

*Д.Е. Туралина*

**ТӘЖІРИБЕЛІК ГИДРОМЕХАНИКА**

*бойынша зертханалық жұмыстар*

**(1 бөлім)**

***Оқу құралы***

Алматы

«Қазақ университеті»

2016

УДК 532+523.3+

ББК 22. 553я73

Т...

Баспаға

---

***Пікір жазғандар:***

Физика -математика ғылымдарының докторы, профессор *А.Қ.Ершина*  
(Қазақ мемлекеттік қыздар педагогика университеті);

Физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент қ.а.  
Тулепбергенов А.К.  
(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті).

Философия докторы (PhD) , аға оқытушы К.Алибаева  
(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті).

**Туралина Д.Е.**

**Тәжірибелік гидромеханика бойынша зертханалық жұмыстар (16өлім):** Оқу құралы. - Алматы: Қазақ университеті, 2016.- 110 бет (6 баспа табақ).

ISBN .....

Оқу құралы «5В060300–механика» мамандығы бойынша білім алатын бакалавриатура студенттеріне арналған «Механиканың тәжірибелік зерттеу әдістері» , «Тәжірибелік гидромеханика» атты пәндердің бағдарламаларына сәйкес құрастырылды.

Оқу құралының бірінші бөлімінде “Гидравлика М2” НТЦ-11.17.2 зертханалық тақтасында орындалатын зертханалық жұмыстардың түсіндірмелері келтірілген. Әр-бір зертханалық жұмыстың мақсаты, қысқаша теориялық кіріспесі, тәжірибелік қондырғылардың түсіндірмелері, жұмысты орындау тәртібі, тапсырмалар мен тақырыпқа байланысты сұрақтар келтірілген.

Оқу құралы университеттердің механика мамандығы бойынша білім алушы студенттеріне арналған.

КазНУ им. аль-Фараби, 2016.

**ББК 22.2я73**

ISBN...

Д.Е.Туралина, 2016.

М000ББК 000

## Алғы сөз

«Тәжірибелік гидромеханика бойынша зертханалық жұмыстар» атты оқу құралы «5B060300-Механика» мамандығында міндетті түрде оқытылатын «Механиканың тәжірибелік зерттеу әдістері» кәсіби модульдер блогы бойынша оқытылатын "Сұйықтар мен газдар механикасы", "Тәжірибелік гидромеханика" пәндерінің мазмұнын қамтыды, аталған пәндердің негізгі оқу бағдарламаларының мазмұнына сәйкес құрастырылды.

Оқу құралында сұйықтар мен газдар механикасы саласына қатысты "Гидравлика М2" НТЦ-11.17.2 (НТЦ-17.200) зертханалық қондырғыларында орындалатын тәжірибелік жұмыстардың түсіндірмелері келтірілді. Әр-бір зертханалық жұмыстың мақсаты, қысқаша теориясы, тәжірибелік қондырғылардың түсіндірмелері, тәжірибені орындау реті, тапсырмалар және тақырыпқа байланысты өзін-өзі тексеруге арналған сұрақтар мен есептер келтірілді. Әр-бір зертханалық жұмыс көрнекі суреттермен, кестелермен толықтырылып, соңында ұсынылатын негізгі және қосымша әдебиеттер тізімі келтірілді.

Оқу құралы «5B060300-Механика» мамандығының сұйықтар мен газдар механикасы саласы бойынша білім алушыларға, оқытушылар мен осы сала мамандарына ұсынылады.

Оқу-әдістемелік құралының мазмұнын, сапасын жақсартуға бағытталған сын ескертулеріңіз бен ұсыныстарыңызды осы жолды жазушы автор ризашылықпен қабылдап, келесі басылымда ескеретін болады.

Автор

[dinara.turalina@kaznu.kz](mailto:dinara.turalina@kaznu.kz)

## Мазмұны

Кіріспе .....3

Тақтадағы жұмыс барысындағы техникалық қауіпсіздіктің негізгі талаптары

Зертханадағы тақтаның құрылымының сипаттамасы

№1 - зертханалық жұмыс. Сұйықтың ағыс режимін анықтау, қысым мен шығынды өлшеу

№2 -зертханалық жұмыс. Құбырдың пьезометрлік және екпінді сызығын тұрғызу. Бернулли теңдеуін талдау

№ 3- зертханалық жұмыс. Жергілікті гидравликалық әсерлесу коэффициентін анықтау

№ 4 - зертханалық жұмыс. Гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтау

№ 5- зертханалық жұмыс. Гидродроссель арқылы өтетін сұйықтықтың стационар емес құбылысын зерттеу

