызатындай етіліп анықталады.

$$V_{\text{вод}} = 4 \cdot Q_{\text{час}}, \text{ м}^3. \quad (6.8)$$

Көлденең қимасының ауданы бір жолды қазба қимасына тең деп қабылданады.

Сужинағыштың әр тармағының ұзындығы

$$\ell = \frac{V_{\text{вод}}}{2 \cdot S}, \text{ м,}$$

(6.9)

мұндағы  $S$  – су жинағыштың қабылданған қимасы, м<sup>2</sup>. Қауіпсіздік ережелерінің талабына сәйкес тәуліктік су жиналым 20 сағаттан көп емес уақытта толуы керек. Осыған сәйкес сорғының өнімділігі

$$Q_H = \frac{24Q_4}{20}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

шартынан анықталады.

Тұндырғыштар қолданған жағдайда олардың енін 2м-деп қабылдайды. Ұзындығын 4-ші кесте бойынша қабылдауға болады.

### Тұндырғыш ұзындығы

4 – кесте

Шөгетін түйіршіктердің диаметрі, мм	Түйіршіктердің шөгу жылдамдығы, мм/с	Ағын судың мөлшеріне (м <sup>3</sup> /сағ.) байланысты тұндырғыш ұзындығы, м			
		50	100	200	500
0,10	5,88	1,0	1,5	2,5	6,0
0,25	24,27	0,5	0,5	1,5	1,5

Қалыпты су жылымы 50м<sup>3</sup> тан аз шахтылар үшін сорғылық камерада екі сорғы орнатылады. Қалыпты сағаттық су жылымы 50м<sup>3</sup> тан асатын шахтылар үшін үштен кем емес сорғылар орнатылады. Едәуір үлкен су жылымдарында егер бір сорғы 20 сағат ішінде суды айдап үлгіретін болса қатарынан 2 және оданда көп сорғылар жұмысқа қажет болады. Олардың жалпы санын 5-кесте бойынша анықтауға болады.

Аяқасты су тасқыны болу қаупі төнген жағдайда ( кен геологиялық жағдайы бойынша ) сорғылар санын аяқасты келіп түсетін суларды айдауды ескере көбейту керек.

5-кесте

Сорғылық агрегат жалпы саны	Қосынды ішінде		
	жұмыста	қосалқы	Жөндеуге
4	2	1	1
5	3	1	1
7	4	2	1
8	5	2	1
9	6	2	1
11	7	3	1

**Негізгі әдебиеттер: 1[б.156-159].2[б.114-118].**

**Қосымша әдебиет: 4[б.7-8,С166-177].**

**Бақылау сұрақтары:**

1. Кеніштің абсолютті сукөптігі деген не?
2. Кеніштің салыстырмалы сукөптігі деген не?
3. Сутөкпенің мүмкін схемаларын атаңыз?
4. Заманауи сутөкпе қондырғыларына қойылатын талаптарды атаңыз.
5. Сорғылық тұғыр не үшін арналған?
6. Кеніштік сутөкпеде қандай сорғылық тұғыр қолданылады?
7. Сужинағыштар неге арналған?
8. Сужинағыштың көлемі қандай болу керек?

9. Қауіпсіздік ережелерінің талабы тәуліктің су жиналымының уақытына байланысты қандай болады?

10. Сорғылық қондырғыларды резервтеу талабы қандай?

### **7-дәріс. Ортадантепкіш сорғы жұмысының ерекшеліктері.**

Динамикалық сорғыларға сұйық кіре беріс (соратын) және шыға беріс (айдайтын) құбырлармен тұрақты қатынасатын тұғырдағы күштік әсердің салдарынан қозғалатын сорғылар жатады. Бұл сорғылар тұрақты беріліспен (көлемдіктердегідей үлестік емес) және қақпақшаларының жоқтығымен сипатталады.

Сұйыққа күштік әсерінің түріне байланысты, динамикалық сорғылар, күрекшелі (лопасты) үйкеліс сорғылары және электромагнитті болып бөлінеді. Кеніштік сутөкпе жүйелерінде ортадан тепкіш күрекшелі сорғылар кең қолданыс тапты. Енді олардың конструкцияларының ерекшеліктерін және жұмысын қарастырайық.

Олардың топталуы (1.7-суреттегі) схемада келтірілген.

#### **Ортадантепкіш сорғының құрылымы**

Подшипниктерге сүйенген білікке шпонкалар арқылы жұмыстық дөңгелектер бекітіліп, білікпен бірге сорғының роторын құрайды. Әкелетін құбырдан сұйық арнайы кіре беріс элемент арқылы жұмыстық дөңгелекке кіріп, онда белгілі энергия қорына ие болады (арын). Көп сатылы секциялы сорғының жұмыстық дөңгелегінен сұйық бағыттағыш аппаратқа түсіп, онда динамикалық арын жартылай статикалыққа түрленеді. Одан әрі сұйық келесі дөңгелекке түседі де арыны көтеріледі және т.с.с. Соңғы дөңгелектен сұйық спиральды шыға беріс элементке және айдағыш құбыр арқылы арындық құбыр өткізгішке түседі.

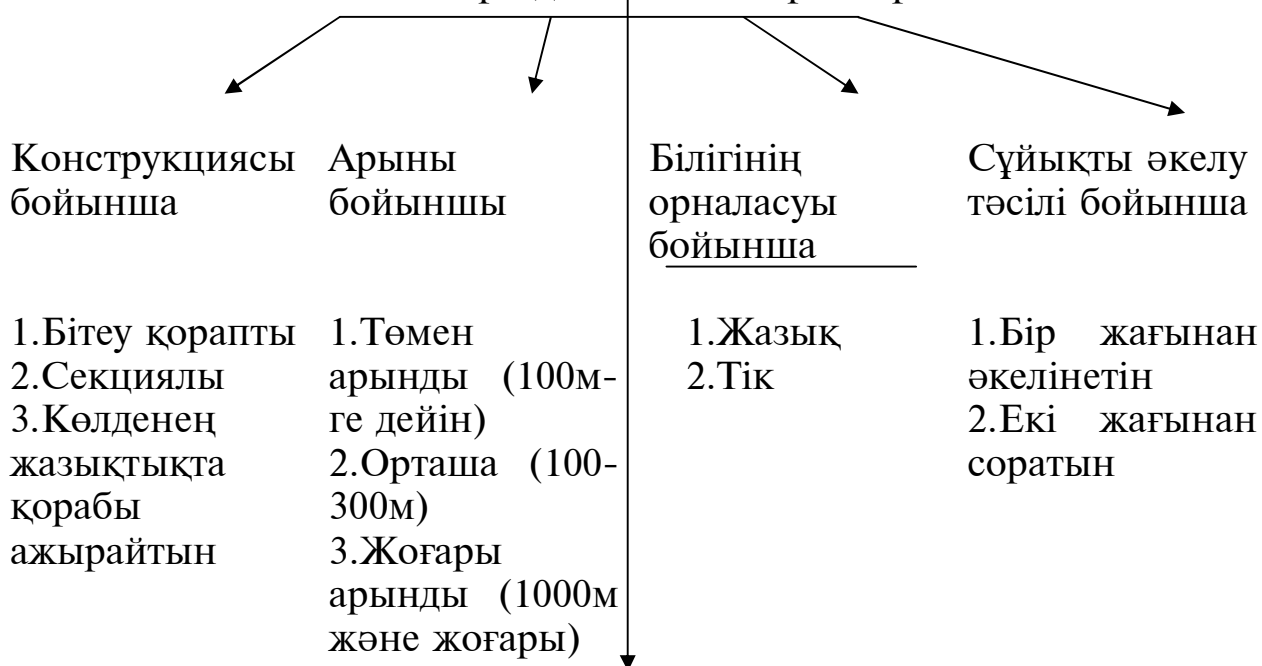
Сорғы қорабынан шығатын жерлерде білік тығыздағышты қысатын втулкалармен тығыздалады. Сорғы білігі қозғалтқыш білігімен қоспа арқылы жалғасады.

Сорғылардағы тығыздағыштар сорғы өнімділігін төмендетуге соқтыратын сұйық жоғалыстарын болдырмау үшін және атмосфералық ауаның білік өтетін жерден -сорғының соратын жағына енуінің алдын алу үшін қажет.

Сорғы білігі шығатын жерлердегі тығыздағыш құрылымдар — жанаспа үйкелістегі механикалық тығыздағыштар (сальниктер). Соратын жақтағы тығыздағыш сорғының ауа сормауын, ал айдайтын қақпақтағы тығыздағыш, кетпеуін қамтамасыз етеді. Бұл тығыздағыштар қабысуға қарсы құраммен өңделген жұмсақ материал жібінен (мақта-мата, пенька, асбест) сақина секілді орындалады. Білік айналған кезде оның тығыздағыш пен үйкелісінен пайда болатын жылуды әкету үшін сальник сұйықтың кейбір бөлігін

өткізуге тиісті. Механикалық тығыздағыштардан басқа сору жағында сұйықтық тығыздағыш-сұйықтық затвор бар.

### Ортадан тепкіш сорғылар



Айдайтын сұйықтың түріне байланысты

1. Бейтарап су үшін
2. Сілтілі су үшін
3. Қышқылды су үшін
4. Қатты заттар араласқан су үшін

### 1.7-сурет. Ортадан тепкіш сорғылардың топталуы

Сорғының секциялық қорабы ортақ конструкцияға тартқыш қарнақтармен жиналған.

Жұмыстық дөңгелектер жабық және ашық болуы мүмкін. Жабық дөңгелектер арасында күрекшелер орналасқан екі дискі бар (алдыңғы және артқы). Дискілер, күрекшелер және білікке қондырылатын втулка бірге құйылады. Ашық жұмыстық дөңгелектерде күрекшелі бір-ақ диск втулкасымен болады.

Беріктік шарты бойынша дөңгелек дискілері втулкаға қарай жуандайды. Шахтылық сорғылардың жұмыстық дөңгелегінің диаметрі әдетте 800мм-ден аспайды. Жұмыстық дөңгелектің шыға беріс диаметріндегі айналыс жылдамдығы 35-40м/с-ті құрайды.

Жұмыстық дөңгелек күрекшелері артқа қарай 145-150°-бұрышпен иіледі. Олар шеңбер доғасымен немесе логарифмдік спираль бойынша бейнеленеді және қалыңдығы 3-8 мм болып келеді.

Күрекшелер саны көп болған сайын дөңгелектегі су қозғалысы дұрысталады, бірақ олар тым көп болса сұйықтық жоғалыстар молаяды. Әдетте дөңгелекте 6-9 күрекше болады.

Ашық жұмыстық дөңгелектерді ластанған сұйықтарды айдағанда қолданған ұтымды.

Қышқылсыз сұйықтар үшін жұмыстық дөңгелектер, шойыннан немесе көміртекті болаттан құйылып жасалады, қышқылды сұйықтар үшін-хром мен никельмен дәнекерленген болаттардан, хроммен цементтелінген шойыннан, қышқылға төзімді қола мен пластмасалардан жасалады.

Жұмыстық дөңгелектен су 50м/с-ке дейін жоғары жылдамдықпен шығатындықтан (ал арын жоғалысын төмендету үшін сорғы арналарындағы жылдамдық 5 м/с-тен аспауға тиісті), спиральды шыға беріс және күрекшелі бағыттағыш аппараттар қолданылады.

Сорғыларда сақиналы майланатын және қола немесе бабитті вкладыштармен сырғыма подшипниктер, шарикті немесе роликті сағыз немесе пластмассалы (оларда майлағыш ретінде су қызмет етеді) подшипниктер қолданылады.

**Ортадантеңкіш сорғының сору биіктігі. Кавитация құбылысы және олармен күресу әдістері**

Сұйықтың сорғыға сорылу жағдайы оның жұмыс кестесіне айтарлықтай әсер етеді.

Сорғы құдықтағы су деңгейінен жоғары, яғни оң геометриялық сору биіктігі немесе су деңгейінен төмен, яғни теріс сору биіктігінде орналасуы мүмкін.

Сору биіктігі мына теңдеумен анықталады

$$H_{bc} = \frac{P_{aT}}{\rho g} - \frac{P_{ex}}{\rho g} - \frac{v_T^2}{2g} - \left( \lambda \frac{l_{ec}}{d_{ec}} + \sum \varphi \right) \frac{v_T^2}{2g} \quad (1)$$

мұндағы  $P_{bx}$  – сорғының шығаберісіндегі қысым, МПа;

$v_T$  – сору құбырлық өткізгішіндегі судың жылдамдығы, м/с;

$\lambda$  – Дарси коэффициенті;

$l_{ec}$  – сору құбырлық өткізгішінің ұзындығы, м;

$d_{ec}$  – сору құбырлық өткізгішінің диаметрі, м;

$\sum \varphi$  – жергілікті кедергі коэффициенттерінің қосындысы.

$$h_{bc} = \frac{P_{aT}}{P_g} - \frac{P_{ex}}{P_g} - \frac{v_T^2}{2g} - \left( \lambda \frac{l_{ec}}{d_{ec}} + \sum \xi \right) \frac{v_T^2}{2g} \quad (2)$$

Сору биіктігіне кавитация құбылысы әсер етеді.

Енді осы құбылысты қарастырамыз.

Кавитация – тізбектеле өтетін және өз ара әсер ететін көпіршіктердің күрделі түрі. Кавитация айдалатын сұйықтағы еріген газдардың көбікшелер бөлуі, сұйықтың жұмыстық дөңгелек күрекшелерін айналып өту ерекшеліктері және соған байланысты күрекшедегі қысымның дөң және жайпақ бөліктеріндегі біркелкісіздігімен сипатталады.



Сұйықтағы ең төмен қысым  $t$  -қызуындағы сұйық буының серіппелігіне ( $P_t$ ) тең. Егер сорғыға кіре берістегі сұйық қысымы  $P_t$ -мәніне дейін төмендесе, онда одан еріген газдардың көбікшелері бөліне бастайды- ол “қайнайды”.

Бұл көбікшелер, күрекшелердің дөң және жайпақ жақтарындағы қысымдардың айырмашылығына байланысты түйір ағымының циркуляциялық қозғалысынан (дөң жақтан) жоғары қысым аймағына (жайпақ жаққа) ауысады.

Жоғары қысым аймағында газ көбікшелері конденсатталады (олар жарылады). Газ көбікшелерінің конденсатталуының аяқталу сәтінде пайда болған вакуум аймағына сұйық түйіршіктері жоғары жылдамдықпен ұмтылады және күрекше бетіне соқтығысқанда әп-сәтте тежеледі. Бұл ретте сұйық түйіршіктерінің кинетикалық энергиясы серіппелі деформация энергиясына көшеді. Бұл ретте сұйық деформациясы елеусіз болғандықтан, сұйықтық соққы құбылысы пайда болады. Жоғалған жылдамдықтың әрбір м/с-ды қысымды шамамен 1 МПа-ға көтереді. Қысым көбеюімен кері толқын пайда болады, онда қысым күрт төмендейді және сұйық қайталап “қайнап”, одан кейін тағыда конденсатталуы мүмкін.

Суреттелген үрдіс-кавитация деп аталады (латынша *cavitas*-бос қуыс).

Кавитация болған жердегі сұйықтық соққылар, материалдардың эрозиялық және коррозиялық бүлінуіне әкеледі. Кавитацияға төтеп бере алатын материалдар әзірге белгісіз. Барлық қолданылған материалдар жылдам немесе баяу істен шыға бастайды.

Кавитациялық бүліністерге шойын және көміртекті болаттар тез ұшырайды. Механикалық беріктікпен қатар, химиялық төзімділікті материалдар жоғары төзімділік көрсетеді, мысалы қола және тоттанбайтын болат.

Кавитацияның пайда болғанын келесі белгілер бойынша білуге болады:

1. Сорғыда шуыл және тербеліс пайда болады.
2. Сорғының пайдалану сипаттамалары күрт өзгереді (көп сатылы сорғыларда кавитация тек бірінші сатыда пайда болады).
3. Материалдардың кавитациялық бүлінуі.

Кавитация құбылысының пайда болуымен күресудің аса тиімді шарасы сору биіктігін төмендету болып табылады, яғни алдына ала анықталған болуы мүмкін сору биіктігін тағыда кавитацияға қарсы қор деп аталатын  $\Delta h_k$  мәніне төмендету керек. Бұл мән проф.

С.С. Руднев формуласымен анықталады:

$$\Delta h_k = \delta \cdot H_k = 10 \left( \frac{n\sqrt{Q}}{c} \right)^{4/3}, \quad \text{м} \quad (3)$$

мұндағы  $\delta$ —кавитация коэффициенті,  $N_k$ —сорғының жұмыстық дөңгелегі тудыратын арын;  $h$ — жұмыстық дөңгелектің айналау жиілігі, мин-1;  $Q$  — сорғы өнімділігі, м<sup>3</sup>/с (екі жағынан соратын сорғылар үшін  $Q/2$ );  $C$  — сорғының кавитациялық ұқсастық бағаны, сорғының жүрдектік коэффициентіне байланысты.

Осылайша, сорғының сору биіктігінің ақырғы мәні.

$$h_{вс} = \frac{Pa}{\rho g} - \frac{Pt}{\rho g} - \left( \lambda \frac{l_{вс}}{d_{вс}} + \sum \zeta \right) \frac{g^2_{т}}{2g} - \frac{g_{т}^2}{2g} - \Delta h_{k, м} \quad (4)$$

Осьтік қысымдар және олармен күресу тәсілдері

Сорғының жұмыстық дөңгелегі айналған, кезде оның екі жағындағы А және Б тұғырларындағы сұйықта айналады. Берілген радиустағы сұйықтың әр түрлі түйіршіктерінің айналу жылдамдығы бірдей емес. Дөңгелек дискісінің жанындағы сұйық түйіршіктері дөңгелек жылдамдығымен айналса, қораптың қозғалмайтын бетіне жақын сұйық түйіршіктерін қозғалыссыз деп санауға болады. А және Б қуыстарындағы сұйықтың орташа айналу жылдамдығын кез келген радиуста дөңгелектің сәйкес жылдамдығының жартысына тең деп қабылдауға болады. Осы айтылғандарға байланысты  $r$  радиусындағы сұйықтың тудыратын тегеурінін келесі теңдеумен көрсетуге болады.

$$F_{ос} = F = F_2 - F_1 = P_2 \frac{\pi D_2^2}{4} - \left[ P_1 \frac{\pi D_1^2}{4} + P_2 (D_2^2 - D_1^2) \right] = \frac{\pi D_1^2}{4} (P_2 - P_1). \quad (3.13)$$

Көп дөңгелекті насостар үшін

$$F_{ос}' = i F_{ос}, \quad (5)$$

$P_1$  және  $P_2$  — жұмыстың дөңгелекке кіре берістегі және одан шыға берістегі сұйық қысымы, Па;  $i$  — жұмыстың дөңгелектер саны.

Осьтік тегеурін ылғида сору жағына бағытталған. Ол пайда болғанда жұмыстық дөңгелек ығысады және үйкеліске байланысты жоғалыстар күрт өседі. Сондықтан да осьтік жылжу тегеурінін жою мен төмендету шараларын қолдану керек.

**Негізгі әдебиет:** 2 [с. 119 – 130 ]

**Қосымша әдебиет:** 4 [с. 48 – 54 ]

**Бақылау сұрақтары:**

1. Қандай сорғылар динамикалық сорғыға жатады?
2. Ортадан тепкіш сорғылардың топталуын атаңыз?
3. Сорғының сору биіктігі деген не?
4. Сорғының сору биіктігі қалай анықталады?
5. Кавитация құбылысы деген не?
6. Кавитацияны болдырмайтын сору биіктігінің қоры қалай анықталады?
7. Сорғылардағы осьтік жылжу туындауының себебі неде?
8. Осьтік жылжу шамасы қалай анықталады?

## 8-дәріс. Көмекші жұмыстарға арналған сорғылар

Тау-кен ісінде қолданылатын поршеньді сорғыларды мынандай белгілері бойынша топтауға болады.

Жетек түрі бойынша :кривошипті-шатунды механизммен, тік әсерлі.

Поршеннің түрі бойынша: дисклі поршеньді, плунжерлі.

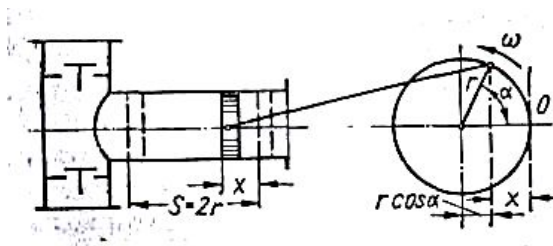
Әсер ету тәсілі бойынша: қарапайым әсерлі, қос әсерлі, дифференциалды.

Цилиндрлердің орналасуы бойынша: горизонталды, вертикалды (тік).

Цилиндрлердің саны бойынша: бір цилиндрлі, қосарланған және тізілген:

Дисклі поршеньді сорғылар суық әрі таза суда жұмыс істеуге жарамды:

Плунжерлі поршень сальник ішімен жүреді және тиісінше цилиндр қабырғаларымен жанаспайды. Сондықтан плунжер поршеньді сорғы образивті қатты бөлшектер бар ластанған суларда жұмыс істей береді. Сальник конструкциясы сорғының жұмыс үрдісінде тартуды (подтяжка) жүргізуге мүмкіндік береді.



8.1-сурет.. Кривошипті-шатунды механизімі бар поршеньді сорғы құрлысының сұлбасы.

8.1-суретте кривошипті-шатунды механизімі бар поршенді сорғының сұлбасы келтірілген. Поршеннің бастапқы күйінен орын ауыстыруы  $x$ -әрпімен белгіленген. Поршеннің орын ауыстыруын мына теңдеумен көрсетуге болады.,

$$X = r - r \cos \alpha$$

мұндағы  $r$ -кривошип радиусы;  $\alpha = \omega t$  -кривошиптің бастапқы күйден бұрылу бұрышы;  $\omega$  -айналудың бұрыштық жылдамдығы;  $t$ - бастапқы күйден бастап қозғалу уақыты.

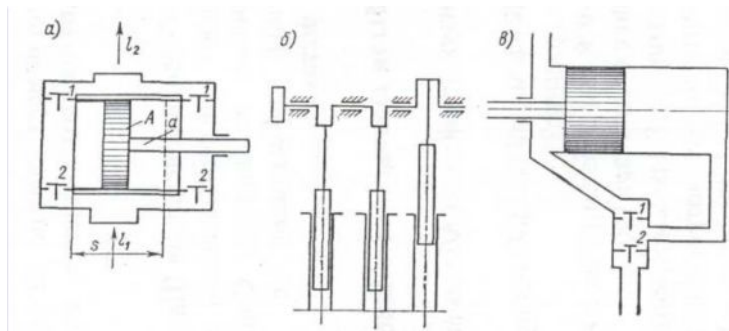
Сорғы берлісі деп, уақыт бірлігінде айдау құбырлық өткізгішіне берілетін сұйықтың көлемдік мөлшерін атайды.

Дисклі поршеньді бір әсерлі горизонтальды поршеньді сорғының нақты  $Q$  берлісі мына тәуелділікпен анықталады,

$$Q = A s n \eta / 60$$

мұндағы  $A$ -поршеннің қима ауданы,  $m^2$  ;  $s$ -поршеннің пайдалы жүрісі,  $m$  ;  $n$ -кривошипті біліктің айналу жиілігі,  $1/мин$  ;  $\eta$  -сорғының көлемдік ПӘК-і.

Қос әсерлі сорғының (8.2,а-сурет) берлісі келесідей анықталады. Сұлбада көрініп тұрғандай, поршень солға жылжығанда цилиндрдің сол жақ қуысындағы сұйық ығысады, яғни, 1-сол жақ айдау қақпақшасы көтеріліп сұйықты айдау құбырлық өткізгішіне өткізеді, ал 2-сол жақ сору қақпақшасы өз ершігіне түседі. Поршень солға жылжығанда айдау



8.2-сурет. Поршеньді сорғының сұлбасы

құбырлық өткізгішімен өтетін сұйық мөлшері туындысымен анықталады. Поршень оңға жүргенде цилиндрдің оң жақ бөлігінен (А-ға)  $s$  сұйық ығысады (а-штоктың көлденең қимасы). Поршеннің бір жүрісінде (алдымен солға, кейін оңға) сорғы, айдау құбырлық өткізгішіне беретін сұйық мөлшері мынаған тең:

$$A_s + (A-a)s = (2A-a)s$$

Немесе секундық берліс ,

$$Q_0 = (2A-a)sn/60$$

Көлемдік жоғалыстарды ескеріп сорғының нақты берлісін мына формуламен анықтайды,

$$Q = Q_0 \eta_0 = (2A-a)sn \eta_0 / 60 \quad (1)$$

Үш әсерлі сорғының берлісі (8.1,б-сурет),

$$Q = A sn \eta_0 / 60 \quad (2)$$

Төрт әсерлі сорғының берлісі ,

$$Q = (2A-a)sn \eta_0 / 30 \quad (3)$$

Қос әсерлі сорғылар айдау құбырлық өткізгішіне сұйықты бір келкі береді, бырақ конструкциясы бір әсерлі сорғыдан күрделі, өйткені онда төрт қақпақша бар.

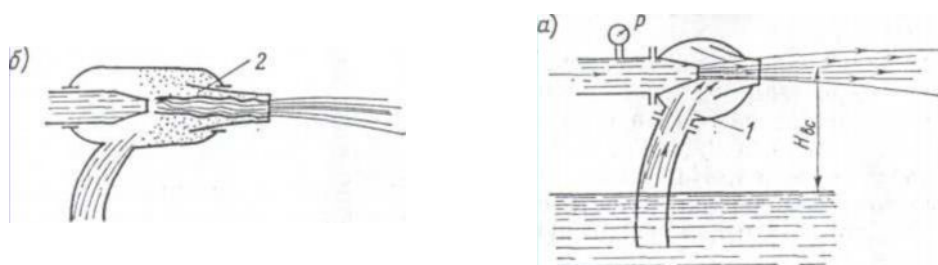
Поршеньді сорғы цилиндріндегі және құбырлық өткізгішіндегі сұйық қозғалысы тұрақтанбаған, бұл инерциалд күштердің пайда болуына септігін тигізеді. Бұл күштер, айналу жиілігі  $n$  және құбырлық өткізгіштің ұзындығы өскен сайын көбейетін әр түрлі теріс құбылыстарға әкеп соғады.

Сұйықтың тұрақтанбаған инерциялы қозғалысын тұрақтанғанға өзгерту үшін ауа қалпақтарын қолданады.

Ауа қалпақтарының көмегімен поршеньді сорғылардың жұмысын қалыптандыру келесідей жүреді. Сорғыға жақын сору және айдау құбырлық өткізгіштеріне жеткілікті үлкен сыйымдылықты резевуарлар қойылады. Ыдыстан сорғымен сорылатын сұйық 1-сору қалпағына келеді. Қалпақтың жоғарғы бөлігінде сұйық біркелкі келмегенде туындайтын сілкіністерді амортизациялайтын ауа болады. Қалпақ поршенінің бір жүрісінде (соруда) сорғыға келетін сұйық көлемі оның толық көлемінің елеусіз үлесіне тең болатындай болу керек. Сол кезде қалпақтағы ауаның көлемі мен қысымының өзгерісі елеусіз болады.

Осыған ұқсас үрдістер II-ауалық қалпағы бар айдау құбырлық өткізгінде жүреді. Әр түрлі қысымдағы екі ағым энергиясының араласуы мен алмасуы және аралық қысымды араласқан ағым пайда болатын құрылғыларды *ағындық аппараттар* деп атайды. Аппарат алдындағы жоғары қысымға ие ортаны – жұмыстық орта деп, ал жұмыстық ортаның ағымын *жұмыстық ағым* деп атайды.

Су ағыны –жұмыстық ағым, насадка-сопладан үлкен жылдамдықпен ұшып шығады, жұмыстық ағым ағынының айналасында төмен қысымды аймақ пайда болатын, қабылдау камерасына келеді (8.2,а,б-сурет), жұмыстың бастапқы кезінде қабылдау камерасы болатын 1-кеңістік ауамен толтырылған, су ағыны бұл ауаны 2-ығыстыру камерасының мойындығына (горловина) бұрады. Ауаның бұру интенсивтілігі өз кезегінде ағын жылдамдығымен шартталатын ағын бетінің күйіне байланысты.



8.3-сурет. Гидроэлеватор жұмысының сұлбасы

Егер жұмыстық ағымның жылдамдығы үлкен болса, онда ағын бетінде ағынмен жасалатын құйындар пайда болады, оған қоса бұл тізбектелген қозғалыс сұйық ағынының бетінде диспергирленген ақырғы массалардың айналуымен бірге жүреді. Осылайша құйындармен интенсивті әкетілетін ауа ығысу камерасына жетеді.

Егер насадкадан кейін жұмыстық ағым жылдамдығы үлкен болмаса және ағын айналасында құйынды массалар байқалмаса, онда ағын беті толқынды немесе тегіс болады.

Толқынды бет ауаның интенсивті үлкеюін қамтамасыз етеді, өйткені толқын беттері ауаның кейбір порциясын тлықтырады және толқындар мойындықтың ішкі бетімен жанасқанда поршеньді әсер нәтижесінде үйкеліспен әкетеді.

Сұйықты сығылған ауамен көтеруге арналған қондырғылар эрлифтер деп аталады. Ең алғаш ауалық көтергіштер (эрлифтер) 1846-жылы «маммут-сорғы» атауымен қолданылған. Ауалықкөтергіштердің әсер принципі негізінде, алдынала сығудан кейін сұйықпен араласатын жұмыстық агенттің энергия шығыны жатыр. Қозғалыстағы бөлшектердің жоқ болуы ауалық көтергіштерді ұңғымалардағы ластанған суды тампонажды ертінді, құм және балшық араласқан гидротұнбаларды сору үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

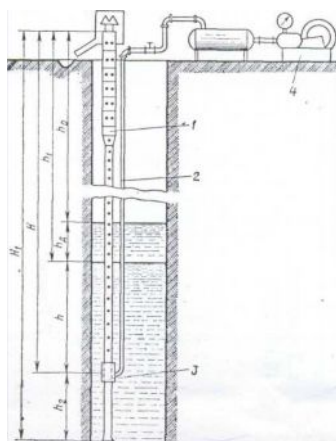
Қазіргі кезде ауалықкөтергіштерді пайдалану аймағы кеңеюде. Олар халық шаруашылығының әр салаларында қолданады. Тау-кен

кәсіпорындарында ауалық көтергіштерді шахтадан суды соруда (көп сатылы эрлифті қондырғылар) және окпанды өтуде (кұрғатуға) қолданады.

Осындай кең қолданысқа және конструкциясының қарапайымдылығына қарамастан эрлифтердің жұмыс теориясы жеткіліксіз жасақталған. Есептеудің аналитикалық және эмпирикалық формулалары шынайымен сәйкес келмейді. Эрлифтерді есептеудің қазіргі теориясы сұйық тығыздығының айырмашылығына және екі фазалы қоспаға (ауа-су) негізделген.

Ұнғымада эрлифті жинақтау үшін, 8.4-суретте келтірілгендей «іште» немесе «жанында» сұлбасымен құбырдың екі ставын түсіреді, олардың бірі үлкен диаметрлі–сукөтергіш құбыр 1, ал екіншісі кіші диаметрлі–ауа бергіш құбыр 2. Су көтеруші құбыр ауа бергіш құбырмен жалғасқан (негіз 3) деңгейден 3-5 м тереңдетіліп суға батырылған. 4-компрессормен ауа бергіш құбыр арқылы сығылған ауа айдалады және негіз форсункасы арқылы су көтеру құбырына келеді.

Ауа мен судың араласуы нәтижесінде су-ауалық араласпа пайда болады. Оның тығыздығы судың тығыздығынан аз болады, сондықтан су көтеру құбырындағы араласпа деңгейі көтеріле бастайды. Сығылған ауа қысымы жоғарлаған сайын су-ауа араласпасының көтерілу биіктігі өседі. Негізге айдалатын ауа суда ұсақ көбіктерге шашылады да кеңеюге талпынып сұйықты жоғары итереді, пайдалы жұмыс өндіріледі. Сығылған ауаны үздіксіз айдағанда құбырдағы су-ауалық араласпа, сығылған ауа қысымының мөлшері мен өлшеміне ауалықкөтергіш форсункасының батырылу, су көтеру және ауа беру құбырларының диаметр өлшеміне, сонымен қатар араласпаның қозғалыс жылдамдығына байланысты болатын елеулі биіктікке көтеріледі. Ауалықкөтергіш форсункасының батырылу өлшемі белгілі жағыдайларда қондырғының жоғарғы ПӘК-ін қамтамасыз етеді. Батырылу тереңдігі су



8.4-сурет . Эрлифтің әсер ету сұлбасы

көтеру құбырындағы су-ауалық араласпаның бағаналық қарсы қысымы ауалықкөтергіштен тыс су бағанасын қамтамасыз ететіндей есеппен жүргізіледі

**Негізгі әдебиет:** 2 [б. 148 – 156], 3 [б. 119 – 121]

**Бақылау сұрақтары:**

1. Поршеньді сорғылардың арналуы.
2. Поршеньді сорғылардың топталуын келтіріңіз .
3. Қарапайым әсерлі, қос әсерлі және дифференциалды поршеньді сорғылардың конструктивтік айырмашылықтары .
4. Поршеньді сорғының өнімділігі немен анықталады?
5. Ауа қалпақтары қандай мақсаттар үшін қажет?
6. Гидроэлеватордың жұмыс принципі қандай?
7. Гидроэлеваторлар қандай мақсаттарда қолданылады?
8. Эрлифтердің жұмыс принципі қандай?
9. Эрлифтердің қолданылу аймағы қандай?

**9-дәріс. Басты желдетпе желдеткіштері.**

Тау-кен ісінің дамуына байланысты кеніштік алаңдар көлемі өсуде, қазу тереңдігі мен кен қазбаларының ұзындығы ұлғаюда. Сонымен қатар өндірістік үрдістерді механикаландыру деңгейінің өсуімен шаңның пайда болуы, газдар бөлінуі мен температураның жоғарылауы жиілейді. Соған байланысты желдету қондырғыларына қойылатын талап күшеюде.

- Желдету қондырғылары жабық герметикалық оқпан қуысында немесе штольняда орналасуы керек және арнамен жалғануы керек.

- Желдету не сормып айдаушы, не аралас болады.

- Желдету қондырғылары конструкциясының басты міндеті сенімділік пен шусыз жұмысын қамтамасыз ету.

- Аса ауыр желдету жағдайларында, желдету қондырғыларының жобаланған қор өнімі 20% кем болмауы керек.

Арналуы мен классификациясы.

Желдету қондырғылары кен орны мен кеніш ішін үздіксіз желдете отырып қалыпты атмосфералық жағдай туғызуға арналған.

Олар төмендегідей бөлінеді:

- Басты желдетпе желдеткіш қондырғылары.

- Көмекші.

- Жергілікті желдетпе

Басты желдету желдеткіш қондырғылары, тұйық забойдан басқа барлық істегі шахта немесе рудниктерді желдету үшін қолданады. Олар жабық герметикалық оқпан бетінде орналасады. Басты желдету желдеткіш қондырғылары сорып айдаушы және аралас желдету схема бойынша жұмыс істейді.

Көмекші желдетпе қондырғылардың атқаратын қызметі оқпандар мен оқпан жанындағы камералар, бөлек бөлімшелерде желдетуге арналған. Олар не жер бетінде немесе жер астында орналасады.

Жергілікті желдетпе желдеткіш қондырғылары тұйық кенжардағы кен қазындыларында және камераларда қолданылады.

Конструкциясы бойынша желдеткіштер ортадантепкіш және остік болып бөлінеді.

Олардың әрқайсысының өз кемшілігі мен артықшылығы бар.

- әр желдеткіш қондырғылары резервтік құрылғыларымен қамтылуы қажет.
- желдеткіш қондырғылары үлкен шектерде басқаруға қолайлы және экономикалық тиімді болуы керек.
- шахтаның негізгі желдетпе желдеткіштерінің номиналды өнімділігі  $630 \text{ м}^3/\text{с}$  дейін, ал статикалық қысымы  $7100 \text{ Па}$  дейін болады. (ГОСТ 11004–75).
- желдеткіштер  $+50^0$  – тен  $-20^0 \text{ С}$  температурада жұмыс істеуі тиіс.

Желдеткіш корпусан, ротордан, бағыттаушы және түзетуші аппараттардан және оған жалғанған коллектор мен кіре беріс қорабынан тұратын агрегат.

**Жіктелуі.** Остык желдеткіштер жұмыстық сатылар (жұмыстық дөңгелек саны) саны бойынша бірсатылы және көпсатылы болып жіктеледі. Біріншілерін жергілікті желдетпеде, екіншілерін – бас желдетпелерде пайдаланады. Көпсатылы желдеткіштер бірсатылылармен бірдей өнімділікте, жоғары қысымды қамтамасыз етеді. Қазіргі кездегі бас желдетпе остык желдеткіштерінде сатылар саны екіге тең етіліп қабылданады.

**Желдеткіштер схемалары.** Қазіргі шахтылық остык желдеткіштер жергілікті желдетпелерде НА+РК және НА+РК+СА және бас желдетпелерде РК+НА+РК+СА және РК+РК схемалары бойынша жинақталады. Белгілеулердегі: РК- жұмыстық дөңгелек, НА- бағыттығыш аппарат, СА- түзеткіш аппарат. НА жұмыстық дөңгелекке кіреберісте ауа ағымына қажет бағыт беруге арналған, ал көпсатылы желдеткіштің екі жұмыстық дөңгелектер арасындағы НА-да сондай-ақ ағымды кері айналдыруға арналған; СА- ағымды жұмыстық дөңгелектен шығаберісте, оның айналуына керібағытқа кері айналдыруға арналған. Жұмыстық дөңгелектер арасындағы НА мен СА күрекшелерінің шығаберіс бұрыштарын өзгерту арқылы ағым бағытын бастапқыға қарама-қарсы өзгертуге болады.

**Қарама-қарсы айналатын желдеткіштер** екі жұмыстық дөңгелекпен болады (РК+РК схемасы) және олар бағыттағыш және түзеткіш аппараттарсыз бір біріне қарсы айналады.

Әдеттегі екісатылы желдеткіштермен бірдей параметрлерде қарама-қарсы айналатын желдеткіш аз остык өлшеммен және массамен болады.

**Ағымды меридианальды үдететін** желдеткіштер, әдеттегі остык желдеткіштерге қарағанда қысымның жоғары мәнін алуға мүмкіндік береді. Остык желдеткіштердің қысымы күрекшелердің диффузорлығымен шектеледі, ол ағымның күрекшелерден үзілуіне соқтыруы мүмкін. Диффузорлықты, ағымға жұмыстық дөңгелектегі конустық немесе сфералық втулкалар есебінде меридианальды үдеу бере, азайтуға болады. Бұл ретте ағымның остык жылдамдығы өседі. Едәуір меридианальды үдеулі желдеткіштерде остык



жылдамдық кіреберістегіге қарағанда 1,5-2,0 есе үлкен болуы мүмкін, бұл диффузор алдындағы үлкен динамикалық қысымдарға соқтырады.

**Желдеткіштердің элементтері.** Коллектор мен обтекатель бірінші жұмыстық дөңгелек алдына орнатылады және осьтік жылдамдықтың байыппен үлкен жоғалымдарсыз өсуіне және бірқалыпты жылдамдықтар алаңын қамтамасыз етуге арналған. Обтекатель жартылай сфера немесе жарты эллипсоида бейнелес болады. Осьтік желдеткіштердің **жұмыстық дөңгелектері** әдеттегі және айналдырылған бейнелі күрекшелермен жабдықталады.

Желдеткіш жұмысына күрекшелер ұшымен желдеткіш қабы арасындағы жік үлкен әсерін тигізеді.

Сапалы жасалған желдеткіштер үшін салыстырмалы жік 0,8-1,0% құрайды. Салыстырмалы жіктің мәні 1,5 % болғанда қысым нөлдік жіктегі есептік мәнмен салыстырғанда 15-20%-ға төмендейді. Қысымның төмендеуі ауаның сақиналы жік арқылы көтеріңкі қысым аймағынан төмен қысым аймағына кері ағуымен түсіндіріледі.

**Бағыттағыш және түзетуші аппараттар.** қозғалыссыз немесе бұрылмалы күрекшелерден тұратын тәж іспеттес болады. Негізгі параметрлері: тор қоюлығы (жиілігі), орнату бұрышы және күрекшелер бенесінің аэродинамикалық сипаттамасы. Ағымның радиальдық тепе-теңдігі үшін аппараттардағы ағымды айналдыру жылдамдықтарының бөлінісі жұмыстық дөңгелектердегідей болуға тиісті.

Қисықсызықты ағымда жұмыс істеу үшін СА мен НА-ның күрекшелерінің пішіні ағым қисықтығына сәйкес қисайтылуға тиісті. Энергия жоғалымын болдырмау үшін күрекшелер, ағым олардың кіреберіс ернеулеріне жанама немесе аз бұрышпен орнатылуға тиісті. Бұны желдеткіштердің әртүрлі жұмыс кестелерінде сақтау үшін, НА мен СА күрекшелерін бұрылмалы етіп орындау керек.

**Диффузор мен шыға беріс бөлік**  $P_{\text{дин}}$  динамикалық қысымның бір бөлігін  $P_{\text{ст}}$  статикалық қысымға түрлендіруге арналған. Түзетуші аппарат пен диффузор арасында ағым жылдамдық алаңын теңестіру үшін аз цилиндрлік участок қарастырған ұтымды. Цилиндрліктен конустық учаскеге көшу байыппен болу керек.

**Осьтік желдеткіштер түрлері мен конструкциялары.**

**Түрлері мен арналуы.** Тау-кен өндірісінде осьтік желдеткіштердің келесі түрлері пайдаланады: ВОД, ВОК, ВОКД, ВОКР (В-желдеткіш, О-осьтік, К-қисайтылған күрекшелермен, Д-көпсатылы, Р-реверсті). Осьтік желдеткіштер келесідей белгіленеді: бірсатылы ВО және көпсатылы – ВОД.

Бұрынғы одақтағы алғаш осьтік желдеткіштер ЦАГИ әзірлеген В сериялы желдеткіштернегізінде (жоғары арынды) 1938 -1939 жж. Шығарылды. әр түрлі кемшіліктеріне байланысты ол желдеткіштер өндірістен 1957 ж алынып тастады. оларды қисайтылған күрекшелі ВОК және ВОКД тектес желдеткіштер алмастыруды, олар жетілдірген аэродинамикалық схемасымен және

өнімділігінің байыпты реттелуімен, ал ВОКД тектес желдеткіштер ауа ағымын желдеткіштің өзімен реверстеу мүмкіндігімен ерекшеленеді.

Қазіргі кезде ВОД тектес (ВОД-11, ВОД-16, ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40 және ВОД-50) желдеткіштері шығарылады (белгілеудегі сандар – күрекшелер ұшы бойынша дециметрмен берілген жұмыстық дөңгелек диаметрі). Желдеткіштерді Артемовск машина жасау зауыты жасайды.

ВОД тектес осьтік желдеткіштер терең емесе шахтылар мен кеніштерді, жалпышақтылық депрессиясы 4000 Па-дан аспайтын жағдайларда желдетуге арналған.

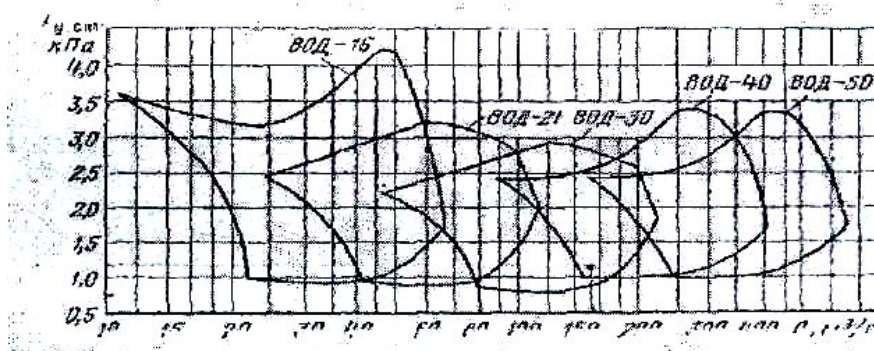
ВОД-11 желдеткіші сондай-ақ көмекші желдеткіштерінде оқпандар мен оқпан албарындағы қазбаларды жүргізуде, калориферлік қондырғыларда қолданылады.

ВОД тектес желдеткіштер, ВОД-11-ден басқалары, реверсті орындалады және реверстеуде қалыпты өнімділіктің 60%-дан астамын қамтамасыз етеді; арнайы сұраныс бойынша олар реверссіз орындалуы мүмкін. Бұл желдеткіштер сору сору және айдау желдетпелерде де қолданылады.

ВОД тектес осьтік желдеткіштердің өндірістік пайдалану аймақтарының графигі 1 суретте келтірілген.

#### **Осьтік желдеткіштердің конструкциясы.**

ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40 және ВОД-50 желдеткіштерінің конструкциялары ұқсас. Желдеткіш жұмыстық дөңгелекті ротордан және (I, II сатылардан) қораптан (қабынан), аралық бағыттағыш және түзеткіш аппараттардан (күрекшелерді бұру механизмдерімен), алдыңғы обтекательден, бас бөліктен, трансмиссиялық біліктен, коллектордан, диффузор мен тежегіштен тұрады. Желдеткіш роторы электрқозғалтқышпен трансмиссиялық білік және қоспа көмегімен жалғанады.



1-сурет. ВОД тектес осьтік желдеткіштерді өндірістік пайдалану аймақтарының графигі.

ВОД тектес желдеткіш электромагнитті жетекті, колодкалы тежегішпен жабдықталады, ол ротордың 2-2,5 мин. ішінде тоқтауын қамтамасыз етеді.

Желдеткіш қорабы және оның ішінде орналасқан тірек конструкциялар, коллектор, диффузордың сыртқы және ішкі конустары табан болаттардан және таптамалардан пісіріледі. ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40 және ВОД-50 желдеткіштерінің қорабындағы артқы тірек блогы ішінде 11 бұрылмалы және 3

қозғалыссыз салмақ қабылдайтын күрекшелі түзеткіш аппарат орнатылған. Алдыңғы және артқы тірек блоктарының арасында орналасқан желдеткіш қабының ішінде, бұрылмалы күрекшелі аралық бағыттағыш аппарат орнатылған, олар арнайы механизммен сервомотордан  $180^{\circ}$ -қа дейін бұрыла алады (ревертегенде) және бастапқы қалыпынан  $36^{\circ}$ -қа дейін бұрылып, өнімділікті байыппен реттейді. Күрекшелердің бұрылу бұрыштары ақырғы өшіргіштермен шектеледі.

Бағыттағыш аппараттың күрекшелерін бірмезгілде бұру механизмі желдеткіш қабын қармай орналасқан бұрғыш сақинамен жабдықталған, ол арқаншалар көмегімен білікшелерді бұрады, оларға бағыттағыш аппараттың күрекшелері бекітіледі.