№ 6 -зертханалық жұмыс. Тісті сорғыға сипаттама беру және оны зерттеу

№7- зертханалық жұмыс. Гидроүлестіргішке сипаттама беру және оны зерттеу

№ 8- зертханалық жұмыс. Кері клапанды блок дроссельдің шығынды ауыспалылығын зерттеп, құрылғыны сипаттау

№ 9 -зертханалық жұмыс. Кері клапанды блок дроссельдің шығынды ауыспалылығын зерттеп, құрылғыны сипаттау

Әдебиеттер тізімі

## **Кіріспе**

«Гидравлика М2» НТЦ-11.17.2 (НТЦ-17.200)» зертханалық қондырғысында тұтқыр сұйықтың ламинарлы ағысын зерттеуге арналған қондырғы.

Берілген зертханалық қондырғыда (стендте) **сегіз** зертханалық жұмыс жасау көзделген.

Стендте зертханалық жұмысты орындауға кіріспес бұрын, техникалық қауіпсіздік ережелерімен, стенд құрылысымен танысып, тапсырмаға дайындау керек. Лабораториялық тапсырмаға дайындық лабораториядан тыс өз бетімен жұмысты және жұмысқа қатысты негізгі теориялық мәліметтермен танысуды, тәжірибелік мәліметтерді қажет етпейтін есептеме бөлімдерін жасауды талап етеді. Есептеме тақырыптарында өлшенетін және есептелетін өлшемдердің кестесі берілуі керек.

**Дайындалмаған студент тапсырманы орындауға жіберілмейді.**

Гидравликалық стендтің сұлбасын бір рет салып,стендте жасалатын бірінші жұмыстың есептемесіне кіргізу керек.

Зертханалық жұмыстың есептемесін әр студент жеке дәптерге толтырады.

### **Есептеменің мазмұны:**

- зертханалық жұмыс тақырыбы;
- мақсат;
- нақты теориялық мәлімет;
- қондырғы сұлбасы;
- өлшенетін және есептелетін өлшемдер таблицасы;
- тәжірибелік жұмыс шешімін өндеудің мысалы;
- графиктер;
- қорытынды;

Келесі зертханалық жұмысты жасамас бұрын алғашқысын қорғап алу керек.

### **Стендте жұмыс жасағанда ескерілетін техникалық қауіпсіздік талаптары**

Стендте жұмыс тек лаборанттың немесе тәрбиешінің қатысуымен жасалады.

Зертханалық жұмысты методикалық нұсқаудағы талаптар бойынша жасау.

Зертханалық стендте жұмыс жасағанда қажетті талаптар:

- Стендті іске қоспас бұрын стендтің жерге тұйықталған қорғанышының дұрыстығын және құбырларының дұрыс жалғанғандығын тексеру.
- $P_1, P_3, P_4, P_5$  таратқыштарын стенд өшіп тұрғанда ауыстыру керек.
- Насостың шыға берісіндегі қысым 5МПа (МН1 манометрінің көрсеткіші) аспауы керек;
- Манометр (МН1) көрсеткіші 0-ге тең болғанда насостың жұмысын жалғастыруға болмайды (Мұндай жағдай насостың валының айналу бағыты дұрыс болмаған жағдайда, электр қозғалтқышының дұрыс қосылмаған жағдайында пайда болады);
- Кездейсоқ жағдай пайда болғанда насосты өшіру керек және стендті электр көзінен ажырату керек.

Стендтің электрлік көзі-380 В, 50 Гц.

Қызмет көрсету және стендті жөндеу жұмыстарын тек лаборант жасайды.