ВОД тектес желдеткіштердің өнімділігі мен қысымы жұмыстық дөңгелек күрекшелерін тоқтап тұрған жетекте қолмен бұрып реттеледі; 5-10% шегінде нәзік реттеу бағыттағыш аппарат күрекшелерін бұра атқарылады. Кіші қысыммен жұмыс істеу үшін II саты жұмыстық дөңгелегінің күрекшелер санын алтыға дейін азайту керек.

ВОД– 21, ВОД-30, ВОД-40 және ВОД-50 желдеткіштері жетектік электрқозғалтқыштың айналу бағытын өзгерте, бірмезгілде бағыттағыш және түзеткіш аппараттардың күрекшелерін бұра реверстеледі.

#### ***Жұмыс кестелерін реттеу тәсілдері.***

Бас және көмекші желдетпе желдеткіш қондырғылары, әдетте желіге айнымалы параметрлермен жұмыс істейді-кедергімен және қажетті ауа шығынымен. Бұл параметрлердің өзгеруін шақыратын негізгі себептер: ауа тұтынуды 1,5-2,0 есе өсіретін, тау-кен жұмыстары майданының дамуы; шахтышілік депрессияны қалыптыдан 10-15 % өзгеруін шақыратын, ауа қызуының мерзімдік тербелісі; тау-кен өнеркәсібін пайдалану үрдісіндегі ауа ысырабы мен ауа сородың өзгеруі; жөндеу күндеріндегі тұтынылатын ауаның 30-50% төмендеуі; тәуліктік жұмыс ырғағының өзгеруі, массалық атылыстардың жүруі, бұл желдетуді едәуір пәрменді қажет етуді талап етеді.

Желдеткіш қондырғылар желісінің параметрлерінің өзгеруі пайдалану барысында олардың жұмыс кестелерін реттеу қажеттілігіне соқтырады. Желдеткіш қондырғылардың ұтымды реттеу диапазондары өнімділік бойынша 1:2 және қысым бойынша 1:3. бұл ретте массалық атылыстардан кейін желдетуді пәрменділеу үшін қосымша шаралар қабылдануға тиісті.

Желдеткіштерді реттеудің келесі тәсілдері белгілі: айдау немесе сору желісіндегі ауа ағымын дрессельдеу; жұмыстық дөңгелектің айналу жиілігін өзгерту; жұмыстық дөңгелекке кіреберістегі ағым бағытын өзгерту; жұмыстық дөңгелек күрекшелерін немесе күрекшелердің жеке бөліктерін бұру.

***Ағымды дрессельдеу*** желдету желісіне қосымша кедергі (дрессель) ендіру арқылы атқарылады, ол айдау желдетпесінде айдайтын құбырдан соң, ал сору желдетпесінде соратын құрылғының алдына орнатылады.

Бірінші жағдайда реттеу өзгеріссіз желдеткіш сипаттамасында желі сипаттамасын өзгертуге әкеліп соқтырады, бұл ретте желі сипаттамасы күрт құламалы болады.

**Ротордың айналу жиілігін өзгерте реттеу** реттелетін жетек болғанда мүмкін турбомашиналар ұқсастығы теориясынан, ұқсас жылдамдықтар үш бұрышында дөңгелектің айналу жиілігінің өзгеруі шығын өзгерісін, сызықтыққа жуық заң бойынша шақыратындығы белгілі. Бұл ретте, арындар квадраттыққа жуық заң бойынша өзгереді.

Жұмыстық дөңгелекке кіреберістегі **ағым бағытын өзгерте реттеу** жұмыстық дөңгелекке кіреберістегі ағымды бұру жылдамдығын өзгертуге негізделеді және арнайы бағыттағыш аппаратпен атқарылады. Бұл аппарат желдеткіш дөңгелегіне кіреберіс алдында орнатылған, бұрылмалы күрекшелер жүйесі болып табылады. Арнайы механизмнің көмегімен барлық күрекшелер бір мезгілде өздерінің радиаль осьтеріне қатысты бұрыла алады. Күрекшелер пішіні – жайпақ, жайпақ-дөңкіш немесе доға тәріздес. Күрекшелер ауа ағымының бағытын өзгертеді, демек оған  $Cu_1$  айналдыру жылдамдығын береді. Соның нәтижесінде, Л.Эйлер теңдеуіне сәйкес, желдеткіш қысымы өзгереді. Егер бағыттағыш аппаратта ағым жұмыстық дөңгелектің айналу бағытына қарай айналдырылып берілсе, онда  $Cu_1$  “минус” белгісімен болады, қысыммен тұтынылатын қуат төмендейді. Ағымды қарсы жаққа айналдырып бергенде  $Cu_1$  жылдамдығы “плюс” белгісімен болады және қысым өседі.

**Күрекшелерді бұрып реттеу** осьтік желдеткіштерде орын алады. Бұл тәсіл әсіресе, негізгі реттелетін параметр желдеткіштен кейінгі қысым болғанда ерекше ұтымды. Осьтік жұмыстық дөңгелектің күрекшелерін орнату бұрышын өзгерткенде, шабуыл бұрышы өзгереді, бұл күрекше айналасындағы циркуляцияның өзгеруіне соқтырады. Шабуыл бұрышының өзгеруімен жұмыстық дөңгелек циркуляциясы және желдеткіш қысымы өседі.

**Негізгі әдебиет:** 1[239-265], 2[64-111].

**Қосымша әдебиет:** 8[10-22], 12[31-88].

**Бақылау сұрақтары:**

1. Бас желдетпе желдеткіштерінің құрылымы мен әсер принципі.
2. Желдеткіш қондырғыларды жіктеу.
3. Желдеткіш қондырғыларға қойылатын талаптар.
4. Бас желдетпе осьтік желдеткіштерін реттеу тәсілдері.
5. Бас желдетпе осьтік желдеткіштерінде қандай электрқозғалтқыштары қолданылады?
6. Осьтік желдеткіштердің түрлері мен конструкциясы.
7. Желдеткіш қондырғылардың жұмыстық параметрлері қалай анықталады?
8. Желдеткіштердің элементтері атаңыз.

**10-дәріс. Жергілікті желдетпе желдеткіштері.**

Кен қазбаларын қазғанда (шахта оқпанында, горизонтальды, көмекші т.б. қазбаларда, тұғырларда), сонымен қатар тұғырды пайдалану процесінде олар ауа ағынымен жергілікті желдетпе желдеткіштер көмегімен желдетіледі.

Жергілік желдетпе кезінде келесі ережелерді сақтау қажет.

- әр қазбаны сол жерде орнатылған жергілікті желдетпе желдеткіші көмегімен желдетіп отыру қажет.

- циркуляцияның қайталанбау үшін әр желдеткіш таза ауа жолының жолында орналасуы қажет. Желдеткіш пен тұйық кен орнының арақашықтағы 10м кем болмауы керек.

- Желдеткіш конструкциясы оның ауа өткізгішпен жылдам қосылуға бейім болуы тиіс.

- Ауаның өтіп кетпеуі үшін құбырлармен тұйысу өте тығыз орындалу керек.

Жергілікті желдету көмегімен шалғай жерлерді желдету сору, айдау немесе аралас әдіспен іске асады. Олардың әрқайсысының кемшілігімен артықшылығы бар.

Желдетудің айдау әдісі кенжар кеңістігінде ауаның жиі алмасуын және құбырлықөткізгіштен келетін таза ауамен араласып отыруын қамтамасыз етеді. Забойдан шыққан ауа ағымы қазба бойымен жол бойындағы зиянды газдардың бәрін өзімен оның аузына айдап алып келеді.

Бұл әдістің бір артықшылығы иілгек құбырөткізгіштерді қолдану мүмкіндігі. Олар пайдалануға өте жеңіл.

Кемшілігі – барлық қазбаның газдалынуы және біртіндеп зиянды газдармен санитарлы мөлшерге дейін араластыру отыру қажеттігі.

Сору әдісі забой кеңістігінен атылыс өнімдері бар ауа желдеткіш құбыр арқылы сыртқа шығады. Ал қазба арқылы оның аузынан кенжарға таза ауа келіп отырады. Алғашқы минуттарда құбырдың өте жоғары концентрациялы улы газдарды сору салдарынан желдету жиі жүреді, содан соң үделмелі желдету төмендейді.

Әдістің басты кемшілігі иілгіш құбырлық өткізгіштер қолдануының мүмкін еместігі. Бұл кемшілікті желдеткішті таза ауалы қазбада емес, кенжарға жақын тұйық қазбада орналастыра жоюға болады.

Аралас әдіс оның тиімділігін арттыратын сору және айдау әдістерінің элементтерінен тұрады.

Шаң мен газға қауіпті кеніштік шахталарда Қауіпсіздік ережелері сору және аралас әдістерге тиым салынған. Сол себепті желдетудің айдау әдісі кең қолданысқа ие болды.

#### Жергілікті желдетпе желдеткіштері.

Жергілікті желдетпе желдеткіштері ретінде көбіне электржетекті, пневможетекті ВМ типті осьтік желдеткіштері, кей кездері ортадан тепкіш ВЦ желдеткіштері де қолданылады.

Жергілікті желдетпе желдеткіштерін пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, кен қазбаларын желдету жағдайында құбырлық өткізгіштің ұзындығы салыстырмалы аз болғанда (150 м), желдеткіш бір дөңгелекті болуы керек, одан кейін оған екінші желдеткіш жалғануы тиіс.

ВМ типті желдеткіш 0,7 ден 4,2-ге кПа қысымда  $1\text{ м}^3/\text{с}$  – тен  $30\text{ м}^3/\text{с}$ -не дейін өнімділікті қамтамасыз етеді. Олар реттелетін (ВМ-3М және ВМ-4М) және реттелмейтін (ВМ-5М, ВМ-6М, ВМ-8М және ВМ-12М).

ВМ типті желдеткіштер конструкциясы бірдей болады. Олар тек өлшемдері мен жеке бөлшектерінің конструкциясымен ерекшеленеді.

Олардың ерекшеліктері.

- конустық втулка көмегімен жұмыстық дөңгелек ағынның меридиональді үдеуін қамтамасыз етеді. Бұл кезде жұмыстық дөңгелекке түсетін бүкіл энергия қысымдық жылдамдыққа айналады;

- бағыттаушы аппарат көмегімен желдеткіштің өнімділігі мен қысымын үлкен шамада реттеп отыруға болады.

- Жұмыстық дөңгелектің күрекшелері шайыр құйылған болат арматуралардан жасалады. Олар күрекше мен кожух жанасқанда ұшқын шығарудан сақтап және шудың аз болуын қамтамасыз етеді.

ВМ желдеткіштерінің негізгі бөлшектері болып: бағыттаушы аппаратты корпус, жұмыстық дөңгелек, кірмелі бағыттаушы аппарат және жарылыс қауіпсіз асинхронды қозғалтқыш.

*Желдеткішті құбыр.*

Жергілікті желдетуге келесі құбырлар қолданылады:

- металды жұқа темір қалыңдығы 1-3мм диаметрі 300, 400, 500, 600, 700 мм және бөлек буын ұзындығы 2-3м;

- иілгек мататәріздес резенкеленген мақтадан тоқылған мата 300, 400, 500, 600 мм және бөлек буын ұзындығы 3, 10 және 20м.

- тектонитті ( полихлорвинилді пластмассамен жабылған брезент).

Үлкен қималы шахталарда терең оқпанды қазуда диаметрі 1000 мм –ге дейін құбыр қолданылады.

**Негізгі әдебиеттер: (с 260-80).**

**Бақылау сұрақтары:**

1. Жергілікті желдетпе желдеткіштерінің қолданылу аймағы.
2. Жергілікті желдетпеде ұстанатын басты тәртіптерді атаңыз.
3. Тұйықталған қазбаларды желдетуге қандай әдістер қолданылады.
4. Шахта стволдарын қазуда қолданылатын негізгі әдіс.
5. Жергілікті желдетпе желдеткіштерінің түрлері.
6. Жергілікті желдетпе желдеткіштерінің негізгі түйіндерін атаңыз.
7. Жергілікті желдетпеде қандай құбырлар қолданылады?
8. Жергілікті желдетпеде желдеткіш қондырғылар қандай талаптарды қанағаттандыруы қажет?

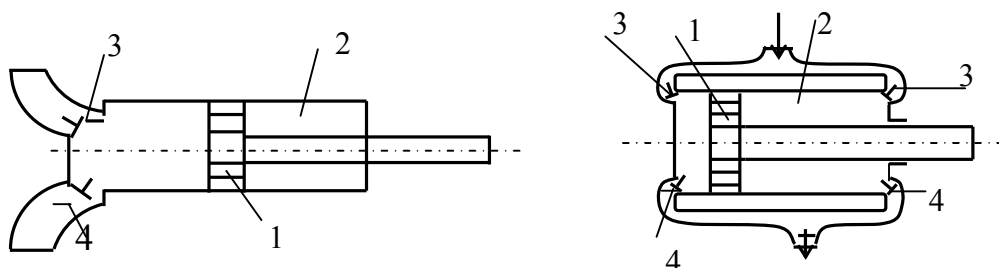
**11-дәріс. Поршендік компрессордағы бірсатылы сығу.**

Компрессор – әр түрлі газдардың қысымын көтеруге арналған машина. Әсер принциптері бойынша оларды екі түрге бөлуге болады: көлемдік және турбокомпрессорлар.

Көлемдік компрессорларда газ қысымын көтеру, олар тұрған кеңістік көлемін кішірейту арқылы атқарылады. Конструкциялық орындалуы бойынша мұндай компрессорлар жұмыс механизмі ілгері-кейінді (поршындық компрессорлар) қозғалыс жасайтын және айналмалы поршынды (ротациялы және пластиналы) болуы мүмкін.

Турбокомпрессорларда газ қысымының көтерілуі айналыстағы жұмыстық дөңгелек күрекшелерінің газ ағымымен күштік өзара әсерлерінің салдарынан болады. Конструкциялық орындалуы бойынша турбокомпрессорлар ортадан тепкіш және осьтік болып бөлінеді.

Қазіргі кезде тау-кен өндірісінде сығылған ауа алу үшін поршындық және ортадан тепкіш турбокомпрессорлар кең қолданыс тапты.



11.1 сурет Поршенді компрессорлар схемасы а- біржақты әсері; б- екі жақты әсер; в- цилиндр; г — поршень; 3,4- сору және айдау қақпақшалары; 5- білік; 6- кривошип, 7- шатун, 8- крэйцкопф, 9- шток.

Бос жүрісті поршенді компрессорда (сурет 11.1 поршень кіргенде 1 сол жақтан оңға қарай цилиндрде г арқылы қысылу басталады атмосфералық 3 қақпақша арқылы цилиндрге сорылады. Кері жүрісте поршеньнің 3 қақпақшасы жабылады, ауа өткізгіш жүйе қосылады. Екі әсерлі компрессорде бұл процестер бір жақтан екіншіге ағады.

Жоғарыда айтылған компрессор бірсатылы деп аталады. Ондағы сығылған ауа поршеннің кері жүрісінде пайда болады. Көп сатылы компрессорларда ауаның сығылуы бастапқыдан бастап белгілі бір қысымға дейін бірінші саты да өндіріледі содан соң келесі сатыларда соңғы қысымға дейін төмендейді

Поршындық компрессордың теориялық процесін келесі жағдайларды сақтағанда атқаруға болады:

1) итеріп шығарғаннан кейін компрессор цилиндрінде сығылған ауа қалмауы тиіс;

2) ауаның қалыпы сорған кезде өзгермейді және компрессорды қоршаған атмосферанікіндей болып қалады;

3) сығылған ауаның қысымы мен қызуы оны итеріп шығарған кезде өзгермейді және айдайтын құбырдағы ауаның қысымы мен қызуындай;

4) ауаны сығу процестің тұрақты көрсеткішінде атқарылады;

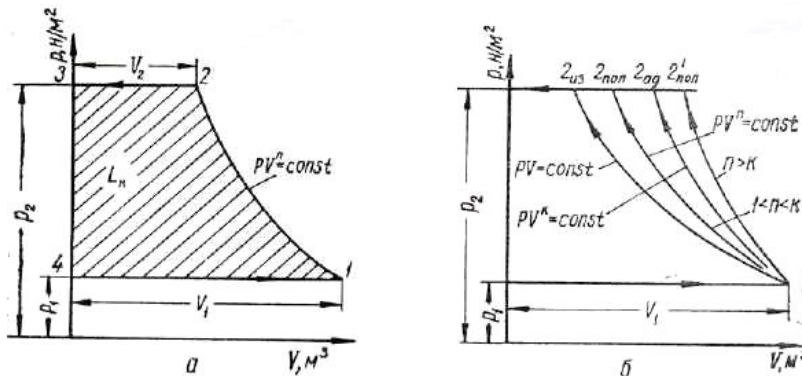
5) компрессор жұмыс істеген кезде энергия жоғалысы жоқ (шығын, үйкеліске жоғалыс, т.б).

Осы шарттарды қанағаттандыратын компрессор мінсіз-деп аталады және оның жұмыс процесі поршындық компрессордың теориялық процесі болып табылады.

Бір сатылы поршынды компрессордағы теориялық процесс

Бір сатылы поршынды компрессор келесі бөліктерден тұрады: цилиндрден, поршыннан, соратын және итеретін қақпақшалардан.

Мінсіз бір сатылы компрессордың жұмыстық циклі поршынның бір қосарланған қадамында немесе компрессор білігінің бір айналымында жүреді. Компрессордың жұмыстық циклі келесілерден тұрады: тұрақты  $P_1$  қысымында ауаны сорудан, оны  $P_2$  қысымына дейін сығудан және оны  $P_2$  тұрақты қысымында итеріп шығарудан. (сурет 11-2а)



11-2а сурет Поршендік компрессордағы бір сатылы сығудың теориялық диаграммасы; а-барлық жағдайда, б- изотермиялық, адиабаттық, және политроптық сығу процессы.

Компрессордың теориялық немесе мінсіз процесін  $P-V$  координаталарында келтірілген АВСД диаграммасымен көрсетуге болады (11–2асурет).

Поршын ауданы тұрақты мәнмен болғандықтан, кез келген сәтте компрессор цилиндріндегі ауа көлемі поршын қадамына пропорциялы, яғни абцисс осі бойынша поршын қозғалысының орнына цилиндрдегі ауа көлемін көрсетуге болады. Компрессор өнімділігі, айдайтын құбырға уақыт бірлігі ішінде берілген ауа санымен анықталады. Әдетте компрессорлар сору жағдайына келтірілген көлемдік өнімділікпен сипатталады.

Мінсіз компрессор үшін жоғалыстар болмауы салдарынан өнімділік сорылатын ауа көлеміне тең,

$$V_T = V_n \cdot n, \text{ м}^3/\text{мин},$$

(11.1) мұндағы  $V_n$  – сору қадамындағы компрессор поршыны жасаған көлем,  $\text{м}^3$ ;  $n$  – компрессор білігінің бұрыштық жылдамдығы,  $\text{мин}^{-1}$ .

Мысалы, қарапайым әсерлі компрессор үшін

$$V_T = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot n, \text{ м}^3/\text{мин},$$

(11.2)

Ал, қос әсерлі компрессор үшін



$$V_T = \pi / 4(2D^2 - d^2) \cdot S \cdot n, \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (11.3)$$

бұл жерлердегі  $D$  – компрессор цилиндрінің диаметрі, м;

$d$  – поршын қондырылған шток диаметрі, м;  $S$  – поршын қадамы, м.

Әмбебап поршендік компрессордың жұмыстың диаграммасы 12а суретте көрсетілген. Мұндағы L-сору линиясы, 1-2 сығу линиясы, 2-3 итеру линиясы. Ауаны сығу процесі компрессордағы жылудың келіп кетуіне байланысты 12 б-сурет.

Изотермиялық сығуда (қисық 1-2 процесінде туатын барлық жылу алынады содан сығылған ауа температурасы тұрақты болып қалады.

Адиабаталық сығылуда (қисық 1-2) немесе жылу алмасу болмайды.

Политропты сығылуда жылу бәсеңдеп алынып отырады. (қисық 1-2 немесе жылу келуімен.

Егерде компрессор цилиндрінен жылу жоғалып отырса цилиндрге үйкелген поршень әсерінен сығылу процесі адиабаттыққа жақын.

Политроп көрсеткіші паралық көрсеткіш болып табылады. Ол изотелма мен адиоба аралығында жүреді. К,т.е  $L < n > K$  (сулы суыту жүйесімен орындалған поршендік компрессор). Аз жылу мөлшерін жоғалтқанда, поршеннің цилиндрге адиоба көрсеткішінен жоғарылайды т.е.  $n > K$  (ротациалды компрессорлар).

Толық теориялық жұмыс, компрессор поршені жұмсайтын ауа массасына (салыстырмалы жұмыс) изотермиялық сығылуда.

$$\text{Ади} \quad L_{из} = 2,303 \cdot 10^6 p_1 v_1 \lg \frac{p_2}{p_1} = 2,303 R T_1 \lg \frac{p_2}{p_1} \text{ Дж/кг};$$

$$L_{\text{Ади}} = \frac{K}{K-1} 10^6 p_1 v_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] = \frac{K}{K-1} R (T_2 - T_1) \text{ Дж / кг};$$

Политропты сығылуда

$$L_{\text{пол}} = \frac{n}{n-1} 10^6 p_1 v_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = \frac{n}{n-1} R (T_2 - T_1) \text{ Дж / кг},$$

мұндағы  $P_1, P_2$  сығылудың басы мен аяғындағы абсолютті қысым.

$V$ - ауа массасының бірлік көлемі.

$R$ - ауаның газдық тұрақтысы, Дж/ кг %- 5а тең . (ауа үшін  $R= 287$ Дж/кг).

$T_1, T_2$  – сығылу процесі кезіндегі басы мен аяғындағы абсолютті температура.

$L$  м<sup>3</sup> сорылмалы ауаның толық жұмысын осы формуладан аламыз  $v=1$  деп қабылдап

11,г- суретте көрсетілген штриьталған бөлігі мк арқылы ауаны айдауға, сығуға және соруға кететін, компрессор поршеннің жұмысы.

Бірсатылы адибатиялы сығудағы ауа температурасы

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{0,286}$$

Полиетропты сығылуда

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

Термометр мен монометрі қолдана отырып политроп  $\Pi$  мәнінің орташа көрсеткішін (284) теңдеуінен табуға болады.

**Негізгі әдебиеттер: 1[б 269-275], 2[б 170-178].**

**Қосымша әдебиет:4[147-150].**

**Бақылау сұрақтары:**

1. Компрессор не үшін қолданылады?
1. Газдарды сығуға компрессордың қандай типтері қолданылады
2. Поршеньді компрессордың жұмыс істеу принципі
3. Турбокомпрессордың жұмыс істеу принципі
4. Қарапайым және қос әсерлі компрессор деген не?
5. Поршеньді компрессордың теориялық жұмыс процестерінің шарттарын атаңыз
6. Поршеньді компрессордың жұмыс циклы қандай бөліктерден тұрады?
7. Поршеньді компрессордың өнімділігі немен анықталады?
8. Компрессормен ауаны сыққанды қандай типтік процестер жүруі мүмкін?
9. Компрессор поршенімен жұмсалатын жұмыс немен анықталады?
10. Сығудың соңында ауаның  $t$ -сы қалай анықталады?

## **12-дәріс. Поршеньді компрессордағы көпсатылы сығу**

Сонымен поршындық компрессордың бір сатысында жер асты жабдықтарының қалыпты жұмысын қамтамасыз ететін қысым алу мүмкін еместігіне көз жеткіздік.

Бұл қиындықтан қалай шығуға болады?. Көп сатылы сығуды қолдану арқылы жоғары ақырғы қысым алуға болады. Бұл ретте бірінші сатыда сығылған ауа аралық тоңазытқышта суытылады. Содан кейін ол келесі сатыға беріліп, онда жоғары деңгейге дейін сығылады, одан кейін тағы тоңазытқышқа беріледі т.с.

Тау-кен өндірісі үшін (0,8-0,85 МПа) екі сатыда сығу жеткілікті.

Екі сатылық сығу процесі технологиялық  $P-V$  және  $S-T$  диаграммаларында, 12.1, 12.2 - суреттерінде келтірілген.

Келтірілген диаграммаларды талдау келесідей тұжырымдар жасауға мүмкіндік береді. Аралық суыту арқылы көп сатылы сығудың бір сатылықпен салыстырғанда келесідей артықшылықтары бар:

1. Сығылған ауаның төмен ақырғы қызуы;

2. Жоғары көлемдік коэффициент;

Құрғағырақ сығылған ауа;

4. Жұмсалған жұмыстағы үнемділік.

Толық процесті қалайша дұрыс сатыларға бөлуге болады?

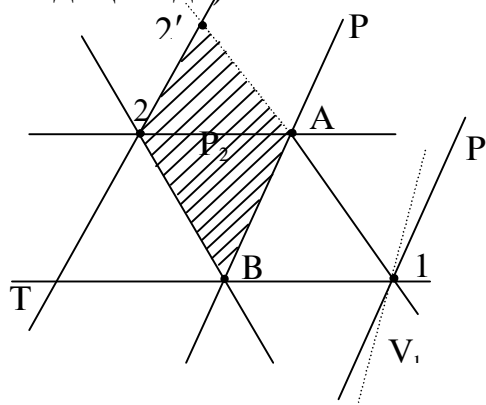
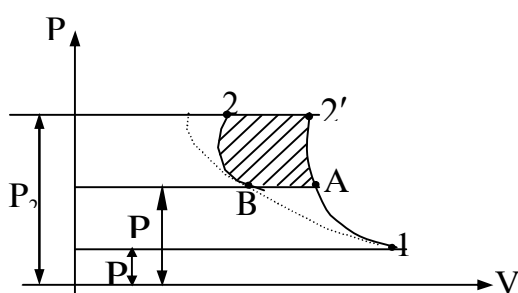
Сығу сатыларына бөлу – келесі негізгі қалыптарда іске асырылады.

1. Сығу заңдары барлық сатыларда бірдей.

2. Аралық тоңазытқыштарда ауаны суытуда, барлық сатылардың алдындағы ауаның қызуы бірдей болатындай етіліп есептеледі.

3. Компрессордың толық жұмысы төмен болуы тиіс.

Ұтымды аралық қысымды  $P_X$  анықтайық (ол қысымда компрессордың толық жұмысы ең төменгі деңгейде).



12.1-сурет.  $P-V$  диаграммасы

12.2-сурет.  $S-T$  диаграммасы

$$A_1 = \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right], \text{ КГМ/КГ}; \quad (12.1)$$

$$A_{II} = \frac{n}{n-1} P_X \cdot V_X \left[ \left( \frac{P_2}{P_X} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right], \text{ КГМ/КГ}. \quad (12.2)$$

1-ші және B нүктелері  $T_1 = \text{const}$  изотермасында жатқандықтан

$$P_1 V_1 = P_X V_X.$$

Онда компрессордың қосынды жұмысы

$$A = A_1 + A_{II} = \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} + \left( \frac{P_2}{P_X} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 2 \right], \text{ КГМ/КГ}. \quad (12.3)$$

Толық жұмысы  $L$  ең төмен болатын аралық тоңазытқыштағы қысымды табу үшін  $\frac{dA}{dP_x}$ -тың бірінші туындысын нөлге теңестіру керек және алынған теңдеуді  $P_x$  бойынша шешу керек.

$$\frac{dA}{dP_x} = \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[ \frac{n-1}{n} \cdot \frac{P_x^{\frac{n-1}{n}-1}}{P_1^{\frac{n-1}{n}}} - \frac{n-1}{n} \cdot \frac{P_2^{\frac{n-1}{n}}}{P_x^{\frac{n-1}{n}+1}} \right] = 0.$$

$P_1 V_1 = \text{const}$  болғандықтан,

$$\frac{P_x^{\frac{n-1}{n}-1}}{P_1^{\frac{n-1}{n}}} = \frac{P_2^{\frac{n-1}{n}}}{P_x^{\frac{n-1}{n}+1}} \text{ немесе}$$

$$P_x^{2\frac{n-1}{n}} = (P_1 P_2)^{\frac{n-1}{n}}, \text{ бұдан } P_x^2 = P_1 \cdot P_2;$$

$$P_x = \sqrt{P_1 \cdot P_2}; \quad \frac{P_x}{P_1} = \frac{P_2}{P_x};$$

$$\frac{P_x}{P_1} = \varepsilon; \quad \frac{P_2}{P_x} = \varepsilon_2;$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \varepsilon; \quad \varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon} \text{ немесе } \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \dots = \varepsilon_7.$$

Осылайша екі сатылы сығуда аралық тоңазытқыштағы ұтымды қысым – бастапқы және ақырғы қысымдардың орташа геометриялық мәні болып табылады.

Салдарлары.

1. Ауа қызуы ( $T$ ) әр сатыларда сығу соңында бірдей

$$T_A = T_1 \left( \frac{P_x}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}; T_2 = T_B \left( \frac{P_2}{P_x} \right)^{\frac{n-1}{n}};$$

$T_1 = T_B$  - болғандықтан,

$$\frac{P_2}{P_x} = \frac{P_x}{P_1} \text{ және } T_2 = T_1.$$

2. Сатылардың әр қайсыларындағы компрессордың толық жұмыстары бірдей.

$$A_1 = A_{II}$$

Олай болса:

Екі сатылы сығудағы компрессордың толық жұмысы

$$A_{k1k2} = 2 \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{2n}} - 1 \right], \text{ Дж/кг}$$

$Z$  – сатылары үшін

$$L_{к.к2} = Z \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{zn}} - 1 \right], \text{ Дж/кг}$$

1м<sup>3</sup> сорылатын ауа үшін

$$L_{к.к2} = Z \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{zn}} - 1 \right], \text{ Дж/кг.}$$

1м<sup>3</sup> сорылатын ауа үшін

$$L_{к1м^3} = 10000Z \frac{n}{n-1} P_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{zn}} - 1 \right], \text{ Дж/м}^3,$$

мұндағы  $P_1$  және  $P_2$  – ауа мен берілген.

3. Сығу соңындағы ауаның қызуы

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{zn}}, \text{ } ^\circ\text{К.}$$

### ***Зиян кеңістіктің компрессор соратын ауа санына әсері***

Компрессорда әр қашан цилиндр қақпағы мен поршынның арасында оның шеткі қалпында жік қарастырылуы тиіс. Ол құрастырудағы қателіктерге, подшипниктердің желінуі мен әр түрлі бөлшектердің өлшемдерінің қызулық өзгеруі салдарынан поршынның қақпаққа соғуын болдырмау үшін қажет. Сондықтанда компрессорда сығылған ауаның бәрі цилиндрден итеріліп шығарылмайды. Оның бір бөлігі “зиян кеңістік” – деп аталатын кеңістікте қалып қояды, яғни поршын мен қақпақ аралығындағы жікте және қақпақшаларды орналастыруға арналған арнайы “қалталарда”.

Итеріп шығару фазасының соңында сығылған ауаның бір бөлігі “зиян кеңістікте” қалып қоятындықтан, поршын кері жылжыған кезде соратын қақпақша қадамның басында емес, тек қалған ауаның қысымы  $P$  – мәніне дейін төмендегенде ғана ашылады, яғни компрессор циклінде тағы бір фаза пайда болады – зиян кеңістікте қалған ауаның кеңуі, 4-1 – сызығы (29-сурет). Осының салдарынан ауаны сору кері қадамның тек бір бөлігінде ғана атқарылады (1-2-түрі) және цилиндрге сорылатын ауа саны  $V_s$  – мәніне дейін төмендейді. Осылайша “зиян кеңістік” компрессор өнімділігін төмендетеді. Бұл әсер көлемдік  $\lambda_o$ -коэффициентімен

ескеріледі.  $\lambda_o = \frac{V_s}{V}$ , мұндағы  $V$  – бір қадамдағы поршын жасайтын көлем, м<sup>3</sup>.

Көлемдік коэффициенттің мәнін қандай факторлар анықтайтындығын түсінейік. Ол үшін, ауаның кеңу процесін политропты – деп есептеп, оның көрсеткіштерін кеңу процесінің соңғы нүктелерінде байланыстыратын теңдеуді жазайық.

$$P_1(mV + V - V_S)^n = P_2(mV)^n. \quad (8.16)$$

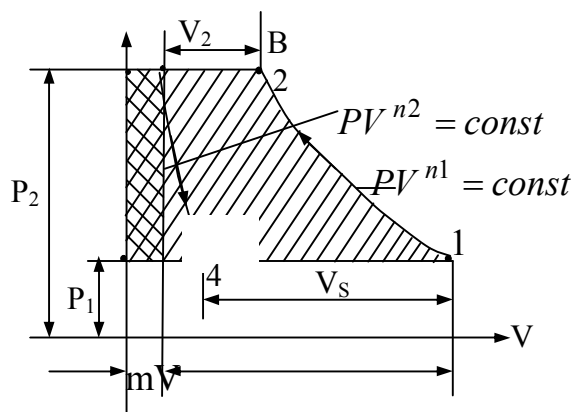
$V_S = \lambda_0 V$  - мәнін қоя отырып және  $V$  ға қысқарта келесіні аламыз.

$$P_1(m + 1 - \lambda_0)^n = P_2 m^n$$

немесе  $\frac{m + 1 - \lambda_0}{m} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{n}} = \varepsilon^{\frac{1}{n}}.$

Онда  $m + 1 - \lambda_0 = m \varepsilon^{\frac{1}{n}}.$

Бұдан  $\lambda_0 = 1 - m(\varepsilon^{\frac{1}{n}} - 1).$



29-сурет. Индикаторлық диаграмма

Осылайша, компрессордың көлемдік коэффициентінің мәні зиян кеңістік мәніне, ауаны сығу дәрежесіне және кеңу сызығының политроп коэффициентіне байланысты – деген тұжырым жасауға болады.

**Зиян кеңістіктің компрессор жұмысына әсері**

Жоғарыда айтылғандарды ескерсек, компрессордың бір циклдағы толық жұмысы сору, сығу, ығыстыру және ауаның кеңу жұмыстарының алгебралық қосындысына тең. Бұл ретте кеңу және сору жұмыстары оң, ал сығу және ығыстыру жұмыстары теріс болады.

Компрессордың толық жұмысы-СВЕF ауданы, ABCD және AEFD аудандарының айырмашылығына тең. Бұл ретте сығу процесі -  $PV^{n1} = const$  политропы бойынша, ал кеңу процесі  $PV^{n2} = const$  политропы бойынша өтеді.

Онда компрессордың толық теориялық жұмысы келесіге тең болады.

$$ABCD = \frac{n_1}{n_1 - 1} [P_2(mV + V_2) - P_1(mV + V)] \quad \text{және диаграмманың}$$

AEFD ауданы

$$AEFD = \frac{n^2}{n_2 - 1} [P_2 mV - P_1(mV + V - V_S)].$$

Зиян кеңістікті ескергендегі толық жұмыс.

$$L_k = \frac{n_1}{n_1 - 1} \left[ P_2(mV + V_2) - P_1(mV + V) - \frac{n_2}{n_2 - 1} P_2 mV - P(mV + V - V_S) \right] \text{ кг.м}$$

Үш мүмкін жағдайларды қарастырайық:

1. Ауаны сығу және кеңейту заңдары бірдей. Онда компрессордың толық жұмысы түрлендірулерден кейін келесі түрге

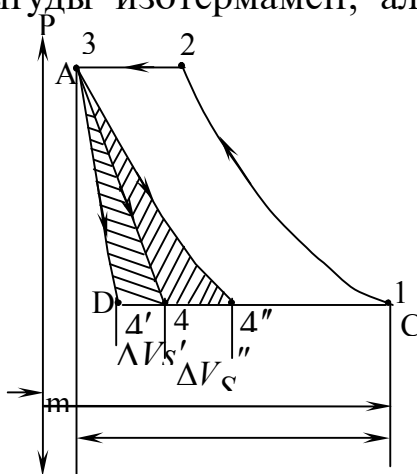
көшеді.  $L_k = \frac{n}{n-1} (P_2 V_2 - P_1 V_S)$ , яғни тек политроптың көрсеткіші  $n$ -ге,

бастапқы қысым  $P_1$  және соңғы қысым  $P_2$  —ге сондай-ақ сорылатын ауа көлеміне ( $V_S$ ) байланысты, яғни компрессордың нақтылы өнімділігіне байланысты толық жұмысты алдық. Бұдан, сығу және кеңейту үрдістері бірдей болғанда зиян кеңістік компрессор жұмысына әсер етпейді, — деген тұжырым жасауға болады.

2. Кеңу политропының көрсеткіші сығу политропы көрсеткішінен үлкен, яғни  $n_2 < n_1$ .

Бұл жағдайда кеңудің ақырғы нүктесі  $4' n_2 = n_1$ , болғанда ақырғы нүкте 4-тен солға қарай орналасады, бұл цилиндрге сорылатын ауаның көлемін  $V_S$  мәніне өсіреді, бірақ бір мезгілде компрессор жұмысы да  $L$  мәніне өседі.

Егер сығу және кеңудің ақырғы теориялық процестерін алатын болсақ, атап айтқанда сығуды изотермамен, ал кеңуді адиабатамен, онда



30-сурет. Кеңудің политропты диаграммасы

$$ABCD_{ay\partial} = 2,303 P_1 (mV + V) \lg \frac{P_2}{P_1},$$

$$AEFD_{ay\partial} = \frac{K}{K-1} [P_2 mV - P_1 (mV + V - V_S)]$$

Онда компрессордың толық жұмысы зиян кеңістігімен

$$L_k = 2,303 P_1 (mV + V) \lg \frac{P_2}{P_1} - 3,5 [P_2 mV - p_1 (mV_1 - V - V_S)] . \quad (8.17)$$

3.  $n_1 > n_2$  болғанда, яғни сығу процесі нашар салқындатуда өткенде, сығу политропының көрсеткіші кеңу политропы көрсеткішінен үлкен болуы мүмкін. Бұл компрессор П.Ә.К.-ің нашарлауын шақырады.

Әдетте компрессордың іс жүзілік жұмыс жағдайында сығу және кеңу процесерінің көрсеткіштері ұқсас болғандықтан, зиян кеңістіктің компрессор жұмысына әсерінің әрі-бері ауытқуы көп емес, осыған байланысты ол компрессордың толық жұмысының мәніне әсер етпейді, – деп санауға болады. Есептеулер бұл ретте жұмыс мәнінің төмендеуі, зиян кеңістіксіз компрессордың теориялық циклымен салыстырғанда  $1\text{ м}^3$  сорылатын ауаға қарасты 8,2% - екендігін көрсетеді.

**Негізгі әдебиеттер:** 1[б 269-275], 2[б 179-182].

**Қосымша әдебиет:**4[150-159].

**Бақылау сұрақтары:**

1. Компрессордан шығындалатын жұмыс пен өнімділікке зиянды кеңістік қалай әсер етеді?
2. Компрессордың көлемдік коэффициенті деген не?
3. Сору кезіндегі цилиндрдегі қысымның төмендеуі және итергендегі төмендеуі компрессор жұмысына қалай әсер етеді?
4. Сору кезіндегі цилиндрдегі ауа  $t$ -сының көтерілуі компрессор жұмысына қалай әсер етеді?
5. Сорылған ауаның ылғалдылығы және тығыз еместігі компрессор өнімділігіне қалай әсер етеді?
6. Компрессордың беру коэффициенті деген не?
7. Бір сатыдағы ауаның сығылу дәрежесіндегі шегін атаңыз
8. Көпсатылы сығуда дәрежелерге бөлу қандай жағдайда жүргізіледі?

**13-дәріс. Компрессор жетегінің қуаты. Поршендік компрессордың түрлері. Жетек қуатымен компрессордың п.ж.к.**

Компрессор поршенімен дамитын идеалды үрдістің шарттарын сақтайтын қуатты- теориялық деп атаймыз. Сығылудың адиабаттық үрдісіндегі компрессордың теориялық қуаты:

$$N_{T.ad} = \frac{L_{ad}V}{60 \cdot 10^3} \quad \text{кВт}$$

Сығылудың изотермикалық үрдісінде:

$$N_{T.из} = \frac{L_{из}V}{60 \cdot 10^3} \quad \text{кВт}$$

мұндағы  $V$ -компрессордың өнімділігі,  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

Үрдістің нақты шарттарындағы поршеньмен дамитын қуатты-индикаторлы (көрсеткішті) деп атаймыз. Компрессордың индикаторлы



қуатын сынақ негізімен анықтау мүмкін. Қарапайым әсерлі компрессорға:

$$N_i = \frac{10^3 p_i F S \omega}{2\pi}$$

мұндағы  $S$  – поршеннің жүрісі, м;

$\omega$  – компрессор білігінің айналмалы бұрыштық жылдамдығы, рад/сек.

$p_i$  – орташа индикаторлы қысымы, Мн/м<sup>2</sup>.

Орташа индикаторлы қысым компрессор диаграммасының ауданымен анықталады.

$$p_i = \frac{\Omega}{lm},$$

мұндағы  $\Omega$  – индикаторлы диаграмманың ауданы, мм<sup>2</sup>;

$l$  – диаграмма ұзындығы, мм;

$T$  – индикаторлы серіппенің масштабы, мм • м<sup>2</sup>/Мн.

Қос әсерлі компрессорға:

$$N_i = \frac{10^3 p_i (F_1 + F_2) S \omega}{2\pi} \quad \text{кВт}$$

мұндағы  $F_1$  және  $F_2$  бірінші және екінші шеттегі поршень ауданы.

Көп цилиндрлік немесе екі сатылық компрессорға әр цилиндрге немесе әр сатыға арналған индикаторлы қуатын анықтап, табылған қуаттарды қосу қажет.

Компрессор білігіндегі қуаты:

$$N_k = \frac{N_i}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{N_{\text{т. ад}}}{\eta_{\text{ад}}} = \frac{N_{\text{т. из}}}{\eta_{\text{из}}}$$

Компрессорлардың механикалық п.э.к.

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{N_i}{N_k}$$

Қуаты 100 кВт дейінгі компрессорларға қысқаша тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыштар қолданылады, ал үлкен қуатта-синхронды двигателдер. Бос компрессорды қосқан кезде қозғалтқыш компрессордың жұмыс істеп тұрған ағзаларының қимылдау жылдамдығын арттырып және кедергінің статикалық моментін жеңуге кеткен айналу моментін құруы қажет. Поршенді компрессорды қосу үрдісінде қозғалтқыштар жеңуі қажет: поршенді сақиналар мен шток үйкелісуін, компрессор подшипнигінің үйкелісі, реттеу әдісіне байланысты гидравликалық кедергілер.

Қондырғының инерция күшіменен қозғалатын бөліктерінің кедергілері. Кедергі шамасына қосу кезіндегі жұмыс істеп жатқан беткейді өңдеу сапасы, поршеньмен цилиндрдің қабырғаларының температурасына байланысты майдың тұтқырлығы, компрессорлардың белдігінің айналмалы жиілігі әсер етеді. П.Ж.К.-ң шамасынан аз екендігін еске сақтау керек.

Поршеньдік стационарлық компрессордың жетегіне көбінесе қуаттылығы 200—650 кВт СДК мен ДСК сериялы синхронды электродвигатель қолданылады да, құбыр компрессорлар жетегіне қуаттылығы 1000—4000 кВт СТД мен СТМ сериялы синхронды электродвигателдер. Компрессорлық бекетін

автоматтандыру үшін ВП-10/8, ВП-20/8, ВП-30/8, ВП-50/8, 5Г-100/8 поршенді компрессорлармен жабдықталған Харьков электромеханикалық заводынан (ХЭМЗ) шыққан автоматты басқару аппараттарының жиынтығы.

Пензендік компрессорлық заводмен бірге поршендік компрессордың 4М10-100/8 және 2М10-50/8 автоматтандыру аппаратуралар қойылған.

К-250, К-350 және К-500 құбыр компрессорымен «Энергомаш» заводымен құбыр компрессорлы бекетте аппаратура жиынтығы. Қойылған аппаратура қамтиды:

- басқару серпінін берумен басқарылатын компрессорлар немесе операторлар, немесе қосу (тоқтату) бағдарламасын автоматты түрде әрі қарай жүргізетін машиналық зал, сонымен қатар, қолмен құрылғыны бөлшек механизмдерімен басқару;

- бүкіл компрессор бекеттерінен компрессорлық өнімдерді реттеу;

Техникалық шама-шарттарды бақылау-сығымдалған ауа температурасы, суыту жүйесіндегі су қысымы, майлау жүйесіндегі май қысымы, өнімділік және т.б.

- компрессор белдігінің осьтік ығысу статор орауының жерге тұтылуы, двигательдің артық жүктелуі мен қысқаша тұтылуы. Технологиялық шама-шарттардың берілген шамадан ауытқуында олардың өтуіне әкелетін құбыр компрессорларды қорғау.

- Оператор пульті мен компрессорда апатты, ескертуші және жұмыстың дұрыс өтетіні жайлы сигнализация орналасқан.

Қазіргі кезде УКАС типті бірыңғайланған автоматтандыру аппаратурасы оңтайланған ол поршенді және орта таралуын компрессорлармен жабдықталған, шахталық компрессорлық бекеттерді автоматты басқаруға арналған тау-кен өндірісінде компрессорлардың көптеген түрі жұмысқа салынады. Қазір кезде келесі құрылымдық сұлбемен жасалынған компрессорлар жұмысқа салынып тұр:

- I және II сатылы цилиндрлердің жүйесі жалғанатын тандемкомпрессор,

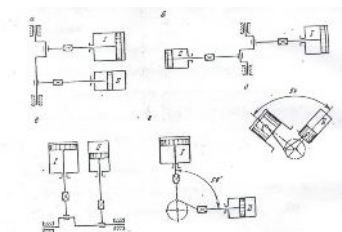
- цилиндрлердің қатарланып орналасуы;

- цилиндрдің бұрыштап орналасуы;

- цилиндрдің бейнелі орналасуы;

- цилиндрдің оппозитті орналауы.

Екі сатылы поршенді компрессорлардың цилиндрлерінің түрлі орналасуы суретте көрсетілген.



13-сурет. Екі сатылы поршенді цилиндрінің орналасуы.

Соңғы жылдары, арналуы бір ауа компрессорлар олардың құрылымын әрі қарай жетілдіру үшін сәйкестендіруі өтеді де, соған байланысты сол компрессорлар өндірістен алынады. Қайта енгізетін тау-кен кәсіпорындарының стационарлық пневматикалық қондырғыларымен жаңартылатын компрессор бекеттер оппозитті сұлбе бойынша жасалған жаңа жазық компрессорлармен, сонымен қатар бұрышты және V- түрлі компрессорлардың типтермен жабдықталады.

а) оппозитті

4МЮ-Ю0/8 и 2МЮ- 50/8

мұнда 4- қатар саны, М- көпқатарлы негіз, 10- бірқатардың поршендік күшінің шамасы, ТС- қайта оралатын массаның серпін қимылының күші, цилиндрдегі поршенге әсер ететін ауа қысымының күштерінің сол массаға үйкелісу күштерінің салмағына – поршендік күш 100/50/ - компрессор өнімділігі, м<sup>3</sup>/мин. 8- соңғы мол қысым, кгс/м .