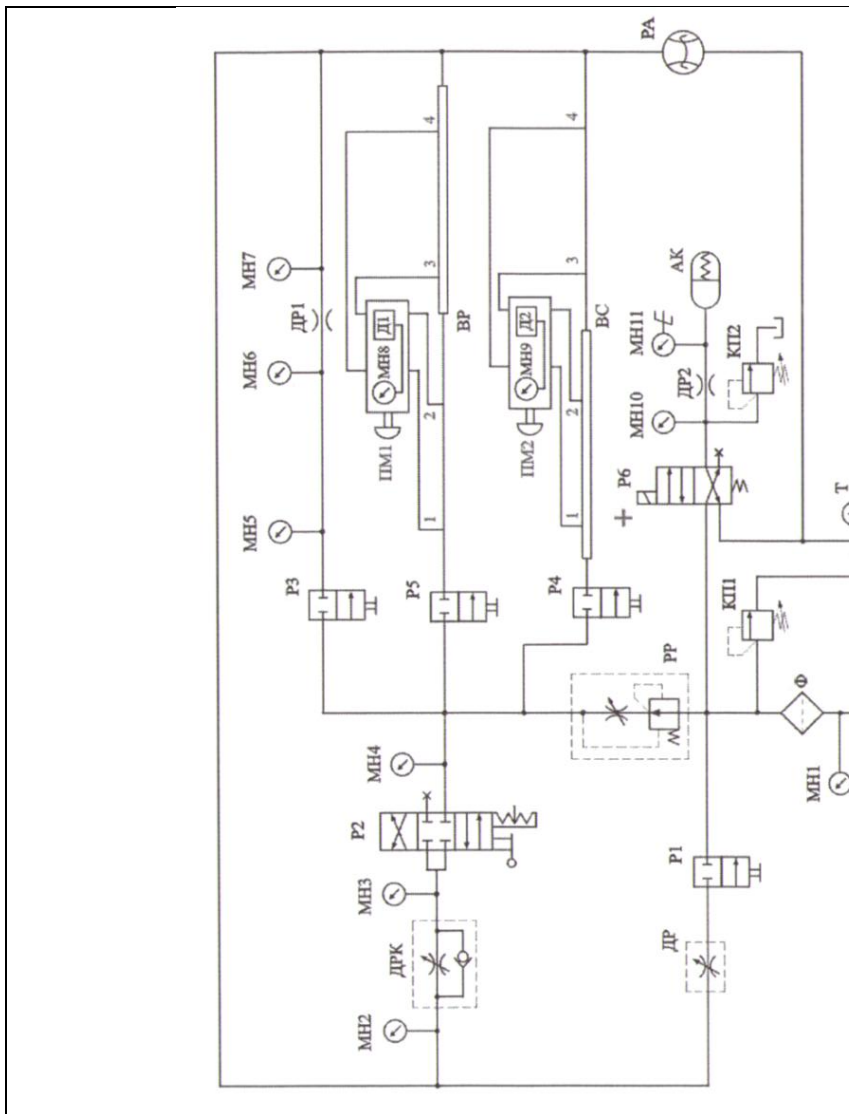
## Лабораториялық стендтің құрылысының сипаттамалары

Стенд келесідей тәжірбиелік зерттеулер жүргізуге арналған

- сұйық ағысының режимдерін анықтау ;
- Бернулли теңдеуін зерттеуге және құбыр бойындағы қысым және пьезометрлік көрсеткіштер сызығын тұрғызу;
- жергілікті гидравликалық кедергі коэффициентін анықтау;
- гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтау үшін (Дарси коэффициенті)
- стационар емес сұйықтықтың гидродроссель арқылы ағып өтуін зерттеу;
- пішінді насостың сақтандырғыш клапанымен бірге сипаттамасын зерттеу үшін;
- қондырғыны зерттеу және гидрореттегіштің өзгермелі – шығымының сипаттауышын анықтау үшін;
- қондырғыны зерттеу және қайтымды клапаны бар дроссель блогының сипаттауышын анықтау;

Барлығы сегіз лабораториялық жұмыс жасау көзделген. Стендте басқа да тәжірбиелік жұмыс жасауға болады. Мысалы, гидродроссельдің шығын коэффициенті мен жұмыс сұйықтығының арасындағы тәуелділікті анықтауға болады. Бірақ, стендте біз қалаған температураны орнатуға болатын мүмкіндіктер болмағандықтан, мұндай жұмыс стендте жасалатын жұмыстар тізіміне кірмеген.

Гидравликалық стендтің сұлбасы 2.1-суретте көрсетілген.



2.1-сурет. Гидравликалық стенд сұлбасы



Стенд құрамына гидробак Б, тегершікті насос Н, фильтр Ф, сақтандырғыш клапан КП1, екісызықты шығын реттегіш РР, алты гидрореттегіш  $P_1$ - $P_6$ , реттелетін дроссель ДР, қайтымды клапанды дроссель блогі ДРК, өзгермелі клапан КП2, серіппелі гидроаккумулятор АК. Насосты қосу үшін үшфазалы асхронды электрқозғалтқышы М қолданылады.

Мұндай қондырғылар, мәселен электрқозғалтқыш М, гидронасос Н, фильтр Ф, сақтандырғыш клапан КП1 және гидробак Б, жеке модуль құрайтын гидростанция құрамына енеді.