Айналым осьтердің буын белдігінің 2 жағына оппозитті сұлбесі бойынша компрессор цилиндрі 2 қатарға орналасады да, теңселме-поршенді топ өзара қарама-қарсы бағытта қимылдайды. Қарсы бағыттағы поршенді күшпен массалардың түсу қимылының серпін күштерінің теңдестігі әрбір цилиндр жұптарында буын белдігінің айналуының жиілігін көбейтетін компрессорлардың байсалдылығының жоғарғы дәрежесін қамтиды. Бұл басқада теңделу шарттарында компрессорагрегаты мен іргетасының салмағы мен мөлшерін төмендетуге мүмкіндік береді.

б) бұрыштығы,

Стационарлық пневматикалық қондырғылар үшін бірнеше ВП типті бұрыштық компрессорлар: 302ВП-10/8, 202ВП-20/8, 305ВП-30/8 және ВП-50/8.

мұнда В-ауа, П-тікбұрышты, 10... - өнімділік, м<sup>3</sup>/мин, 8- соңғы қысым. Өңделген төмен қысымды цилиндр – тік орналасқан, жоғарғысы – жазық. Әріптердің алдындағы сандар үлкен кендердің номиналды жүктелуі, ал нөлдік алдында тұратын сан - өзгермелердің нөмірі.

**Негізгі әдебиеттер: 1[б 269-275], 2[б 170-178].**

**Қосымша әдебиет:4[147-150].**

**Бақылау сұрақтары:**

1. Поршеньді компрессордың теориялық қуаты қалай анықталады?
2. Поршеньді компрессормен дамитын қуат қалай анықталады?
3. Компрессор білігіндегі қуат қалай анықталады?
4. Компрессордың механикалық П.Ә.К. деген не?
5. Компрессор жетегіне қандай қозғалтқыш қолданылады?
6. Оппозитті компрессордың ерекшеліктері
7. Компрессордың поршеньдік күші деген не?
8. Компрессор маркалауына не кіреді?

**14-дәріс. Турбокомпрессорлар және бұрандалы компрессорлар**

Компрессор – көлемдік машиналардың түрлерінің бірі болып табылады. Ол соратын және арындық құбыршалы қораптан тұрады.

Оның ішінде жетекші және жетектегі бұрандалы роторлар айналады. Олар өз ара жанасқанда, жетектегі бұранданың шығыңқы (дөңкей) беттері жетекші бұранданың ойық (сай) беттеріне кіреді. Сору кезінде ауа сорғыш құбыршадан жетектегі ротордың ойық, цилиндр рөлін атқаратын бетіне тап болады. Поршын рөлін жетектегі ротордың дөңкей беттері атқарады. Олар ойықтар құраған арнаны бірінің артынан бірі толтыра еніп ауаны біртіндеп сығады. Ойықтардың қимасы ықсырғыш тесікпен қатар келген сәтте, ақырғы қысымға дейін сығылған ауа, ықсыру жүйесіне келіп түседі. Ауаны сығу процесі жетектегі ротордың дөңкей беттері жетекші ротордың ойық беттеріне кіргенде де атқарылады. Осылайша бұрандалы машиналар көлемдік компрессорлардың бір түрі болып табылады. Дегенмен поршындық компрессорлармен салыстырғанда олардың бір қатар өзгешеліктері бар:

- оларда қақпақшалар болмайды;
- ауаны сығу және сығылған ауаны ықсыру үзіліссіз жүреді;
- айнарудың үлкен жиілігінің арқасында сығу процесі соншалықта жылдам жүретіндіктен, ауа жоғалысы көп емес;
- бұрандалық арнадағы сығу соңындағы ауа қысымы арындық құбыршадағы қысымға байланыссыз, тек роторлардың конструкциясымен және шыға беріс терезенің орналасуымен анықталады.

Бұрандалық компрессордың сығу арнасына май беріледі. Ол жіктерді толтырып, сығылатын ауаны суыту үшін қажет. Бұл сығу политропының көрсеткішін төмендетеді.

Майды ауадан бөлу ауа жиғышта атқарылады, ол бірізгідей майды жинайтын ыдыс болып табылады.

Бұрандалы компрессордың өнімділігі

$$V = K_{\Pi} \ell z n (F_1 + F_2), \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (1)$$

мұндағы  $K_{\Pi}$  – беріліс коэффициенті (0,85-0,95);  $\ell$  – бұрандалы арнаның ұзындығы, м;  $z$  – арналардың саны;  $n$  – жетекші ротордың айналу жиілігі, айн/мин;  $F_1$  және  $F_2$  – жетекші және жетектегі роторлардың бұрандалы арналарының көлденең қималарының аудандары, м<sup>2</sup>.

Бұрандалы компрессор жұмысының диаграммасы поршындық компрессордағыдай. Бірақ қақпақшалардың жоқтығы кейбір өзгерістер енгізеді. Егер арындық құбыршадағы қысым есептегіден жоғары болса, онда ауаны итеріп шығару алдында оны айдау бөлімінде изохорлық қосымша сығу орын алады, себебі келесі бұрандалы арнадағы сығылған ауа беріледі немесе сығылған ауа кері шығады. Осыған байланысты бірдей сығу дәрежесінде жұмыс поршындық компрессордағыдан көп болады.

Егер арындық құбыршадағы қысым есептен төмен болса, онда итеріп шығару алдында айдау бөлімінде ауаның изохорлық кеңуі

орын алады. Сондықтанда бұл жағдайда жұмыс поршындық компрессормен салыстырғанда өседі.

Бұрандалы компрессорлардағы ауаны сығу процесінің политроп көрсеткіші шамамен адиабата көрсеткішіне сәйкес келеді. Олардың жалпы ПӘК-і айтарлықтай жоғары.

Бұрандалы компрессордың бір сатысындағы сығу дәрежесі 4,5-нан аспайды, сондықтанда одан жоғары сығу дәрежесі қажет болса екі сатылы компрессорлар қолданады.

### **Турбокомпрессорлар**

Тау-кен өндірісінде сығылған ауаны алу үшін көбіне ортадантепкіш турбокомпрессорлар қолданылады.

Турбокомпрессордың бір сатысында қысымның өсу дәрежесі 1,5 – 2,0-ге тең, сондықтан соңғы 0,8 Мпа (0,8 МН/м<sup>2</sup>) артық қысымды алу үшін бір-бірімен тізбектей жалғанған көп сатылы турбокомпрессорлар қолданылады. Жұмысшы дөңгелек, диффузор және кері бағыттаушы аппарат бірігіп аралық сатыны құрайды.

Турбокомпрессорларда ауаны сығу мен оны қозғалту машина корпусындағы газ бөлшектеріне жұмысшы дөңгелек күрекшелерінің күштік әсер ету арқылы орындалады. Дөңгелектің айналуында, ауаның орталықтан дөңгелек шетіне ығысуында сығылу процесі, яғни күйдің термодинамикалық параметрлерінің  $p$  и  $T$  үздіксіз өзгерісі орын алады.

Турбокомпрессорлар ауа сығу машиналары болғандықтан турбомашиналардың жалпы заңдылықтарына бағынады.

Ауа орталықтан компрессор дөңгелектерінің шетіне қозғалғанда ауаның күй параметрлері жұмыстық дөңгелектеріне кірердегіден ( $p_1, V_1, T_1$ ) одан шығардағыға дейін ( $p_2, V_2, T_2$ ) өзгереді.

Сондықтан турбокомпрессорда заңды жұмыс циклін құрайтын айқын аңғарылатын процесс болмайды. Сонымен бірге поршеньді компрессордегі сияқты айдағыш құбырлықөткізгішке сығылған ауаны сору және ығыстыру спецификалық процесі және жұмысшы камерада ауаның кеңею процесі болмайды.

Сығылу үздіксіз қозғалыстағы ауа ағынында жүреді, сондықтан сығуға кететін жұмыс, потенциалды және кинетикалық энегияны өсіру үшін және гидравликалық кедергілерден өту үшін шығындалады.

Жұмысшы дөңгелек тудырған толық қысым жұмыс ортасының ерекшеліктеріне тәуелді емес және мына теңдеумен анықталады.

$$gH_T = (U_2^2 - U_2 Q_T \operatorname{ctg} \beta_2 / \pi D_2 b_2) R_{ц},$$

Мұндағы  $U_2$  – жұмысшы дөңгелектен шыққан айналма жылдамдық, м/с;  $Q_T$  – компрессордың өнімділігі м<sup>3</sup>/с,  $D_2$  – жұмысшы дөңгелектің сыртқы диаметрі, м;  $b_2$  – жұмысшы дөңгелектің ені, м;  $\beta_2$  – айналма және салыстырмалы жылдамдықтар арасындағы бұрыш (жұмысшы дөңгелектен шыққандағы);  $R_{ц}$  – циркуляция коэффициенті.

Шынайы турбомашинаның жұмысшы дөңгелегі тудыратын практикалық (тиімді) қысымның теориялықтан айырмасы, ағын қозғалысы кедергілеріне

кететін жоғалымдарында (үйкеліс, жылдамдық мәнінің немесе бағытының аяқ асты өзгеруіне байланысты).

$$H_э = H_т - H_{тр}$$

Турбокомпрессордың жұмысшы дөңгелегі тудыратын тиімді қысым, статикалық және динамикалық құраушылардан тұрады. Турбокомпрессордың сатыларының жұмысын қарастырғанда ағымның кинетикалық энергияның өсуін әдетте көп ескермейді. Өйткені ол статикалық арынмен салыстырғанда шамалы. Осы жорамалмен тиімді арын статикалыққа тең.

Адиабаттық процесте ауаны сығу жұмысы

$$L = K/K-1 * P_1 V_1 * [(P_2/P_1)^{k-1/k} - 1],$$

формуласмен анықталады.

Мұндағы  $K$  – политроп көрсеткіші (1,4- ауа үшін),  $P_1$  – кіреберіс қысым,  $P_2$  – шығаберіс қысым.

Турбокомпрессордың өнімділігі мына теңдеумен анықталады

$$V = A \tau_2 K V_2 b_2 / D_2 \cdot V_{2r} / U_2 \cdot D_2^2 n,$$

Мұндағы  $A = \pi/60$  – ауыстырушы коэффициент,  $\tau_2$  – тарылту коэффициенті, ол жұмысшы дөңгелек шығаберіс ауданының күрекшелер тұтқылы алатын аудан есебінде кішіреюін ескереді;  $K V_2 = P_k / P_H$  – ауаның сығылатындығына түзету;  $V_{2r}$  – абсолюттік жылдамдықтың радиалдық құраушысы, м/с;  $U_2$  – айналмалы жылдамдық, м/с;  $n$  – жұмысшы дөңгелектің айналу жиілігі, мин<sup>-1</sup>.  $P_k$  – жұмысшы дөңгелектен шыққан ауа қысымы, МПа;  $P_H$  – жұмысшы дөңгелекке кірген ауа қысымы, МПа.

Турбокомпрессордың жұмысы мынадай негізгі параметрлермен сипатталады:  $\rho$ ,  $V$ ,  $N$  және  $\eta$ .  $P = f_1(\rho V)$ ,  $N = f_2(V)$ ,  $\eta = f_3(V)$  тәуелділіктері турбокомпрессор сипаттамалары деп аталады. Көбінесе олардың графикалық бейнеленуін қолданады.

Турбокомпрессордың артықшылықтары: қақпақшалардың жоқтығы, бұл олардың жұмыс сенімділігін арттырады, жылдамжүргіштігі, сыртқы өлшем мен салмағының аздығы, жұмыс кеңістігінде майлау жұмыстарының жоқтығы, бұдан май буларының жарылу қауіпі жоғалады, осының салдарынан сығылған ауаны тұтыну өзгергенде турбокомпрессорлы қондырғыларда қысым поршеньді машиналарға қарағанда әлдеқайда қалыпты болады.

Турбокомпрессордың кемшіліктері: сипаттамасында қалыпсыз жұмыс істеудің орын алуы және автотербеліс (помпаж) мүмкіндігінің жоғарылығы, поршеньді компрессорға қарағанда күрделі майлау жүйесі, қысымның жоғарғы дәрежесінде аз өнімді турбокомпрессорларды жасау мүмкіндігінің жоқтығы.

Әсер принциптері бойынша турбокомпрессорлар желдеткіштер мен сорғылар секілді. Ауаны сығу, айналыстағы жұмыстық дөңгелек пен ауа ағымының арасындағы өзара әсерден пайда болатын аэродинамикалық күштермен атқарылады.

Турбокомпрессорларда ауаны сығу жұмыстық дөңгелектердің жоғары айналу жиілігінің және шеңберлік жылдамдығының арқасында атқарылады, ол жылдамдық 250-300 –ден 450-500 м/с-ке дейін жетеді. Мұндай шеңберлік жылдамдықта жұмыстық дөңгелек

күрекшелері 1,4– ке тең сығу дәрежесін қамтамасыз етеді. 0,7-0,8 МПа ақырғы жұмыстық қысымды қамтамасыз ету үшін көп сатылы сығуды пайдаланады. Турбокомпрессорлардағы жұмыстық дөңгелектер (сатылар) саны 5-тен 20-ға дейін болады.

Поршендылармен салыстырғандағы турбокомпрессорлардың негізгі артықшылықтары келесідей:

- ықшамдылығы, салмағының аздығы, аз өлшемдері, екпіндік тегеуріндердің жоқтығы және соның салдарынан фундаменттің аз салмағы;

- бір агрегаттың жоғары өнімділігі;

- конструкциясының салыстырмалы қарапайымдылығы және күтудің арзандығы;

- майлағыш маймен ластанбаған сығылған ауаны бірқалыпты беру;

- майлағыштардың аз шығыны;

- қондырғының ықшамдылығын қамтамасыз ететін жылдам жүргіштігі.

Турбокомпрессорлардың кемшіліктеріне келесілерді жатқызу керек:

- аз өнімділікті турбокомпрессорларды жасаудың қиындығы, ал кейде мүмкін еместігі;

- үлкен ақырғы қысым алудың күрделілігі;

- компрессорлық агрегаттың біршама төмен ПӘК-і.

Негізгі әдебиеттер: 1[б 196-204], 2[б 208-210].

Қосымша әдебиет:4[172-190].

**Бақылау сұрақтары:**

1. Турбокомпрессордың жұмыс принципі.

2. Турбокомпрессор диффузоры не үшін қызмет етеді?

3. Турбокомпрессордың артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз

4. Турбокомпрессор сипаттамасының ерекшеліктерін атаңыз?

5. Помпаж құбылысы деген не?

6. Бұрандалы компрессордың жұмыс принципі

7. Бұрандалы компрессордың артықшылықтары мен кемшіліктері

8. Бұрандалы компрессордың салқындату қалай жүреді?

## **15-дәріс.Компрессорлық станцияның көмекші қондырғылары.**

### *1. Сорылатын ауаны тазалау.*

Компрессорға кіретін атмосфералық ауа құрамында шаң-тозаңдары, құмдардың түйіршіктірі болады. Олар цилиндрдің ішкі бет айнасына түсіп, үйкелетін бөлшектерді мерзімнен бұрын істен шығарады, ал маймен араласып ыс түзеді. Ыс апатқа немесе өнімділіктің азюына әкеп соғады. Өйткені, қақпақшаның нық жабылуы төмендеп, поршень сақиналарының өз ұяларында тұтану жағдайлары туындайды.

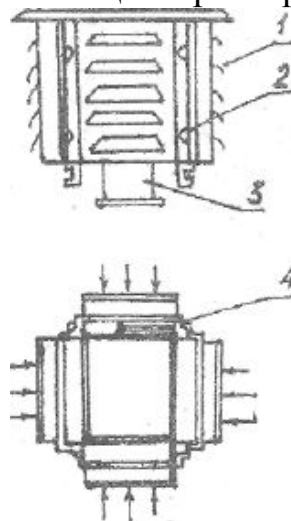
Сорылатын ауаны тазалау үшін арнайы құрылғы - сүзгілер қолданылады. Сорылатын ауа сүзгі бар болғанның өзінде, мүмкіндігінше таза, құрғақ және салыстырмалы төмен температуралы болу керек, ал сүзгі - тексеруге, жөндеуге, тазалауға ыңғайлы болу керек. Тазаланған ауа сүзгіден компрессордың сору құбыршасына қабылдау арнасы арқылы түседі. Бұл жерде ауаның сүзгіден өту жылдамдығы 1,0 м/с аспайтындай етуге тырысу керек. Сүзгінің жалпы ауданы поршеньді копрессор үшін, 1 сағатта сорылатын ауаның  $1000\text{ м}^3$   $0,3 - 10\text{ м}^2$  болуы керек. Сүзгі кедергісі 20-25мм су бағанасынан аспау керек. Сүзгінің ластануы оның кедергісін көбейтеді.

Сорушы сүзгілердің конструкциясы

Кеніштік компрессор қондырғыларында кең тараған сүзгілер: майлы темір сүзгілер – ұяшықтар (ячейкалар) және өздігінен тазалаушы сүзгілер.

Ұяшықты сүзгілер (1-сурет) жалпы болат қаптамаға орналасқан жеке-жеке металл секциялардан тұрады. Сүзгі ұяшығы өлшемі 500x500мм болатын, торы бар екі рамаға орналасқан корпустан тұрады. Рамалар арасындағы ішкі кеңістік диаметрі 15мм және ұзындығы 20мм болатын құбырлар қиындыларымен немесе ірі металл жоңқаларымен толтырылып, висцинды май құйылады (60% цилиндр майдан, 40% соляр майынан тұратын қоспа). Висцинды май орнына сонымен бірге, ауыр турбиналық немесе индустриялық (машина майы) май қолданылады.

Ұяшықты сүзгілер



1- жалюздер, 2- бұранда, 3- құбыр, 4- ұяшық

1- сурет

Пайдалану кезінде сүзгі ұяшықтары былғанып, оның кедергісін арттырады. Сондықтан оны екі айда бір реттен кем емес сығылған ауамен үрлеп және  $70^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$  қа дейін қызған 5%-ті сода ерітіндісіне батыру арқылы тазалайды. Осы ерітіндіде жақсылап жуғаннан кейін ыстық суға шайып кептіреді. Одан кейін  $60^{\circ}\text{C}$  қа дейін ысытылған таза висцин майына батырады, одан алып шығып, артық майы ағу үшін көлбеу күйінде қояды. Сүзгіні бензин, керосин т.б. жанғыш заттармен тазалауға тыйым салынады.

Өздігінен тазаланатын сүзгі төменгі жағында май ваннасы бар рамадан тұрады. Екі көлденең білікте төрт жұлдызша орналасқан. Олардың арасына екі

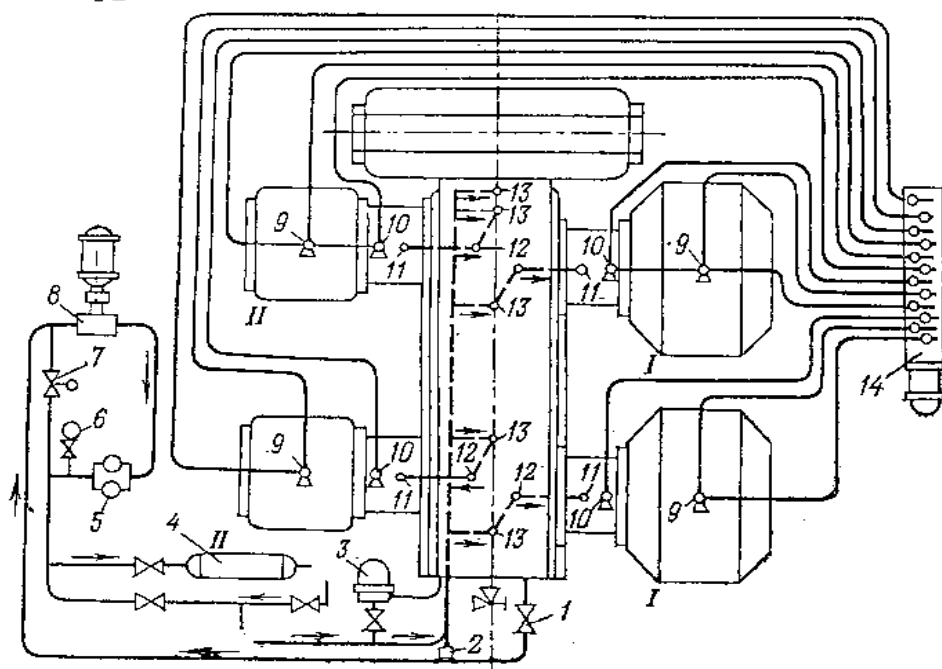


шексіз шынжыр тартылған. Шынжыр жұдырықшаларына бірнеше қабат металл тордан құралған перделер бекітілген. Сүзгінің жоғарғы білігі солипоидты немесе моторлы жетектен айналады. Ол шынжырдың орташа жылдамдығы 1,5-3,5мм/мин қамтамасыз етеді.

Екі қатарлы пердеден өткен ауа шаңнан тазарады. Өз кезегінде перделер май ваннасынан өтіп, өзіне тұтылған шаңнан тазаланады. Қыс мерзімінде өздігінен тазаланатын сүзгілерді эксплуатациялау тәжірибесі төмен температуралы сорылатын ауада, әсіресе қар көп жауғанда сүзгінің тез тозып, қатып қалатынын көрсетті. Қатудың алдын алу үшін май ваннасында майдың температурасы 5-10<sup>0</sup>С төмен болмайтындай қыздырады. Бұл кезде ваннаның төменгі жағында жиналған суды уақытымен ағызуды қадағалау керек.

## 2. Компрессорларды майлау жүйесі

Поршеньді компрессорды майлау жүйесіне қозғалыс механизмдері жүйесі мен цилиндрлер мен сальниктерді майлау жүйесі кіреді. Орта және жоғарғы өнімді поршеньді компрессордың қозғалыс механизмдерін майлау жүйесі тістегерішті сорғыдан, алдын ала тазаланатын сүзгіден, тоназытқыштан, май жинағыштан және құбыр өткізгіштен тұрады.



1 - сурет

4M10-100/8 компрессордың қозғалыс механизмдерін циркуляциялы майлау және цилиндрлер мен сальниктерді лубрикаторлы майлау сұлбасы.

1- жапқыш вентиль; 2 - термометр; 3 - жұқа тазалау сүзгісі; 4 - май тоназытқыш; 5 - алдын ала тазалау сүзгісі; 6 - манометр; 7 - қайта жіберуші вентиль; 8 - тістегерішті май сорғысы; 9 - цилиндрді майлатын кері қақпақшалы бақылаушы кран; 10 – сальникті майлайтын кері қақпақшалы бақылаушы кран; 11 - крейцкопф саусақшасы; 12 - шатунды подшипик; 13 - негізгі подшипник; 14- лубрикатор.

Сериялық шығарылатын қуаты 250 Квт артық поршеньді компрессорлар жеке электр қозғалтқышы бар тістегерішті сорғымен жабдықталған. Ал ескі (В-

300-2К, 2ВГ, 55В) компрессорларда сорғы жетегі компрессордың иінді білігі мен іске асады. 1-суретте мысал ретінде 4МІО-І00/8 компрессоры цилиндрі мен қозғалыс механизмдерін майлау сұлбасы көрсетілген.

4МІО-І00/8 компрессорының қозғалыс механизмін майлау жүйесі айналмалы-тістегерішті май сорғысымен электр қозғалытқышымен жүзеге асады. Цилиндрді майлау жүйесі мәжбүрлеу арқылы компрессорда орналасқан көп плунжерлі (лубликатор) сорғы көмегімен іске асырады. Май алдын ала және ақырғы тазалау сүзгісімен тазаланады.

Компрессордың қозғалыс механизмдерін майлау үшін К-19, МЕСТ 1861-73 және КС-19, МЕСТ 9243-75, ал оппозитті компрессорларды майлау үшін 4МІО-І00/8 және 2МІО-5018-индустриалды И-50АС (машиналдық АЖ) МЕСТ 20799-75 майлары қолданылады.

Егер тотығуы 1,5% көп болса ( КОН бойынша), механикалық қосылыс 2% көп болса, су 2,5% көп болса және бекітілген МЕСТ бойынша тұтқырлығы алғашқыдан 25% көп айырмашылығы болса майды ауыстырады.

Цилиндрлер мен сальниктерді майлау лубликаторлармен көп плунжерлі жеке сорғы элементтері бар, әрқайсысы майлаудың тек бір нүктесіне ғана май беретін сорғымен жүзеге асырылады.

4МІО-100/8 және 2МІО-50/8 компрессорында С-76-НМ лубликатор қолданылған олардың сорғы элементтері бір қатарға орналасқан және жалпы көлденең жұдырықша білікпен қозғалысқа келеді. Біліктің жетегі фланецті қозғалтқышпен орындалады және қолмен басқаруға болады.

Әр сорғы элементімен берілетін май тірегіш винтпен реттелді.

*Турбокомпрессорды майлау жүйесі*

Турбокомпрессорды маймен қамтамасыз ету жүйесі подшипниктерді, тісті жалғағыш муфталарды, редуктордың тісті жұбын, өрттен сақтау қондырғыларын және турбокомпрессордың өнімділігін реттегіш қондырғыларды майлау үшін керек. 2-суретте К250-61-2 турбокомпрессорын маймен қамтамасыз ету сұлбасы келтірілген.

Турбокомпрессор 1 жұмыс істегенде май редуктордың білігінен қозғалысқа келетін тістегерішті сорғысымен 2 беріледі. Май сорғысы 2 майды бактан 4 сорып, майсалқындатқыш 5 арқылы оны маймен қамтамасыз ету жүйесіне майлауға жібереді: турбокомпрессордың 1 үйкелетін бөліктеріне, тісті жалғағыш муфтаның 6 жоғарылатқыш редукторына 3 электр қозғалтқышқа 7, тұрақты ток генераторына 8 және өрттен сақтау құрылғыларымен турбокомпрессордың өнімділігін реттеуге беріледі.

Қосқыш тісті май сорғысы 9, кернеуі 220 /380В, электр қозғалтқыш арқылы қозғалысқа келтіріледі және турбокомпрессорды қосу және ажырату кезінде майды беру қызметін атқарады. Одан басқа подшипникті майлау жүйесінде май қысымы 0,035 МПа төмендегенде автоматты қосылатын резервті болып келеді (К-250-61-2 компрессорында 0,42 МПа дейін). Турбокомпрессорды ажырату май қысымы 0,025 МПа болғанда орындалуы керек.

К-500-61-1, К-250-62-2 және ЦК-135/8 турбокомпрессорларында апаттық май сорғылары алдын-ала қарастырылмаған, кернеуді түсіру жағдайында ротордың айналу кезінде агрегат бөлігін майлау, редуционды 10 қақпақшалар саңылауы арқылы жүзеге асырылады.

Редуционды 10 және қайта қосушы 11 сақтандырушы қақпақшалар арқылы жүйеде өрттің алдын алу құрылғысын қоректендіру үшін және өнімділікті реттеу үшін қажетті 0,45 ÷ 0,6 МПа қысым ұсталып тұрады. Ал К-250-61-2 турбокомпрессорында тірегiш-ұстағыш подшипникті және гидравликалық ротордың өстік жылжуын майлау үшін қолданылады. Подшипниктерді, тісті муфталарды және редуктордың тиісті жұбын майлау үшін 0,09 ÷ 0,12 МПа май қысымы ұсталады.

Майлаудың жеке нүктелеріне берілетін май мөлшері келтіруші май жолдарында орналасқан дроссельді шайба арқылы реттеледі. К-250-61-2 турбокомпрессорында дроссельді шайба-бұранда ротор треуіш-ұстағыш подшипнигінің төгу тесігіне орналасқан. Ол келтірілетін 0,45 ÷ 0,5 МПа қысымында ішкі вкладае 0,3 МПа ішкі қысымды қамтамасыз етеді. Дроссельді шайбаның диаметірінің тесігін таңдағанда негізгі критерий болып табылады.

Подшипниктен шыққан кездегі май температурасы, +50<sup>0</sup>С ÷ 60<sup>0</sup>С май салқындатқыштан шыққандағы май температурасы +35<sup>0</sup>С ÷ 45<sup>0</sup>С болуы керек.

Майдың келуін *визуалды* бақылау төгу құбыр өткізгілерінде орналасқан қарау құбыршалары арқылы жүзеге асады. Кері қайтқан май өз ағысымен тор сүзгі арқылы тазаланып май багіна құйылады. ЦК -135/8 турбокомпрессорының маймен қамтамасыз ету жүйесінде майды қоспалардан жеңіл тазалау металлокерамикалық элементтен жиналған, арынды май құбыры мен май сорғысы арасында және майды салқындатқыш сүзгіде *қолданылған*.

Майды салқындату үшін жүйеде екі май салқындатқыш (тоңазытқыш) орнатылады: К-500-61-1, К-250-61-1 және К-500-61-2

диаметрі 8-14 мм Л-68 латунынан жасалған түтік будасынан тұрады. Түтікшемен салқындататын су жүреді, ал оның сырты маймен жуылады.

ЦК-135/8 турбокомпрессорының көлденең май салқындатқышы цилиндр корпустан, құбыр будасынан, басылмалы фланецті диафрагмадан (буданың кеңеюін қамтамасыз ету үшін) және суды келтіру-әкету құбыршалары бар қақпақтан тұрады. Жүйеде тізбектелген екі май салқындатқыш қарастырылған.

К-500-61-1, К-250-61-1; 2 және ЦК-135/8 маркалы турбокомпрессорларда подшипниктерді , тісті муфталарды , берілісті майлау үшін Т<sub>30</sub>-майы қолданылады . Көрсетілген майдан басқа майды пайдалануға рұқсат етілмейді. Турбиналық майдың қалыпты жұмыс істеу уақыты 15000-20000 сағат.

Эксплуатация кезінде турбина майының қышқылдық саны 0,5 мг КОН/г дан аспау керек, шлам, су болмауы керек және мөлдір болу керек; тартылған су реакциясы бейтарап, тұтқырлығы алғашқы күйінен 25%-дан ғана өзгеше болу керек. Тұтану температурасы май бағының сыйымдылығының 100С-тен аспауы керек. Майлау жүйесіндегі май шығынының мөлшері 12 айда май бағының сыйымдылығының 10%-нан аспауы керек. Құйылатын май мөлшері бак сыйымдылығына сәйкес болу керек. К-500-61-1 турбокомпрессорлары үшін

2000-2400л, К-250-61-1 үшін 1800-2000л және ЦК-135/8 үшін -1000л құрауы керек.

### 3. Компрессорларды салқындату

Салқындатушы су жейделері міндеттері: поршеньді майлаудың қалыпты жағдайын қамтамасыз ету, цилиндр қабырғаларының температурасын төмендету, поршень сақиналарын күюден сақтандару; пластина мен серіппелерде ыс пайда болуын алдын алу үшін қапақшалардың температурасын төмендету; сору кезіндегі ауаның қызуын төмендету, бұл компрессердың өнімділігін арттырады; цилиндрдегі майлау майының іру мен тотығуын баяулату.

Салқындатқыш су жейделері оған сорғы қысымымен берілетін салқындатылған су айналатын, цилиндрдің ішкі және сыртқы қабырғаларының қуысы болып табылады.

#### Аралық тоңазытқыштар

Компрессордың бірінші сатысынан шығатын сығылған ауаның ақырғы температурасын төмендету үшін аралық тоңазытқыштар орналастырады. Олар көлденең және тік болып жасалады.

Тоңазытқыш корпусында суық су өтетін құбырлар секциясы орнатылған. Сығылған ыстық ауа тоңазытқыштың осы құбырлары арасындағы кеңістікпен өтіп салқындатылады. Ауаны салқындату үрдісі қарсы ағыс принципімен жүзеге асады, яғни, ең суық ауа ең суық сумен кездеседі және керісінше, тоңазытқышқа түскен ең ыстық ауа ең жылы сумен кездеседі.

Тоңазытқыштың гидравликалық кедергісі аз, жинақы және тазалануы мен дайындалуы оңай болу керек.

Конденцат, су буы және май жинауға қажет ететін тоңазытқыштың төменгі жағында конденцат төгетін қондырғы болуы керек.

Тоңазытқыш түтікшелерін 3-4 ай сайын, ауа қуысын жылына бір рет тазалау керек.

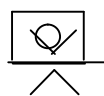
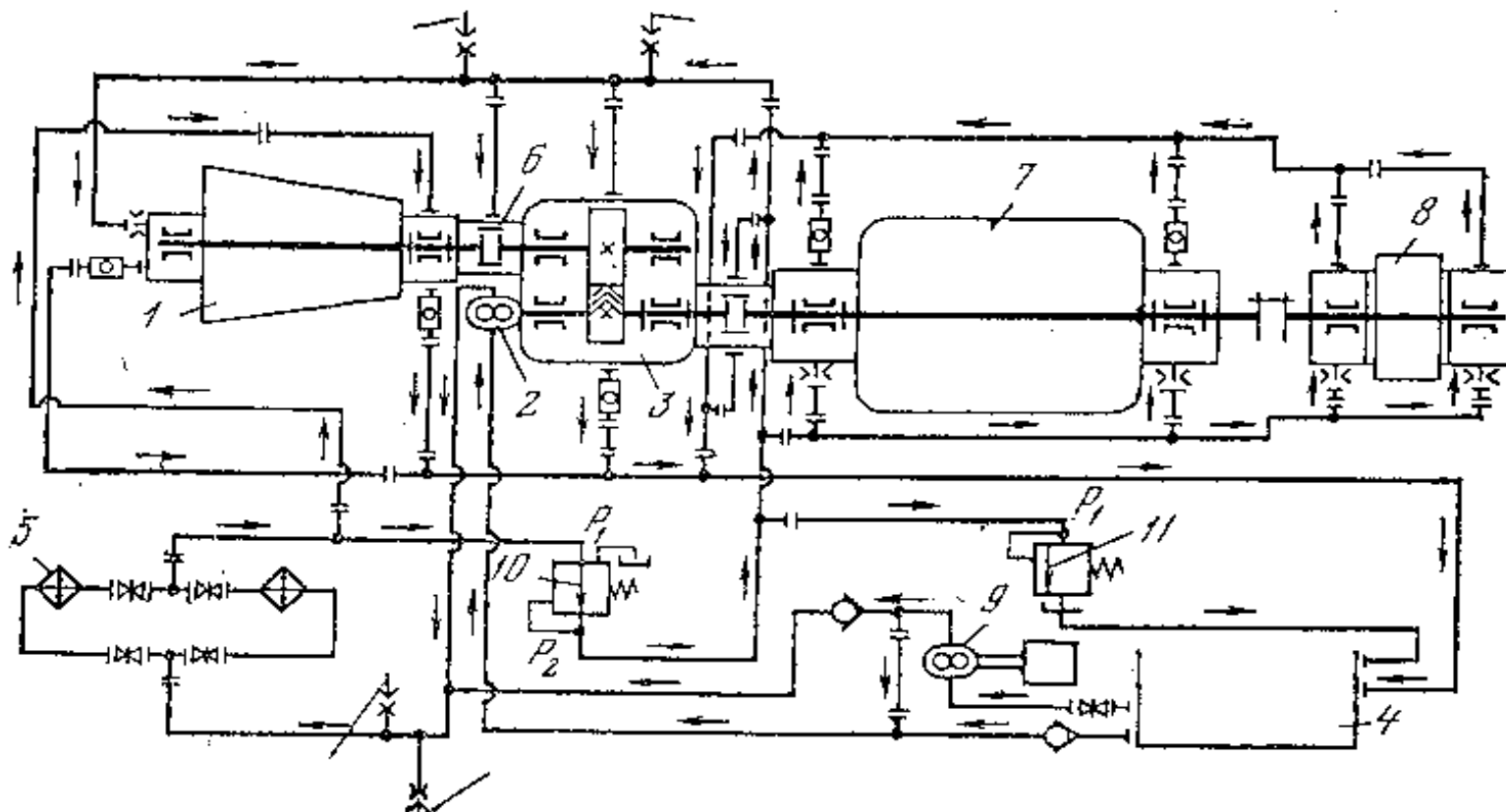
### 4.3. Салқындату жүйесі

Стационарлы компрессорларда салқындату жүйесі циркуляциялы тұйықталмаған (поршеньді компрессорлар) немесе тұйықталған (турбокомпрессорлар) сұлба бойынша орындалады.

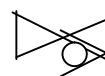
Салқындату жүйесінің тұйықталмаған сұлбасында (1-сурет) су компрессордан кейін өз ағысымен резервуарға немесе жылы суды төгуге барады. Компрессорға кірерде салқындатылатын судың арыны 25-30 м.в.ст. болу керек. Ашық сұлбаның кемшілігі: жылы суды салқындатқыш құрылғыға айдау үшін екінші сорғы орнату қажеттілігі.

Тұйықталған сұлбада - арыны 20-50 м.в. ст су компрессордың салқындату жүйесімен өтіп, құбырмен сол бастапқы арынмен градирнияға немесе шашыратқыш бассейнге

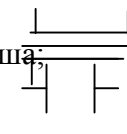
К250-61-2 турбокомпрессорын маймен қамтамасыз ету сұлбасы



- караушы құбырша;  
- дроссельді шайба;  
2- сурет



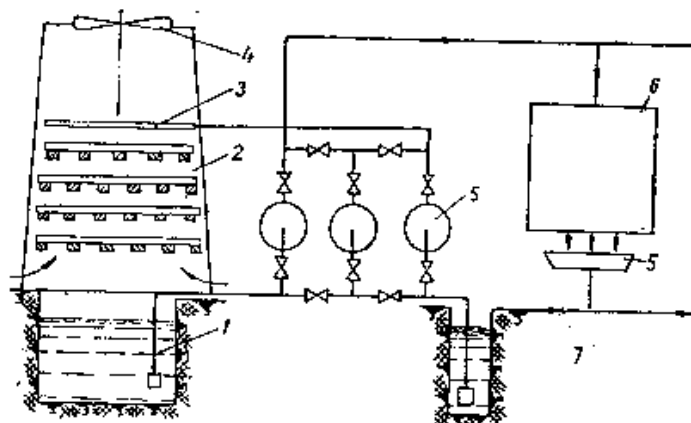
- жылжытпа;  
- кері қақпақша;



- подшипник;  
- тісті муфта;

салқындау үшін беріледі. Содан кейін градирнядан салқындатылған су сорғымен алынып, компрессорды салқындату үшін екінші рет тағы пайдаланылады.

Компрессорлы станцияның топтық салқындатуының тұйықталмаған сұлбасы.



1-сурет

1. 7-суық және жылы су құдықтары; 2 - градирня; 3- ороситель; 4- желдеткіш; 5 - сорғы; 6- компрессор.

5. Ауаны тарату және салқындату жүйесімен танысқанда студент осы жүйелердің эскизін орындап, олардың сипатталуын келтіреді.

Негізгі әдебиеттер: 1[б 196-204], 2[б 208-210].

Қосымша әдебиет: 4[172-190].

Бақылау сұрақтары:

1. Компрессорлық станция деген не?
2. Сүзгі не үшін қолданылады?
3. Компрессорда сүзгінің қандай түрлері қолданылады?
4. Сужинағыштар не үшін қолданылады?
5. Сужинағыштың қажет көлемі қалай анықталады?
6. Компрессорды майлау қалай жүзеге асады?
7. Компрессорды салқындату қалай жүзеге асады?
8. Компрессор станциясының тұйықталған және тұйықталмаған салқындату жүйесі деген не?

### 2.3. Зертханалық сабақтар жоспары.

№1. Зертханалық жұмыс. Ортадан тепкіш сорғының конструкциясын зерделеу.

Жұмыстың мақсаты: Ортадан тепкіш сорғының әсер принципі мен негізгі бөлшектерімен, жұмыстық дөңгелектердің конструкциясымен, осьтік және радиал тегеуріндерін теңестіру әдістерімен танысу; жұмыстық дөңгелектің негізгі параметрлерін және сол арқылы сорғының негізгі параметрлерін анықтау.

1. Ортадан тепкіш сорғыларды зерделеуге қажет жабдықтар. Ортадан тепкіш сорғының шынайы үлгісі, сорғылардың жұмыстық дөңгелектері бар стенд, әр түрлі типтегі дөңгелектер, өлшеу құралы.

2. Зертханалық жұмысты орындау тәртібі.

Негізгі теориялық жағдайлармен танысқаннан кейін студент ортадан тепкіш сорғылардың шынайы емес үлгілерінің конструкциясы мен негізгі элементтерін зерделеп, жұмыстық дөңгелектің өлшемдері көрсетілген жеке эскизін орындайды және олардың түсіндірмелері мен өнімділік, арын және қуатты есептеу келтіріледі. Жылдам жүргіштік коэффициентін есептей отырып сорғының классы анықталады.

3. Зертханалық жұмыс жайлы есеп беру.

5. Есеп беруде келесілер келтіріледі:

5.1. Соғы құрылысының түйіндемесі.

5.2. Жұмыстық дөңгелектің эскизі.

5.3. Жұмыстық дөңгелекті өлшеу нәтижелері.

5.4. Сорғының есептік параметрлері.

5.5. Шапшаңдық коэффициенті мен сорғының конструкциялық классы.

5.6. Осьтік жылжуды қайтару (компенсация) әдісі.

5.7. Жұмыс бойынша қорытынды.

Негізгі әдебиет 1[с 165-177], 2[с 134-145]

Қосымша әдебиет 3[с 92-114].

### **Бақылау сұрақтары.**

1. Қалақшалы (лопастные) сорғылардың әсер принципін түсіндіріңіз.

2. Оның негізгі түйіндерін (узлы) атаңыз.

3. Сорғыда энергияны түрлендіру үрдісі қандай күштерді анықтайды?

4. Сорғыдағы осьтік күштерді теңестіру әдістерін атаңыз.

5. Қалақша сорғыларда радиаль күштердің пайда болу себептері мен оларды теңестіру әдістері қандай?

6. Қалақшалы сорғыларды қандай белгілері бойынша класстайды.

7. Спиральды сорғылардың секциялардан айырмашылығы қандай?

8. Сорғы өнімділігіне қандай параметрлер әсер етеді?

9. Сорғы арынына қандай параметрлер әсер етеді?

10. Шапшаңдық коэффициенті деген не және осы көрсеткіш бойынша қалай класстайды?

### **№2. Зертханалық жұмыс. Ортадан тепкіш сорғыны сынау.**

Жұмыстың мақсаты:

А) Жеке (индивидуальный) сипаттамаларды алу.

$$H=f_1(Q), \quad \eta=f_2(Q), \quad N_B=f_3(Q).$$

Б) Сорғының техникалық жағдайын бағалау және салыстыру.

В) Сорғының сорғылық агрегаттың, бақылап-өлшегіш приборлардың және қондырғының көмекші жабдығының техникалық жағдайын бағалау.

1. Ортадан тепкіш сорғыны сынауға арналған жабдық.

Сорғыны сынау арнайы стендте жүргізіледі. Стенд жабдығы мен өлшеу приборлары, сорғының жұмыс кезінде келесі параметрлерді өлшеуге мүмкіндік береді: сиреу (разрежение) – вакуумметрмен; артық қысым – манометрмен;

өнімділік – диафрагма мен диффометрі бар камерадағы қысым өзгерісін өлшеумен немесе өлшегіш бакпен; Электр торабындағы кернеу – вольтметрмен; электрқозғалтқыш тұынатын ток – амперметрмен.

2. Жұмысты орындау тәртібі. Негізгі теориялық күйлермен танысқаннан кейін, студенттер бригадасы әр түрлі жұмыс режимдерінде приборлармен сорғының сипаттамаларын алуға кіріседі. Өлшенген сипаттамалар арнайы кетеге кіргізіледі. Сипаттамаларды график түрінде тұрғызу үшін 10-12 өлшеу жүргізіледі. Оларды өнімділік, арын, қуат және ПӘК-ті есептей отырып өңдейді. Есептік нәтижелер бойынша п.а. Жұмыстың мақсатымен графикалық тәуелділіктер тұрғызылады.

3. Зертханалық жұмыс бойынша есеп беру.

Есеп беруде келесілер кіреді;

1. Жұмыстың мақсаты.

2. Сынау стендінің түсіндірмесі эскизі.

3. Сынаулар протоколы.

4. Сынаулардың есептік нәтижелері.

5. Сорғының жеке сипаттамаларының графиктері.

6. Жұмыс бойынша (вывод) қорытынды.

Негізгі әдебиет 2[с 163-164]

Қосымша әдебиет 3[с 136-138]

**Бақылау сұрақтары:**

1. Сорғылық қондырғыларды сынау мақсаты.

2. Сынауды жүргізу тәртібін түсіндіру.

3. Шынайы арындық сипаттаманаң теориялықтан айырмашылығы.

4.  $H-Q$ ,  $N_b-Q$ ,  $\eta-Q$  қисық сызықты графиктердің заңдылықтарын түсіндіру.

5. Нөлдік өнімділіктегі қондырғының жұмыс режимін түсіндіру.

6. Сорғы ПӘК-не физикалық анықтама беру.

**№3. Зертханалық жұмыс. Басты желдетудің осьтік вентиляторының конструкциясы зерделеу.**

Жұмыстың мақсаты: Басты желдетудің осьтік желдеткішін пайдаланудағы негізгі талаптарымен, құрылысымен және жұмыс принципімен танысу.

1. Осьтік желдеткіш конструкциясын зерделеуге қажет жабдық. Екі сатылы желдеткіш моделі, ВОД типіндегі желдеткіштің аксонометриядағы кескіні бар плакат, желдеткіштердің сызбалары.

2. Жұмысты орындау тәртібі. Осьтік желдеткіштің жұмыс теориясымен танысқаннан кейін, студент, ВОД21 және ВОД30 маркалы желдеткіштер конструкциясын плакаттар мен сызбалар арқылы зерделейді. Конструкцияны зерделегеннен кейін, жиналған желдеткіш сызбасы мен негізгі өлшемдері көрсетілген жеке түйіндер эскизін (оқытушының нұсқауымен) орындалады, сонымен бірге желдеткіштің негізгі түйіндерінің жұмыс режимі мен конструкцияларының түсіндірмесі келтіріледі.

3. Зертханалық жұмыс жайлы есеп беру.



Есеп беруде келесілер келтіреді:

1. Жұмыстың мақсаты.
2. Желдеткіш маркасының шифрын ашу (расшифровка).
3. Оның құрылысын түсіндіру.
4. Жиналған желдеткіш сызбасы.
5. Желдеткіштің өлшемдері көрсетілген элементтерінің эскизі.
6. Жұмыс бойынша қорытынды.

Негізгі әдебиет 2[с 242-250],2[с83-90]

Қосымша әдебиет 3[с 39-48]

### **Бақылау сұрақтары**

1. Басты желдетудің осьтік желдеткішінің арналуы мен қолданылу аймағы.
2. Басты желдетудің осьтік желдеткішінің әсер принципін түсіндіріңіз.
3. Желдеткіш жұмысын қандай негізгі параметрлер сипаттайды және олардың физикалық мағынасы қандай?
4. Басты желдетудің, осьтік желдеткішінің маркілеуге не кіреді?
5. ВОД сериалы желдеткіштер қандай сұлбалармен тұрғызылады.
6. Осьтік желдеткіштің жұмыс режимін реттеу қалай іске асады?
7. Бағыттаушы және түзеуші аппараттардың арналуы қандай?
8. Диффузордың арналуы мен әсер принципі.
9. Бағыттаушы (түзеуші) аппарат күрекшелерін бір мезгілде бұру механизмі қалай істейді?