Төрт екі сызықты екі бағытта гидрореттегіш  $P_1, P_3, P_4, P_5$  клапан санына қатысты және қысым тегеурінің реттейтін шарикті золотникті элементі бар. Бұл таратқыштардың қалауынша басқаруды істемейтін стендте іске асыру. Бұл таратқышты басқару кезіндеден жұмысы уақытында тербеліс әсерінен ЗРЭ және жұмыс сұйықтығы жағымсыз жоғарыншілікте дыбыс шығады. Қолмен басқарылатын сутартқыш  $P_2$  дроссель блогымен ДРК кері клапанымен бірге қойылған.

Электромагнитті таратушы  $P_6$ ны басқару үшін 24 В кернеу қолданылады.

Жоғарыда айтылған құрылғылардан бөлек, стендте зерттелетін объект болып есептелетін және әр түрлі гидравликалық кедергіге ие 3 арнайы темір құбыр орналасқан.

Стенд тұрақты құрылғыға ие. Зерттеуді жүргізбес бұрын, қандай да құрастыру жмысын жүргізуді қажет етпейді.

Стендті ақпараттық- өлшеу жүйесіне М11 манометрі, Д1 және Д2 электронды қысым датчигі, шығын өлшегіш РА, электронды тахометр ТХ, термометр Т, электронды секундомер, ваттметр кіреді.

Электронды тахометр ТХ-Нанос Н валының айналу жиілігін өлшеу үшін, ал ваттметр-М электр қозғалтқышының кіре берісіндегі қуатын өлшеу үшін қолданылады.

МН5, МН6 және МН7 манометрлері жоғарға құбырдың сәйкес қималарына жалғанғанын ескеру керек. Ортанғы құбырдың 1-4 қималарындағы қысым электронды Д1 датчигімен өлшенеді. Төменгі құбырдың 1-4 қималарындағы қысым Д2 датчигімен өлшенеді. Д1 датчигіне МН8 манометрі, ал Д2 датчигіне МН9 манометрі параллель орналасқан. МН8 және МН9 манометрлері қысым датчиктерінің жұмыс істеу қабілетін бақылауға арналған. Қысым датчиктерін әрбір қимаға сәйкес манометрлермен жалғағанда ПМ1 және ПМ2 манометр ауыстырғыштары көмегімен жүзеге асады. Қысым датчигін бізге қажетті қимаға қосу үшін манометрдің басқару маховигін құбыр қимасының номерін сәйкес келтіру керек. Мысалы, ортанғы құбырмен зерттеу жүргізгенде, құбырдың 1 қимасын Д1 қысым датчигіне қосу үшін ПМ1 манометрдің басқару маховигін 1 позициясына қою керек, 2 қима үшін 2 позицияға қоямыз және тағы солай.

Осы қосулар жұмыс істеп тұрған стендта жүргізіледі.

Д1, Д2 датчиктерінің, ТХ тахометрінің және ваттметрдің ақпараттарының қорытындысы санды индекаторлы таблада шығады.

Электронды секундометрдің жұмыс істеу режимдері – қолмен («руч») және автоматты («Авт») түрде. Тумблерді «АВТ» қалпына қойғанда, секундомерді басқару электроконтактілі манометр МН11 көмегімен жүзеге асады. Секундомердің жұмыс режимін ауыстыруда тумблердан басқа, «Счет» тумблері және «Сброс» батырмалары қолданылады.

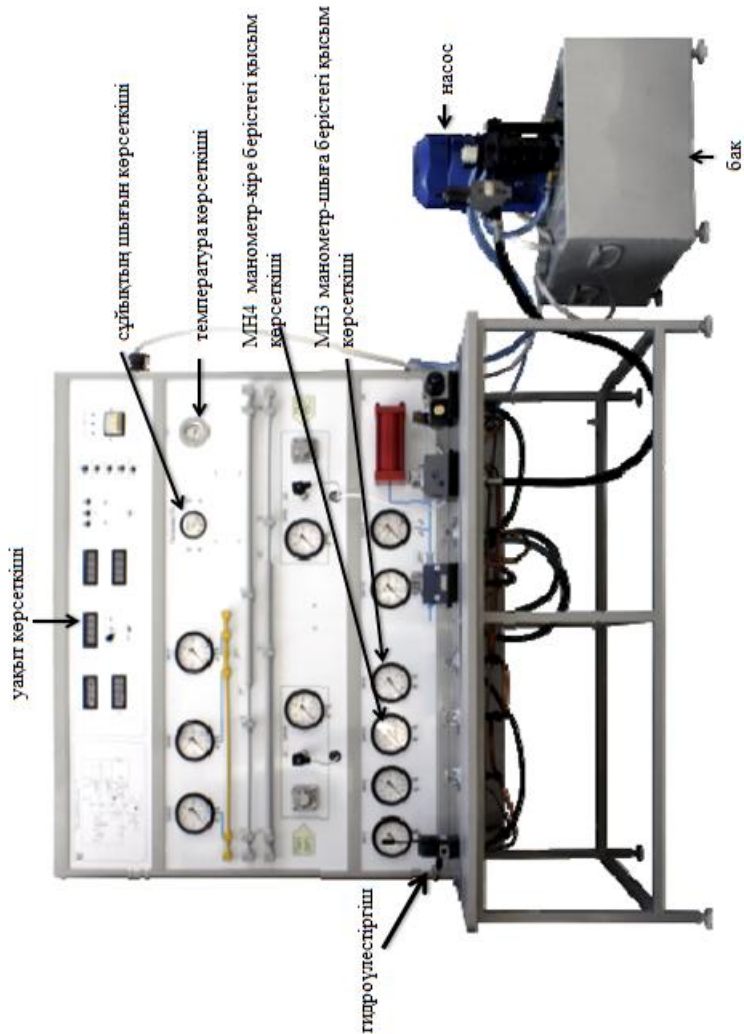
Лабораториялық жұмысты орындағанда задание ауыстырғышы қолданылмайды.

Стендтің жалпы түрі 2.2-суретте көрсетілген.

Стенд 3 панельден тұрады. Жоғары панельде гидравикалық стендтің орналасу құрылымы, электронды басқару қондырғылары және өлшеу нәтижелері орналасқан.



2.2-сурет. Стендтің жалпы түрі



Ортанғы және төменгі панельде зерттелетін құбырлар гидроаккумулятор АК, электронды қысым датчигі, манометрлер және манометрді ауыстырғыштар (ПМ1 және ПМ2). Қалған гидравикалық қондырғылар стендтің столында орналасқан.

Гидравликалық жүйе стендінің қалыпты қысымы 5 МПа.  
(гидростанцияда орнатылған сақтандырғыш клапан КП1

көмегімен орнатылады және МН1 монометрiнiң көмегімен бақыланады).

**Пружиналы гидроаккумулятордың максималды қысымы 1.8 МПа** (үстелдiң үстiнде орналасқан КП2 құйылмалы клапанының көмегімен орнатылады). Шектiк мәніне ие. Бұл жағдайда максималды қысым 1.2 МПа- дан артық болмауы керек.

Жоғарыда көрсетiлген қысым деңгейi өндiрушiде қойылған.

**Назар аудар:**өте жоғары деңгейдегi қысымды стендке орнату кезiнде монометрлер iстен шығуы мүмкiн.

Стендтағы токтың кернеуi 380 В, ток ауыспалы, 50 Гц.  
Р<sub>6</sub>гидротаратқышының электромагниттегi ток кернеуi- 24 В (ток қалыпты).

Жұмысты бастамас бұрын стендтi жерге түсiру керек.

**Стендтi алғаш қосқанда электр қозғалтқышының валының айналу бағыты электрқозғалтқышының кажухасының бағытымен сәйкес келетiнiне көз жеткiзу.**  
Айналу бағыты дұрыс болмаған жағдайда фазасын ауыстыру керек.

Гидробактың сыйымдылығы 35 дм<sup>3</sup>( литр).

Нұсқалған жұмыс сұйықтығы: минералды май МГЕ- 46 В, МГ30у, М8- В. Гидронасостың валының айналу бағытының айналуының дұрыстығын анықтау үшін, қысқа уақытқа қосу жолымен электроқозғалтқышының вентиляторының айналу бағытын анықтап алу керек. Вентелятордың айналу бағыты катушкадағы бағытпен сәйкес келу керек.

**№1- зертханалық жұмыс**

**Қысым мен шығынды өлшеу, сұйық ағысының режимін анықтау**

**Жұмыстың мақсаты:**

- гидравлика мен пневматиканың өлшемдерінің физикалық қасиеттері мен өлшеуге арналған бірліктерімен және амалдарымен танысу.
- сұйық ағысының және газ текті ортаның режимдерімен және оларды анықтайтын әдістермен танысу;
- сұйық ағысының режимін тәжірибе арқылы анықтау.

### 1.1. Қысқаша теориялық мәлімет

Гидравлика мен пневматиканың негізгі өлшемдеріне қысым **P** мен шығын **Q** жатады. Әртүрлі жүйелердің физикалық табиғатында ұқсастықтар бар, олар 3.1. таблицанда көрсетілген. **Бағанда жазылған өлшемдер- ұқсастықтар.** Мысалы, қысымның электрлік жүйедегі ұқсастығы кернеу **U**, ал шығынның ұқсастығы ток күші **I**. Өлшем бірлігі СИ жүйесінде берілген.