### **№4. Зертханалық жұмыс.Басты желдетудің ортадан тепкіш желдеткіштің конструкциясын зерделеу.**

Жұмыстың мақсаты:Басты желдетудің ортадан тепкіш желдеткішінің, жұмыс принципімен, құрылысымен және пайдалану кезіндегі негізгі талаптармен танысу.

1. Ортадан тепкіш желдеткіштің конструкциясын зерделеуге қажет жабдық. Ортадан тепкіш желдеткіштің шыңайы үлгісі, ВЦД типіндегі желдеткіштердің аксонометриядағы кескіні бар плакаттар. Ортадан тепкіш желдеткіштердің сызбалары және жұмыстық дөңгелектері.

2. Жұмысты орындау тәртібі:

Ортадан тепкіш желдеткіштің жұмыс теориясымен танысқаннан кейін студент сызбалар, плакаттар және ВЦ, ВЦД маркісіндегі желдеткіштердің шыңайы үлгісі бойынша зерделейді. Конструкцияны зерделегеннен кейін, жиналған желдеткіш сызбасы мен негізгі өлшемдері көрсетілген жеке түйіндер эскизін (оқытушының нұсқауымен) орындалады, сонымен бірге желдеткіштің конструкциясы мен жеке түйіндерінің жұмыс режимдерінің түсініктемесі келтіріледі.

3. Зертханалық жұмыс жайлы есеп беру.

Есеп беруде келесілер келтіріледі:

1. Жұмыстың мақсаты.
2. Желдеткіш маркасының шифрын ашу.
3. Желдеткіш құрылысының түсініктемесі.

4. Жиналған желдеткіштің сызбасы.
  5. Желдеткіштің өлшемі көрсетілген жеке элементтерінің эскизі.
  6. Жұмыс бойынша қорытынды.
- Негізгі әдебиет 1[с 242-250], 2[с 76-82]  
 Қосымша әдебиет 3[с 49-55]

### **Бақылау сұрақтары**

1. Басты желдетудің ортадан тепкіш желдеткішінің арналуы, қолдану аймағы.
2. Ортадан тепкіш желдеткішінің әсер принципін түсіндіріңіз?
3. Желдеткіш жұмысын қандай негізгі параметрлер сипаттайды және олардың физикалық мағынасы қандай?
4. Басты желдетудің ортадан тепкіш желдеткішін маркілеуге не керек?
5. Ортадан тепкіш желдеткішінің жұмыс режимін реттеу қалай іске асады?
6. Бағыттаушы аппараттың арналуы қандай?
7. Спиральды диффузордың конструкциясы мен жұмыс принципі.
8. НА қалақшаларын бір мезгілде бұру механизмі қалай жұмыс істейді?
9. Ортадан тепкіш желдеткіштің роторы қандай болады?
10. Жұмыстық дөңгелектің айналу бағыты желдеткішпен қалай анықталады?

### **№5. Зертханалық жұмыс. Поршенді компрессордың конструкциясын зерделеу.**

Жұмыстың мақсаты: Поршенді компрессорлардың функционалды элементтерінің конструкциялары мен әсер принципін зерделеу.

1. Поршенді компрессордың конструкциясын зерделеуге қажет жадық.

Поршенді компрессорды зерделеу 305ВП-10/8 компрессорының жұмыстың шыңайы үлгісі, поршенді компрессор бөлшектері мен 4М10-100/8 және 2М10-50/8 компрессорларының сызбалары көмегімен жүргізіледі.

2. Жұмысты орындау тәртібі:

Студент поршенді компрессордың жұмыс істеу теориясы мен танысқаннан кейін оны сызбалар, плакаттар мен компрессор және оның негізгі элементтері конструкциясының шыңайы үгілері бойынша зерделейді. Жеке элементтер эскизін орындап конструкцияны зерделеумен қатар (оқытушы нұсқауымен) компрессордың жеке түйіндерінің (узлы) жұмыс режимі мен конструкцияның түсіндірмесі келтіріледі.

3. Зертханалық жұмыс жайлы есеп беру.

Есеп беруде келесілер келтіріледі:

1. Жұмыстың мақсаты.
2. Берілген маркалы компрессордың түсіндірмесі.
3. Компрессордың жалпы көрінісі сызбасы (өлшемдер).
4. Компрессордың жұмыс циклының негізгі элементтерін атаңыз?
5. Компрессор рамасының арналуы мен құрылысы?
6. Компрессор поршенінің құрылысы?
7. Кривошипті – шатунды механизм құрылысы?

8. Поршенді компрессорларда қандай подшипниктер қолданылады?

### **№6. Зертханалық жұмыс. Турбокомпрессор конструкциясын зерделеу.**

Жұмыстың мақсаты: Турбокомпрессордың әсер принципі мен конструкциясын зерделеу.

1. Турбокомпрессор конструкциясын зерделеуге қажет жабдық. Турбокомпрессор конструкциясын зерделеу сызба және осьтік турбокомпрессордың шыңайы үлгісі мен жүргізіледі.

2. Жұмысты орындау тәртібі:

Студент турбокомпрессорлардың жұмысы жайлы қысқаша теориялық мәлімет алғаннан кейін сызба және турбокомпрессордың шыңайы үлгісінің көмегімен оның конструкциясын зерделейді.

Оқытушының нұсқауымен студент, турбокомпрессорлар түрінің бірін сызып, оның түсіндірмесін жазады. Турбокомпрессор түйіндерінің бірінің эскизін орындайды.

4. Зертханалық жұмыс жайлы есеп беру.

Есеп беруде келесілер келтіріледі:

1. Жұмыстың мақсаты.

2. Турбокомпрессордың жұмыс принципі мен оның конструкциясының түсіндірмесі.

3. Турбокомпрессор сызбасы.

4. Берілген түйін эскизі. Жұмыс бойынша қорытынды.

Негізгі әдебиеттер 1[с 292-300], 2[с 196-204]

Қосымша әдебиет 3[175-190]

### **Бақылау сұрақтары**

1. Турбокомпрессордың жұмыс принципі және оның поршенді компрессордан айырмашылығы.

2. Турбокомпрессор туғызатын қысым немен анықталады?

3. Турбокомпрессорда ауаны сығу жұмысы неге байланысты?

4. Турбокомпрессор өнімділігі немен анықталады?

5. Турбокомпрессор сипаттамасы деген не?

6. Турбокомпрессордың негізгі түйіндері.

7. Турбокомпрессор роторының құрылысы.

8. Турбокомпрессорларда қандай редукторлар қолданылады?

### **№7 Зертханалық жұмыс. Компрессор станцияларының көмекші жабдықтарын зерделеу**

Жұмыстың мақсаты: Компрессорлық қондырғылардың сорылатын ауаны тазалайтын, компрессорды салқындататын, майлайтын және сығылған ауа қысымын тегістейтін көмекші жабдықтарымен танысу.

1. Компрессорлық қондырғылардың көмекші құрылғыларын зерделеуге қажет жабдық.

2. Жұмысты орындау тәртібі. Студент көмекші жабдықтар жайлы теориялық мәлімет алғаннан кейін оқытушының тапсырмасымен көмекші

жабдық элементтерін сызба және шынайы үлгілері бойынша зерделеп, эскизін жасап және олардың конструкциясы мен жұмыс принципін суреттейді.

3. Зертханалық жұмыс жайлы есеп беру.

Есеп беруде келесілер келтіріледі:

1. Жұмыстың мақсаты.

2. Көмекші жабдықтар эскизі.

3. Көмекші жабдықтың жеке элементтерінің жұмысын суреттеу. Жұмыс бойынша қорытынды.

Негізгі әдебиет 1[с 300-304], 2[с 213-218]

Қосымша әдебиет 3[с 192-200]

## **2.4 Тәжірибелік сабақтардың жоспары**

### **№1 тәжірибелік сабақ**

Кеніштік сутөкпе сорғысын есептеу және таңдау

1. **Сабақтың мақсаты** – кеніштік сутөкпе үшін сорғы таңдау әдістемесін игеру.

2. **Сабақты өткізу әдістемесі.**

Оқушылар есептеулерге арналған алғашқы берілгендерді алады: сағаттық су жылымы  $Q_c$ , шахта тереңдігі  $H_{ш}$ , сорғылық тұғыр түрі (тереңдетілген немесе оң сору биіктігімен). Бастапқы берілгендер негізінде, қойылатын талаптарды ескере сорғы және оның технологиялық сипаттамаларын таңдайды.

3. Тәжірибелік сабақ туралды есепке келесілер кіреді:

- сабақтың мақсаты;

- сутөкпе қондырғыларының қысқаша суреттері мен схемаларының

- сорғыға қажет өнімділік пен арынның есептемесі

- таңдалған сорғының сипаттамасы

Әдебиет:

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Кеніштік сутөкпенің қандай схемалары бар?

2. Кеніштік сутөкпеде қандай сорғылық тұғырлар түрлері пайдаланылады?

3. Сорғыға қажетті өнімділік қалай анықталады?

4. Сорғыға қажетті арын қалай анықталады?

5. Қандай көрсеткіштері бойынша сорғы таңдалынады?

### **№2 Тәжірибелік жұмыс**

#### **Сыртқы желі сипаттамаларын есептеу және тұрғызу**

1. **Сабақтың мақсаты** – сорғылық қондырғы сыртқы желісінің көрсеткіштерін анықтау әдісін меңгеру

2. **Сабақ өткізу әдістемесі**

Оқушылар бастапқы берілгендер ретінде келесілерді алады: геодезиялық биіктік мәнін, жергілікті кедергілер, диаметрлер мен ұзындығын, коэффициенттер сомасын. оқушы есептеулермен құбырлық өткізгіш тұрақтысын анықтайды және сыртқы желі сипаттамасын графикалық тұрғызады.

Тәжірибелік сабақ туралы есепке келесілер кіреді:

- сабақтың мақсаты;
- сутөкпе схемасы;
- құбырлық өткізгіш тұрақтысы мен сыртқы желі көрсеткіштерінің

есептемелері

- сутөкпе қондырғысы сыртқы желісінің графигі

Әдебиет:

**Бақылау сұрақтары:**

1. Сутөкпе қондырғысының сыртқы желісі деген не?
2. Құбырлық өткізгіш тұрақтысы деген не?
3. Сыртқы желі көрсеткіштері қалай есептеледі?
4. Сыртқы желі графикалық қалай жатады?

### **№3 Тәжірибелік сабақ**

**Жалпы шахталық желдетпе қажетті ауа санын есептеу**

**1. Сабақтың мақсаты** – кен қазбаларын жалпы шахталық желдетуге арналған таза ауа санын есептеу және таңдау әдісін меңгеру.

2. Сабақты өткізу әдістемесі – берілген желдеті схемасы үшін жер асты жұмысшылары саны, жер асты өздігінен жүретін машиналар қозғалтқыштарының қуаттары бір мезгілде жарылатын А7 саны бойынша оқушылар әр фактиор бойынша қажетті ауа санын есептеуді және желдету үшін ең көп ауа санын таңдайды.

3. Тәжірибелік сабақ туралы есепке келесілер жатады:

- сабақтың мақсаты;
- желдету схемаларының суреттемесі;
- төрт фактор бойынша қажетті таза ауа санын есептеулер

Әдебиет

**Бақылау сұрақтары:**

1. Қандай жалпы шахталық желдету схемалары бар?
2. Жалпы шахталық желдетпе үшін ауа саны қандай факторлар бойынша есептеледі?
3. Ауа жіберетін қазба көлемі қалай анықталады?
4. 1 жер асты жұмысшысына таза ауа нормативі қандай?

### **№4 Тәжірибелік сабақ**

**Бас желдетпе желдеткішіне қажет қысымды есептеу**

**1. Сабақтың мақсаты** – кен қазбаларының кедергілерімен және бас желдетпе желдеткішіне қажетті қысымды анықтау әдістемесін игеру.

2. Сабақты өткізу әдістемесі – кенішті желдетудің берілген схемасы, қазба ұзындығы мен қимасы үшін желдетпе жүйесінің кедергілерін есептеу атқарылады және желдеткішке қажет қысым анықталынады.

Тәжірибелік сабақ туралы есепке келесілер кіреді:

- сабақтың мақсаты;
- кеніштің желдету схемасы;
- кен қазбаларының кедергілерін есептеу;

- желдеткішке қажетті қысымды есептеу.

Әдебиет

**Бақылау сұрақтары:**

1. Кенішті желдетудің қандай схемалары бар?
2. Аэродинамикалық кедергі коэффициенті деген не?
3. Қазбаның аэродинамикалық кедергісі қалай анықталады?
4. Желдеткішке қажет қысым қалай анықталады?

**№5 Тәжірибелік сабақ**

**Компрессорлық бекет өнімділігін есептеу**

**1. Сабақтың мақсаты** – кен жұмыстарын сығылған ауамен қамтамасыз ету үшін қажет компрессорлық бекет өнімділігін негіздеу әдісімен игеру.

2. Сабақты өткізу әдістемесі – кен жұмыстарын сығылған ауамен қамтамасыз етудің схемасы және сығылған ауа тұтынушылар тізімі үшін сұраныс коэффициенттерін есептейді, компрессорлық бекет өнімділігін анықталады және таңдалынады. Тәжірибелік сабақ туралы есепке келесілер кіреді:

- сабақтың мақсаты;
- сұраныс коэффициенттерін есептеу;
- компрессорлық бекетке қажетті өнімділікті есептеу;
- компрессордан шыға берістегі қысымды есептеу;
- компрессорды таңдау және оның сипаттамасы

Әдебиет

**Бақылау сұрақтары:**

1. Сұраныс коэффициенті қалай анықталады?
2. Биіктік коэффициенті нені ескереді?
3. Сығылған ауаның мүмкін жоғалулары қалай есептеледі?
4. Компрессордан шыға берістегі сығылған ауа қысымы қалай анықталады?
5. Поршеньдік және турбокомпрессорлардың қолдану аймағы қандай?

**№6 Тәжірибелік сабақ**

**Компрессорды суытуды есептеу**

**1. Сабақтың мақсаты** – компрессорды суыту жүйесін есептеу әдісін меңгеру.

2. Сабақты өткізу әдістемесі – берілген компрессор үшін компрессордан су жейдесіне әкетілетін жылу саны аралық және ақырғы тоңазытқыштарға жылу сандары есептеледі. Ол үшін қажет суытқыш су саны есептеледі және оған қажетті сорғы таңдалады. Тәжірибелік сабақ бойынша есепке келесілер кіреді:

- сабақтың мақсаты;
- әкетілген жылу санын есептеу;
- суытатын су санын есептеу;
- таңдалған сорғы және оның сипаттамасы:

Әдебиет

### Бақылау сұрақтары:

1. Компрессорды суыту қалай атқарылады?
2. Су жүйесіне әкетілетін жылу саны қалай саналады?
3. Аралық және ақырғы тоңазытқыштардағы әкетілетін жылу саны қалай есептеледі?
4. Суытылатын су саны қалай анықталады?

### №7 Тәжірибелік сабақ

#### Компрессор электроқозғалтқышын есептеу және таңдау.

1. **Сабақтың мақсаты** – компрессор қозғалтқышы үшін электроқозғалтқыш таңдау әдестемесін игеру
2. Сабақты өткізу әдістемесі – берілген компрессор үшін 1 м ауаны сығуға жұмсалатын жұмыс теориялық индикаторлық қуаттар біліктегі қуат және қозғалтқыш қуаты есептеліп, олар бойынша компрессор жетегінің қозғалтқышы таңдалады. Тәжірибелік сабақ бойынша есепке келесілер кіреді:
  - сабақтың мақсаты;
  - жұмсалатын жұмыс және электроқозғалтқыш қуатын есептеулер;
  - электроқозғалтқышты таңдау және оның сипаттамасы;

#### Әдебиет

### Бақылау сұрақтары:

1. 1 м<sup>3</sup> ауаны сығуға жұмсалатын жұмыс қалай анықталады?
2. Индикаторлық қуат деген не?
3. Компрессорлық индикаторлық ПӘК-і деген не?
4. Компрессор қозғалтқышының қуаты қалай анықталады?
5. Компрессордың жетегі үшін қандай қозғалтқыштар қолданылады?

### 2.5 Студенттердің оқытушы жетегімен жүретін өзіндік жұмысы аумағындағы сабақтар жоспары (СОӨЖ)

№ р/б	Тапсырма, тақырып	Өткізу түрі	Әдістемелік нұсқаулар	Ұсынатын әдебиет
1	Жергілікті сорғылардың жұмысын сипаттайтын негізгі параметрлер	Тренинг	Студент, қалақша сорғыларды сипаттайтын негізгі параметрлер әдебиеттер көмегімен анықтама береді	2[б. 119-121] 5[б. 60-65]
2	Басты желдету желдеткіштің жұмысын сипаттайтын негізгі параметрлер	Тренинг	Студент, әдебиеттер көмегімен осьтік және ортадан тепкіш желдеткіштерді сипаттайтын параметрге анықтама береді	2[б. 71-76] 5[б. 156-159]
3	Турбомашинаның жұмыстық дөңгелек жылдамдығының жоспарларын тұрғызу	Тренинг	Студент берілген параметр бойынша жұмыстық дөңгелекке кірудегі және шығудағы жылдамдықтар жоспарын тұрғызады	2[б. 71-76] 5[б. 29-30]
4	Сыртқы тораптың сипаттамасын тұрғызу	Тренинг	Студент берілген бастапқы мәліметтер мен сыртқы торап сипаттамасын есептейді және графикалық кескіндерін тұрғызады	2[б. 51-56] 5[б. 44-47]

5	Біркелкі істейтін сорғылардың сипаттамаларын тұрғызу	Тренинг	Студент сорғының берілген сипаттамасы бойынша параллель немесе тізбектей қосылған сорғылардың біріккен сипаттамасын тұрғызады	2[б. 60-65]
6	Турбоқондырғының жұмыстық нүктесін анықтау	Тренинг	Берілген бастапқы мәліметтер бойынша студент торап сорғының (желдеткішінің) сипаттамасын тұрғызып, жұмыстық нүктесін анықтайды	2[б. 57-59]
7	Шахта суларының сипаттамасы	Тренинг	Студент шахта суының сипаттамаларын суреттеп, оны жақсарту әдістерін ұсынады	2[б. 112-116]
8	Ортадан тепкіш сорғының сору биіктігін анықтау	Тренинг	Ұсынылған сұлба бойынша студент сору сорғысын рұқсат биіктігін есептейді	5[б. 69-70]
9	Эрлифт параметрлерін есептеу	Тренинг	Ұсынылған бастапқы мәліметтер бойынша студент эрлифт параметрлерін есептеуді жүргізеді	2[б. 155-157] 5[б. 102-105]
10	Желдету ортасын реверсирлеу	Тренинг	Ұсынылған сұлбаға студент желдету ағынын реверстеу әдісін таңдайды	2[б. 102-105] 5[б. 193-195]
11	Жергілікті желдетуге қажет жабдықты есептеу және таңдау	Тренинг	Берілген бастапқы мәліметтер бойынша студент жергілікті желдету желдеткіші мен құбырлық өткіз-гішті таңдайды	2[б. 93-97]
12	Цилиндрлер өлшемі бойынша поршенді ком-прессордың өнімділігін анықтау	Тренинг	Берілген бастапқы мәліметтер бойынша студент поршенді компрессор өнімді-лігін есептейді	2[б. 188-190] 5[б. 274-280]
13	Поршенді компрессорда ең пайдалы сығу процесін анықтау	Тренинг	Берілген бастапқы мәліметтер бойынша студент компрессордағы ең пайдалы сығу дәрежесі мен аяққы температураны есептейді	2[б. 170-188] 5[б. 266-270]
14	Компрессор сүзгісін есеп-теу және таңдау	Тренинг	Берілген компрессор үшін студент сүзгінің қажет ауданынан анықтайды және стандартты сүзгіні таңдайды	2[б. 214-216] 5[б. 326-338]
15	Ауа жинағышты есептеу және таңдау	Тренинг	Ұсынылған компрессор үшін студент ауа жинағыш сыйымдылығын есептейді және стандартты ауа жинағышты таңдайды	2[б. 214-216] 5[б. 326-333]



## 2.6 Студенттің өзіндік жұмысы аумағындағы сабақтар жоспары (СӨЖ)

№ р/б	Тапсырма	Әдістемелік ұсынулар	Ұсынылатын әдебиеттер
1	Осьтік сорғы эскизін құрастыру	Зауыт каталогы сызбалары бойынша студент осьтік сорғының 2 проекциядағы эскизін құрастырып, конструкциясына түсіндірме береді	<i>Зауыт каталогы</i>
2	Эрлифт жұмысын суреттеп және эскизін жасау	Әдебиеттегі сұлба бойынша студент Эрлифт эскизін құрастырып, оның жұмысына түсіндірме береді	2[б. 155-157] 5[б. 104-106]
3	Гидроэлеватор эскизі мен жұмысының түсіндірмесін жасау (құрастыру)	Әдебиеттегі сұлба бойынша студент гидроэлеватор эскизін жасап, оның жұмысына түсіндірме береді	2[б. 154-155] 3[б. 121-122]
4	Сорғылық қон-дырғы жұмысын бақылаушы приборлардың орналасу сұлбасын құрастыру	Берілген сорғылық қондырғыға студент приборларды таңдап, олардың орналасу сұлбасын құрастырады	2[б. 163-164] 5[б. 143-142]
5	Қамаушы (запорный) арматураның эскизі мен түсіндірмесін жасау	Студент сорғылық қондырғыны берілген қамаушы арматурасының эскизін, спецификасын және конструкциясының түсіндімесін жасайды	4[б. 1]
6	Кері қақпақшанаң эскизін және жұмысының түсіндірмесін жасау	Студент кері қақпақшаның берілген түрінің эскизін, спецификасын және оның жұмысының түсіндірмесін жасайды	4[б. 1]
7	Басты желдетудің желдеткішті қондырғысының жұмысын басқару приборларын орналастыру схемасын құрастыру	Басты желдетудің берілген желдеткішті қондырғысы үшін студент приборларды таңдауда және оларды орналастыру сұлбаларын жүзеге асырады	2[б. 106-110] 5[б. 196-204]
8	Калорифердің эскизін және жұмысының түсіндірмесін құрастыру	Басты желдетудің желдеткішті қондырғысының берілген түрдегі калорифер үшін студент эскиз, специфика және конструкция түсіндірмесін жасайды	5[б. 224-227]
9	Желдету ағымын (струя) реверсирлеу жұмысының сұлбаларына талдау жасау	Студент желдету ағымын (струя) реверсирлеу сұлбасының тиімділігіне және қолданылу аймағына және желдеткіштің жұмыстық дөңгелегінің айналу бағытын өзгертуге талдау жасайды	5[б. 193-196]

10	Кондиционер жұмысына түсіндірме беру	Студент шахтаға берілген ауаны салқындататын кондиционердің жұмыс принципін және түсіндірмесін жүргізеді	2[б. 232-237] 5[б. 204-218]
11	Компрессормен сорылатын ауаны тазалайтын сүзгі эскизін жасау	Оқытушының тапсырмасымен студент ұяшықты немесе өздігінен тазаланылатын сүзгілердің эскизін, спецификалық және конструкциясының түсіндірмесін орындайды	2[б. 214-216] 5[б. 326-334]
12	Компрессор жұмысын басқару приборларын орналастыру сұлбасын құрастыру	Компрессордың берілген маркасы үшін студент приборларды таңдауға және оларды орналастыру сұлбасын жүзеге асырады	2[б. 213-216] 5[б. 349-360]
13	Компрессорды майлау сұлбасын құрастыру	Берілген компрессор үшін студент майлау сұлбасын және оның жұмысына түсіндірме береді	2[б. 217-218]
14	Аралық және аяққы тоңазытқыштың эскизін және жұмыс түсіндірмесін құрастыру	Студент тоңазытқыштың эскизін және оның жұмыс түсіндірмесін құрастырады	2[б. 216-217] 5[б. 326-333]
15	Су мен майды бөлгіш эскизін және жұмыс түсіндірмесін құрастыру	Берілген сұлбаға студент су мен иайды бөлектегішті таңдап, оның эскизін құрайды және конструкциясын түсіндірмелейді (описание)	2[б. 214-216] 5[б. 326-328]

## 2.6. Курс бойынша жазбаша жұмыстар тематикасы (тақырыптары)

### Рефераттар тематикасы.

1. Терең шахталардан сутөкпеге (су төгуге) арналған сорғылар.
2. Сорғылардың сальникті тығыздаулары.
3. Сорғылардың осьтік жылжуы жою (ликвид).
4. Сорғыларды гидравликалық соққылардан қорғау.
5. Поршенді сорғылардың ауалық қалпақтары.
6. Сутөкпе қондырғыларының сорғылық камералары.
7. Шахталық сужиғыштарды тазалау.
8. Басты желдету желдеткішінің бағыттаушы аппараттары.
9. Желдеткіш қондырғылардың диффузорлары.
10. Басты желдетудің желдеткіш қондырғыларын сынау және түзеу.
11. Шахталық желдеткіштердің жаңа түрлері.
12. Желдеткіш қондырғылардағы шуды азайту.
13. Поршенді компрессорларды компоновкалаудың типтік сұлбалары.
14. Ауа өткізуші тораптардың құрылысы.
15. Турбокомпрессорларды помпаждан қорғау.
16. Сорғылық қондырғылардың электр жабдықтары.
17. Басты желдету желдеткішінің электр жабдықтары.