1.1-кесте. Әртүрлі жүйедегі физикалық қасиет өлшемдері және олардың ұқсастықтары.

Жүйенің типі		Негізгі өлшемдер	
Гидравликалық және пневматикалық жүйе		<b>P</b> -қысым, Па	<b>Q</b> - шығын, м <sup>3</sup> /с
Электрлік жүйе		<b>U</b> - кернеу, В	<b>I</b> - ток күші, А
Механикалық жүйе	Ілгерімелі қозғалыс	<b>F</b> - күш, Н	<b>v</b> - жылдамдық, м/с
	Айналмалы қозғалыс	<b>M</b> - момент, Н*м	<b>ω</b> -бұрыштық жылдамдық, с <sup>-1</sup>

1.1.- кестенің әрбір жолындағы әртүрлі типтегі жүйелердің негізгі өлшемдерінен қуат (Ватт) шығады:

$$N = pQ \quad (N = UI; N = Fv; N = M\omega).$$

Осылайша, шығым мен қысым маңызды өлшемдер екенін көреміз. Гидравликалық және пневматикалық жүйелерді құрастыратын және эксплуатациялайтын тапсырмаларды сәтті шешу үшін қысым мен шығынның қайда болатынын, қалай және немен өлшеу керектігін білу керек.

*1.1.1 қысым.* **Қысым** – бұл сұйықтарда немесе газдарда үйкеліс күшінің әсерінен пайда болтын кернеу.

Егер жүйе тыныштықта болса, онда үйкеліс күші 0-ге тең. Бұл жағдайда қысым **гидростатикалық** деп аталады. Гидростатикалық қысым өз кезегінде қысу кернеуі.

Гидростатикалық қысымның маңызды қасиеті-изотроптылығы. Сонда бір нүктедегі қысым барлық бағытта бірдей екені көрсетеді. Динамикада үйкеліс күшінің әсерінен қысым изотропты қасиетке ие емес. Бірақ бұл ерекшелік көптеген инженерлік тапсырмаларды есептегенде есептелмейді.

Қысым орташа қысым және нүктедегі қысым болып бөлінеді. Көбінесе орташа қысым қолданылады, ол мынаған тең:

$$P = \frac{F}{S} \quad (1.1)$$

Мұндағы  $F$ - қысу күші (беткі  $S$  ауданына әсер ететін) қысым абсолюттік  $P_{абс}$ , вакуумдық  $P_{вак}$ , және жеткіліксіз  $P_{изб}$  болды.

**Абсолют қысым**  $P_{абс}$  абсолютті 0-ден бастап есептеледі. Абсолют қысым тек оң болады.

**Жеткіліксіз қысым**  $P_{изб}$  0-ден басталады ( $p_a$  атмосфералық қысым алынған).

Атмосфералық қысым  $p_a$  өлшемі бірнеше факторға тәуелді: теңіз деңгейінен жоғары блуы және ауа райына және т.б.

Көптеген инженерлік тапсырмаларды есептегенде атмосфералық қысымды 0,1 МПа ( 736 мм с.рб. Ст.) тең тұрақты шама деп есептеледі.

Көптеген объектілер атмосфералық қысым жағдайында болғандықтан, практикада жеткіліксіз қысым иі қолданылады.

Абсолют қысым мен жеткіліксіз қысым арасындағы байланыс келесідей:

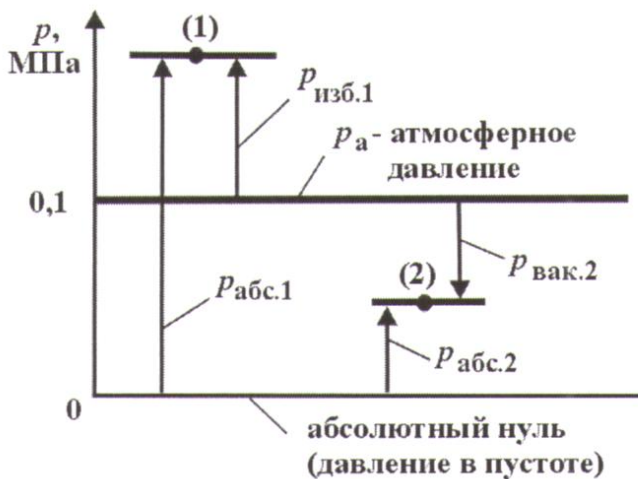
$$P_{\text{изб}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{а}} \quad (1.2)$$

**Вакуумдық қысым** атмосфералықтан абсолюттік нөлге дейін есептеледі.

Жүйедегі қысым бір нүктеге сәйкес (1.1- суретті қараңыз.) деп ұйғарайық. Бұл қысымды абсолют қысым  $P_{\text{изб}1}$  деп сипаттасак болады.

1.1-суреттен көріп отырғанымыздай,  $P_{\text{абс}1}$  қысым  $P_{\text{изб}1}$  қысымнан атмосфералық қысымға үлкен екені көрінеді. 2 нүктеде абсолют қысым  $P_{\text{абс}2}$  атмосфералықтан кіші. Сондықтан 2 нүктедегі қысымды келесідей қысымдармен сипаттаймыз: абсолютті  $P_{\text{абс}2}$  немесе вакуумдық  $P_{\text{вак}2}$  олардың арасындағы байланыс (1.3) түрінде өрнектеледі. 1.1- суреттен көріп отырғанымыздай вакуумдық қысым 0...0.1МПа арасында өзгереді. Абсолюттік нөлде қысым  $P_{\text{вак}} = 0.1\text{МПа}$  тең.





1.1-сурет. Қысым түрлері

1.1- суреттен СИ жүйесінде қысымның өлшем бірлігі ретінде Паскаль алынған. Паскаль-ауданға  $1\text{ м}^2$  нормаль бойымен біркелкі таралған  $1\text{ Н}$  күштің әсері.

$$1\text{ Па} = 1\text{ Н}/\text{м}^2 = 10^{-3}\text{ кПа} = 10^{-6}\text{ МПа}$$

Техникада қысымды өлшеу үшін жүйеден тыс бірліктер-Техникалық атмосфера ж/е бар қолданылады:

$$1\text{ ат} = \frac{1\text{ кгс}}{\text{см}^2} = 98100\text{ Па}$$

$$1\text{ бар} = 105\text{ Па} = 1.02\text{ ат}$$

Қысым зерттеліп отырған нүктенің жоғарғы жағындағы баған биіктігімен анықталады. сұйықтың баған бойындағы биіктігі былай анықталады:

$$H = \frac{p}{\gamma} \quad (1.4)$$

мұндағы  $\gamma$ -сұйықтың үлестік салмағы.

(1.4) теңдеуінен шығатыны, сұйықтың тегінен тәуелді қысым көрсеткіші әр түрлі биіктіктегі баған көмегімен анықталады. Мысалы 1 ат. Қысым судың 10м, сынаптың 0,736м биіктігінде пайда болады:

$$1 \text{ ат} = 10 \text{ м вод. ст.} = 736 \text{ мм рт. ст.}$$

Физикалық атмосфера деген ұғымдарда кездеседі:

$$1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па} = 10,33 \text{ м вод. ст.} = 760 \text{ мм рт. ст.}$$

Сұйықтар мен газдардың қысымын өлшеу үшін пьезометрлер, сұйықтықты ,механикалы және электрлік монометрлер қолданылады. Техникада көбінесе қысымды өлшеуде механикалық және электрлік монометрлер қолданылады

Механикалық монометрлер екітүрлі болады-пружиналы және мембраналы. Олардың жұмыс істеу принципі пружина жолағының деформациясына немесе өлшенетін қысым әсеріндегі мембранаға негізделген. бұл деформация түрлендіргіш механизм арқылы, өлшенетін қысым өлшемін көрсететін циферблата беріледі.

Мембрана деформациясы электрлік монометрден патенциометрге беріледі, ол оның электрлік қарсылсуының өзгеруіне алып келеді .

Монометрдің көмегімен жеткіліксіз қысым өшенеді. Вакуумдық қысымды өлшеу үшін вакуумметр қолданылады.

Жеткіліксіз қысымда вакуумдық қысымда өлшейтін прибор бар ол- мановакуумметр.

Монометрдің, вакуумметрдің және мановакуумметрдің жұмыс істеу принципі бір.

Монометрдің маңызды сипаттамасы болып нақтылық классы деп есептеледі . Манометрдің нақтылық классы келесідей болады: 0,1; 0,15; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,5; 2,5; 4.

Қысым өлшейтін манометрдің мүмкін қателігі:

$$\Delta = \frac{K * П}{100} \quad (1.5)$$

Мұндағы К- монометрдің нақтылық массасы

П-өлшенетін қысымның жоғарғы шегі.

Қысымды жоғарғы дәлдікпен есептеу үшін үлгілік манометрдің нақтылық классы: 0,1; 0,15; 0,25 және 0,4.