18. Компрессорлыққондырғылардың электр жабдықтары.

### **Рефераттарды орындау әдістері**

Студент жоғарыда келтірілген рефераттар тақырыбының бірін таңдайды. Реферат қажет иллюстрациялары бар қолмен немесе машинамен терілген 10-12 беттен тұру керек.

Реферат техникалық журналдар, патент қоры және интернет материалдарынан құрастырылады.

Рефератты рәсімдеу (оформление) ФСТ39114145 –у-е-008-2006 фирмалық стандарт талаптарына сәйкес орындалады.

Әдебиет, реферат тақырыбына нақты сәйкес келетіндей, оқытушымен ұсынылады.

### **Курстық жоба**

Осы оқу пәні бойынша студенттер төменде келтірілген тақырыптардың бірі курстық жоба орындайды:

- Басты су төкпенің сорғылық қондырғысын жобала.
- Басты желдетудің желдеткішті қондырғысын жобала.
- Компрессорлық станцияны жобалау.

Нақты исходные (бастапқы) берілгендерді студент арнайы бланктан алады.

Жобада қажет негізделген стандартты жабдық есептеліп және таңдалып, оның рационалды жұмыс режимі анықталу керек.

Курстық жобаның есептеулері, мазмұны және рәсімделуі (оформления) арнайы әдістемелік нұсқаулар және ФСТ39114145-у-е-008-2006 сәйкес жүргізіледі.

## **2.7. Өзін тексеруге арналған тест тапсырмалары.**

### **1. Мінсіз ақпалы келесі қасиеттермен сипатталады:**

- a) Абсолютті температурамен және тұтқырлықпен.
- b) Ағын жылдамдығымен және шекті жылжу кернеуі мен.
- c) Абсолютті сығылмайды және тұтқыр емес.
- d) Абсолютті сығылмайды, бірақ белгілі тұтқырлыққа ие.
- e) Жылжудың жоғары кернеу және абсолютті тұтқыр емес.

### **2. Жұмыстық дөңгелектегі аққымның бағыты бойынша турбомашиналар:**

- a) Көлемдік және қалақшалы.
  - b) Поршенді және қалақшалы.
  - c) Ортадан тепкіш және осьтік.
  - d) Поршенді және ортадан тепкіш.
  - e) Көлемдік және ротационды.
- болып бөлінеді.

### **3. Турбрқондырғының ішкі торабы болып не табылады:**

- a) Қақпақшалы сору құбырлық өткізгіші.

- b) Сәйкес арматуралы айдау құбырлық өткізгіші.
- c) Турбодинамиканың өзі.
- d) Турбомашина мен сору құбырлық өткізгіші.
- e) Турбомашина мен айдау құбырлық өткізгіші.

**4. Турбомашинаның сыртқы торабы болып не табылады?**

- a) Сору және айдау құбырлық өткізгіштері.
- b) Турбомашина және сору құбырлық өткізгіші.
- c) Турбомашина және айдау құбырлық өткізгіші.
- d) Турбомашинаның өзі.
- e) Айдау құбырлық өткізгіші.

**5. Аталғандардың қайсысы турбомашинаның негізгі параметрлері болып табылады?**

- a)  $Q, n, P, H, N, \eta$
- b)  $Q, p, P$
- c)  $H, N, \eta$ .
- d)  $P, H, N$
- e)  $n, P, H$ .

**6. Турбомашина үшін Эйлер теңдеуі:**

- a) 
$$H = \frac{U_2 C_2 \cos \alpha_2 - U_1 C_1 \cos \alpha_1}{g}$$
- b) 
$$H = \frac{U_1 C_1 \cos \alpha_1 - U_2 C_2 \cos \alpha_2}{g}$$
- c) 
$$H = \frac{U_1 C_1 u_1 - U_2 C_2 u_2}{g}$$
- d) 
$$H = \frac{U_1 C_1 u - U_2 C_2 u}{g}$$
- e) 
$$H = (U_1 C_1 \cos \alpha - U_2 C_2 \cos \alpha)g$$

**7. Ортадан тепкіш турбомашинаның теориялық өнімділігі қай формуламен анықталады?**

- a)  $Q = \pi D_2^2 \varphi C_2 r$ .
- b)  $Q = D_2^2 \varphi C_2 r$ .
- c)  $Q = (D_2 - \partial_1) \varphi C_2 r$ .
- d)  $Q = D_2 \varphi C_2 r$ .
- e)  $Q = \frac{\pi}{4} D_2^2 \varphi C_2 r$ .

**8. Осы ті турбомашинаның теориялық өнімділігі қай формуламен анықталады?**

- a)  $Q = \pi D_2^2 \varphi C_2 r$ .
- b)  $Q = D_2^2 \varphi C_2 r$ .

- c)  $Q = \pi/4 (D_2^2 - d_a^2) C_o$ .
- d)  $Q = D_2 \varphi C_2 r$ .
- e)  $Q = \pi/4 D_2^2 \varphi C_2 r$ .

**9. Кеніштік сорғылардың жұмыстық дөңгелектерінің күрекшелері майысқан:**

- a) Алға.
- b) Артқа.
- c) Радиаль.
- d) Алға және артқа.
- e) Алға, артқа, радиаль.

**10. Тізбектеліп орналасқан жұмыстық дөңгелектер:**

- a) Тудыратын арынды үлкейтеді.
- b) Турбомашинаның өнімділігін өсіреді.
- c) Осьтік тегеурінді жояды.
- d) Турбомашинаның жұмысын реттеуге мүмкіндік береді.
- e) Ешқандай параметрді өзгертпейді.

**11. Турбомашинаның ең үлкен мүмкіндік арыны?**

- a)  $H_{mx} = \frac{U_1 C_1 \cos \alpha_1}{2g}$ .
- b)  $H_{mx} = \frac{U_1 C_1 \cos \alpha_1}{g}$ .
- c)  $H_{mx} = \frac{U_1 C_1 \cos \alpha_1 + U_2 C_2 \cos \alpha_2}{g}$ .
- d)  $H_{mx} = \frac{U_2 C_2 \cos \alpha_2}{g}$ .
- e)  $H_{mx} = \frac{U_2 C_2 \cos \alpha_2}{2g}$ .

**12. Турбомашина тудыратын толық арын бұл:**

- a) Статикалық арын.
- b) Динамикалық арын.
- c) Статикалық және динамикалық арындар қосындысы.
- d) Статикалық және динамикалық арын шамаларының айырмашылығы.
- e) Динамикалық және статикалық арын шамаларының айырмашылығы.

**13. Диффузорлар қызмет етеді?**

- a) Динамикалық арынның бір бөлігін статикалыққа беру үшін.
- b) Статикалық арынның бір бөлігін динамикалыққа беру үшін.
- c) Толық арынды өсіруге.
- d) Толық арынды кемітуге.
- e) Аққымтың жылдамдығын біркелкілеуге

**14. Ұқсас турбомашиналардың өнімділігі айналу жиілігіне пропорциялы:**

- a) Бірінші дәрежесінде.
- b) Квадратта.
- c) Кубта.
- d) Бесінші дәрежесінде.
- e) Байланыс жоқ.

**15. Ұқсас турбомашиналар арыны жұмыстың дөңгелек диаметріне пропорциялы:**

- a) Бірінші дәрежесінде.
- b) Квадратта.
- c) Кубта.
- d) Бесінші дәрежесінде.
- e) Байланыс жоқ.

**16. Турбомашинаның паспорттық сипаттамасы сыртқы торап сипаттамасымен қиылысқанда береді:**

- a) Жұмыстық нүктені.
- b) Жұмыстық оптималды параметрлерін.
- c) Жұмыстың номиналды параметрлерін.
- d) Жұмыстың ең үлкен параметрлерін.
- e) Бұл сипаттамалар қиылыспайды.

**17. Турбомашиналардың параллель жұмысы . . . . . үшін қолданылады.**

- a) Арынды өсіру.
- b) Өнімділікті өсіру.
- c) Тұтынатын қуатты төмендету.
- d) Қондырғы ПӘК өсіру.
- e) Жүйенің тұрақтылығын өсіру.

**18. Турбомашиналардың тізбектелген жұмысы . . . . . үшін қолданылады.**

- a) Арынды өсіру.
- b) Өнімділікті өсіру.
- c) Тұтынатын қуатты төмендету.
- d) Қондырғы ПӘК өсіру.
- e) Жүйенің тұрақтылығын өсіру.

**19. Ортадан тепкіш секцияларда күрекшелері . . . . . иілген дөңгелектер қолданылады:**

- a) Алдыға.
- b) Артқа.
- c) Радиаль.
- d) Алдыға және радиаль.
- e) Алдыға және артқа.

**20. Ортадан тепкіш сорғы жұмысы немен түсіндіріледі?**

- a) Жұмыстық камера көлемінің өзгеруімен.
- b) Жұмыстық дөңгелек күрекшелерінің аққымпен күштік өзара әсерімен.
- c) Келуші сұйықтың қысым, айырмашылық есебімен.
- d) Жұмыстық ағым (струя) энергиясы есебімен.
- e) Температуралық режим өзгерісімен.

**21. Сору биіктігі деген не?**

- a) Су жағыштағы су деңгейінің сорғыға кіре беріс жерге дейінгі қашықтық.
- b) Су жағыштағы су деңгейі аз деңгейінен жоғарғы беттегі төгу орнына дейінгі қашықтық.
- c) Айдау биіктігі.
- d) Жоғарғы беттегі төгуден сорғыға кіре беріс жерге дейінгі қашықтық.
- e) Сору биіктігі шахта тереңдігіне тең.

**22. Құбырлық өткізгіш диаметрі қай формуламен анықталады?**

a)  $d = \sqrt{\frac{4Q_H}{\pi v}}$ .

b)  $d = \sqrt{\frac{Q_H}{\pi v}}$ .

c)  $d = \frac{Q}{\pi v}$ .

d)  $d = \frac{4Q}{3600\pi v}$ .

e)  $d = \sqrt{\frac{4Q^2_H}{3600\pi v}}$ .

**23. Сорғыдағы остік күш бағытталған:**

- a) Сұйық ағынының бағытымен.
- b) Сору жағына.
- c) Сағат бағытымен.
- d) Сағат бағытына қарсы.
- e) Жоқ.

**24. Құбыр қабырғасының қалыңдығы байланысты:**

- a) Құбырлық өткізгіш диаметріне.
- b) Құбырлық өткізгіш ұзындығына.
- c) Құбырлық өткізгіштегі су қозғалысының жылдамдығын.
- d) Құбырлық өткізгіштегі су қысымына.
- e) Құбырлық өткізгіш ұзындығы бойымен комплекситордың болуына.

**25. ЦНС 300-800 сорғысындағы 800 саны көрсетеді?**

- a) Жұмыстық дөңгелек диаметрін.

- b) Сору құбырының диаметрін.
- c) Ең үлкен арынды.
- d) Номиналды өнімділікті.
- e) Корпус ұзындығын.

**26. Қажет арын 780м су бағ. болса қай сорғыны таңдаған дұрыс?**

- a) ЦНС 180-500.
- b) ЦНС 180-600.
- c) ЦНС 180-700.
- d) ЦНС 180-800.
- e) ЦНС 180-900.

**27. Шахтаға тәулікте ағып кететін су қанша уақытта сорылу керек?**

- a) ЦНС 180-500.
- b) ЦНС 180-600.
- c) ЦНС 180-700.
- d) ЦНС 180-800.
- e) ЦНС 180-900.

**28. Желдету кезінде шахтадағы бір адамға берілетін таза ауа нормасы?**

- a) 2 м<sup>3</sup>/мин.
- b) 3 м<sup>3</sup> /мин.
- c) 4 м<sup>3</sup>/мин.
- d) 5 м<sup>3</sup> /мин .
- e) 6 м<sup>3</sup> /мин.

**29. Жергілікті желдетудің желдеткіш қондырғысы . . . . . желдету үшін арналған.**

- a) Жабық (глухих) забойларды.
- b) Ұңғымаларды.
- c) Оқпан албары.
- d) Жұмыстағы барлық қазбаларды.
- e) Барлық шахтаны.

**30. Басты желдетудің желдеткіш қондырғысы . . . . . желдетуге арналған.**

- a) Тірелген қазбалардан басқа барлығын.
- b) Тірелген кенжарларды.
- c) Ұңғымаларды.
- d) Шахтаның барлық қазбаларын.
- e) Оқпан албары



## Дұрыс жауап кілттері

1	C	16	A
2	C	17	B
3	C	18	A
4	A	19	B
5	A	20	B
6	A	21	A
7	A	22	A
8	C	23	B
9	B	24	D
10	A	25	D
11	D	26	D
12	C	27	C
13	A	28	E
14	A	29	A
15	B	30	A

### 2.9 Өтілген курс бойынша емтихан сұрақтарының тізімі.

1. Стационарлы қондырғыларды негізгі дамыту бағыттары.
2. Турбоқондырғының негізгі элементтері: турбомашина және сыртқы торап; жұмыстық турбомашиналардың әсер принципі және олардың негізгі түрлері.
3. Турбомашинаның сыртқы торабы, оның сипаттамасы.
4. Турбомашина жұмысының негізгі теңдеуі.
5. Турбомашинаның теориялық өнімділігі.
6. Турбомашинаның теориялық жеке -өзіндік сипаттамасы .
7. Турбомашинаның шынайы (действительная) сипаттамасы, шынайы үрдістегі жоғалыстары
8. Турбомашинаның ПӘК-і және тұтынатын қуаты.
9. Турбомашинаның жеке -өзіндік сипаттамасы, оған кіретін тәуелділіктер және оларды анықтау әдістері.
10. Өлшемсіз (типтік) сипаттамалары.
11. Турбомашинаның пропорционалдық заңдылықтары.
12. Турбомашиналардың шапшаңдық (быстрходность) коэффициенті және оларды шапшаңдық коэффициенті бойынша классификациялау .
13. Тораптағы турбомашина жұмысы, жұмыс режимі, тұрақты және тұрақсыз жұмысы.
14. Торапта турбомашиналардың біркөк жұмысы .
15. Турбомашинаның жұмыс режимін реттеу.
16. Жалпы арналуудағы ортадан тепкіш сорғылар, олардың түрлері мен құрылысы.
17. Сорғының сору биіктігі .
- 18 . Кавитация және оны жою әрекеттері

19. Осы тік тегеурін және оны теңестіру әдістері.
20. Сорғылардағы жоғалыстар.
21. Сорғылық қондырғылардың бақылап -өлшегіш аппараттары .
22. Турбомашиналардың конструктивтік элементтерін есептеу .
23. Шахталық сутөкпе қондырғыларға ПБ талаптары.
24. Сутөкпенің мүмкін сұлбалары, сорғылық камералар, олардың құрылысы, сужығыштарды тазалау.
25. Поршенді сорғылар. Классификациясы, құрылысы, қолданылу аймағы.
26. Поршенді сорғының өнімділігі .
27. Поршенді сорғылардың беріліс графиктері.
28. Ауалық қалпақтар және оларды есептеу.
29. Сорғылардың жетегі, жетек қуатын анықтау, автоматтандыру принциптері.
30. Кеніштік сутөкпе қондырғыларын жобалау .
31. Эрлифттер, олардың құрылысы, есептеу, қолданылу аймағы.
32. Гидроэлеваторлар, олардың құрылысы мен қолданылу аймағы.
33. Желдеткіштер, олардың классификациясы мен қолданылу аймағы, желдеткіштердің типтелуі.
34. Жергілікті желдетудің желдеткіш қондырғылары.
35. Ағынды (струя) реверсирлеу, ПБ талаптары.
36. Желдеткіштің бағыттаушы аппараттары мен диффузорлары, олардың қондырғы жұмысына әсері.
37. Басты желдетудің желдеткіш қондырғылары .
38. Желдеткіш қондырғылардың жұмыс режимін реттеу , реттеу тереңдігі.
39. Желдеткіш қондырғылардың жетектері, автоматтау принциптері .
40. Желдеткіш қондырғыларды жобалау.
41. Компрессорлық қондырғылардың арналуы мен ролі.
42. Поршенді компрессордың жұмыс принципі мен негізгі конструктивті элементтері .
43. Поршенді компрессор өнімділігі.
44. Поршенді компрессор жұмысының цикл элементтері . Цикл диаграммасы.
45. Әр түрлі термодинамикалық процесстердегі бір циклда жұмсалатын жұмыс, оларды салыстыру .
46. Компрессор жұмысы мен өнімділігіне зиянды кеңістіктің әсері, сору және айдауда температура мен қысымның өзгеруі, беріліс коэффициенті.
47. Поршенді компрессордың бір сатысындағы сығу дәрежесінің шегі.
48. Екі сатылы сығу. Сатыға бөлу (разбивка). Екі сатылы сығудың диаграммасы.
49. Компрессорды және сығылған ауаны салқындату арналуы, құрылысы.
50. Компрессорлық қондырғылардың көмекші жабдықтары (ауа жиғыштары, сүзгілері, қақпақшалары, майлау жүйесі ).
51. Турбокомпрессорлар, олардың жұмысының ерекшеліктері.
52. Компрессорлардың жетектері.
53. Компрессорлардың жұмыс режимін реттеу.

54. ВОД-18 желдеткіш маркасындағы 18 саны нені көрсетеді?
55. ВОД – желдеткіші бұл.
56. Ауа ағымын (струя) реверсирлеу бұл:
57. Поршенді компрессордың әсер принципі нені көрсетеді?
58. Компрессорда көп сатылы сығуды не үшін қолданады?
59. Сығу сатысы деген не?
60. Сығылған ауаны салқындату қалай жүргізіледі?
61. 4М10 100/8 компрессоры бұл:
62. Винттік компрессорда сығылған ауаны салқындатуды . . . . . көмегімен жүргізеді.

## Глоссарий

**Арматура** – негізгі жабдық құрамына кірмейтін, бірақ оның қалыпты жұмысына қажет көмекші стандартты құрылғылар.

**Желдеткіш** – ауаныңм избыточный қысымын тудырып, оны тау-кен қазбаларымен жылжытатын құрылғы .

Желдеткіш қондырғы -әкелуші арна, диффузор шыға беріс бөлік және желдетілетін ағынды қиятын және реверсирлейтін көмекші жабдықпен кіру және шығу элементтерімен жалғасқан желдеткіш.

Турбоқондырғының сыртқы торабы -сорғылық немесе компрессорлық қондырғының айдаушы құбырлық өткізгіші, тау –кен қазбаларының торабы.

**Сужигыш** –жер бетіне сорылатын шахталық суды осветления, аккумуляциялауға және жинауға арналған тау-кен қазбасы.

Ауа жиғыш –Поршенді компрессор беретін сығылған ауаны жинап, қысымын біакелкілеуге арналған ыдыс.

Сору биіктігі –сорғы центрінің сұйық бетінің деңгейінен биіктігі.

**Градирни** –компрессордың салқындату жүйесінен келетін жылы суды салқындатуға арналған құрылғы.

**Қысым** –турбомашина (желдеткіш) арқылы өткендегі аққыштың ішкі энергиясының өсуі.

**Диффузор** –газ немесе сұйық ағынының кішіреюі және құраушы статикалық қысымның өсуі (компрессордың) жүретін арнаның кеңейетін бөлігі.

**Кавитация** –сұйықтың ішкі тұрақтылығының (стоймость) бұзылуы, газ, бу немесе қоспа (смесь) толған қуыстардың пайда болуы.

**Компрессор** –газды немесе ауаны 0,2 МПа кеме емес избыточный қысымға дейін сығуға арналған машина.

**Арын** –сорғыдағы энергияның үлесті потенциалды энергиясының өсуі.

Бағыттаушы аппарат –аққышты баппен (плавный) әкелуге арналған сорғының немесе желдеткіштің жұмыстық камсасының алдына немесе қойылатын жылжымалы немесе жылжымайтын күрекшелер комплексі.

**Сорғы** –сыртқы энергия әсері (сообщение) салдарынан болатын сұйықтық арынмен (напор) жылжыуын туғызатын машина.

**Помпаж** –турбокомпрессордың тұрақсыз жұмыс режимі.

Сақтандырғыш (қорғағыш) қақпақша –тұйықталған ыдыстағы немесе жүйедегі қысымды реттейтін автоматты қақпақша .

**Өнімділік** –уақыт бірлігінде турбомашинаны беретін аққыш мөлшері.

Желденетін ағынды (вентиляционная струя) реверсирлеу –тау –кен қазбаларындағы ауа қозғалысының бағытын жасанды өзгерту.

**Түзетуші аппарат** –желдеткіштің жұмыстық камсасынан шығатын ауа ағымын кері () айналдыруға (раскурчивание) арналған жылжымалы немесе жылжымайтын күрекшелер комплексі.

**Сүзгі** –компрессорға сорылатын ауадағы қатты бөлшектерді тазалауға арналған құрылғы

*Шығу мәліметі*

*ОӘК ДС тасымалдау және кен  
машиналары кафедрасы мәжілісінде  
талқыланған*

*2011ж. « 1» сәуір №9 хаттамасы*

*ОӘК ДС Тау-кен институтының*

*Ғылыми-әдістемелік кеңесінде*

*талқыланып, мақұлданған*

*2011 ж. « 28 » сәуір №5 хаттамасы*

**“ Сутөкпе, желдетпе және пневматикалық қондырғылар ” пәні бойынша**

**"5B072400 - Технологиялық машиналар және жабдықтар"  
мамандығына арналған.**

**СТУДЕНТТЕРДІҢ ПӘНДІК ОҚУ-ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕНІ**

Искаков Б., Қожахан А. К.

Басуға \_\_. \_\_. 200\_\_ ж. қол қойылды. Пішімі 60x84 1/16. Кітап-журнал қағазы.

Көлемі \_\_, \_\_ ес.-б.т. Таралымы \_\_ дана. Тапсырыс №\_\_.

Қ.И.Сәтбаев атындағы баспа типографиясында басылған

Алматы қаласы, Ладыгин көшесі, 32