*Шығын* . Гидравликадағы нивматикадағы екінші маңызы өлшемі- шығын. Ол қима арқылы бірлік уақытта ағып өтетін сұйық мөлшері.

Көлемдік  $Q$ , м<sup>3</sup>/с; салмақтық  $Q$  э, Н/с ; массалық  $Q_m$ , кг/с шығын болып бөлінеді.

Гидравликалық негізгі өлшем көлемдік шығын. Көлемді өлшеу үшін жүйеден тыс өлшем литр бөлінген секунд.

Салмақтық  $ж$  /е массалық шығын көлемдік шығынмен кеесідей байланыста:

$$Q_g = \lambda * a \quad Q_m = \rho * Q \quad (1.6)$$

Мұндағы  $\rho$ -сұйықтың ( газдың ) тығыздығы.

Шығымды өлшеу әртүрлі тәсілмен жүргізуге болады.

Ең көп таралған әдіс өлшемді бак көмегімен өлшеу.

Бұл әдіс  $t$  уақытта жүйелі ағып өткен  $W_{ж}$  сұйық көлемі мен анықталады.  $W_{ж}$  және  $t$  біле отырып, көлемдік шығымды есептейміз:

$$W_{ж} : t = Q \quad (1.7)$$

Практикада ең көп қолданылатыны расходомерлер, олар 2 типті болады: көлемдік және жылдамдықтық. Тағы ескерте кететіле шығын интегралдалатын типте бола алады, шығынның лездін мәнін өлшейді.

Көлемдік шығынның жұмыс принципі жұмыс камерасын үзілісті толтылтыруға және босатуға негізделген. Толтыру және босату саны арнайы саны арнайы құрылғының көмегімен саналады, және жүйенің шығынын сипаттайды. Көлемдік шығынның тиімділігі өлшеу дәлдігінің жоғалылығы :

Максималды қыжеттілігі 1 пайыздан аспайды. Тиімсіздігі – үлкенділігі және құрылымының күрделілігі, ал кей бір шығын өлшемдерді таз емс сұйықтықтарға қолдана алмаймыз.

Көлемдік шығын өлшегіштер әр түрлі типте болады: Дискілі, поршенді, шестеренді және сақиналы.

Жылдамдықтың шығын өлшегіштің жұмыс істеу принципі, прибор арқылы ағып өткен сұйықтықтың крильчатканы немесе вертушканы айналысқа келтіреді, айналу жиілігі ағын жылдамдығына пропорционал болады, сәйкесінше шығыншада. Крильчатканың немесе вертушканың осі маханикалық счетчигіне жалғанған.

Жылдамдықтың шығын өлшегішінің құрылысы көлемдікке қарағанда күрделі емес, бірақ дәлдігі төмен. Максималды қателігі 2...3% дейін жетеді.

Құрылысына қарай жылдамдықтың шығын өлшегішін крильчатты және турбинді болып бөлінеді. Төменде жұмысты орындау барысында жылдамдықтық крильчатты шығын өлшегіш қолданылады.

### 1.1.3 Сұйықтықтың ағыс режимі

Ғалымдардың зерттеуін қарағанда сұйық ағысының 2 режимі бар: ламинарлы және турбулентті.

**Ламинарлы режимі** деп сұйық ағысының түзу сызықты қозғалысын және сұйықтықтың жеке бөлшектерінің траекториялары өзара қиылыспайды; тоқ сызықтары бөлшектердің траекторияларымен сәйкес келетін режимді айтамыз.

**Турбулентті режим** деп құйынды ағысты айтамыз. Сонда сұйықтықтың бөлшектері отналасып, ал бөлшектерінің траекториялары күрделі сызық түрінде бір бірімен қиылысады.

Ағыс режимінің ламинарлы немесе турбулентті болуы қозғалыс жылдамдығынан, сұйықтықтың тұтқырлығынан және қиманың геометриялық өлшеміне тәуелді.

Егер орташа жылдамдықта біртіндеп үдеткенде, ламинарлы қозғалыс белгілі бір шекті мәнге жеткенде, қозғалыс турбулентті режимге ауысады.

Ламинарлы режимнен турбулентті режимге, жоғарғы критикалық жылдамдыққа  $u_{кр.в}$  жеткенде ауысады. Керісінше ауысу төменгі критикалық жылдамдықта жүзеге асады. ( $u_{кр.н} < u_{кр.в}$ ).  $u_{кр.н}$  мен  $u_{кр.в}$  арасындағы қозғалыс орныксыз.

Сұйық қозғалысының режимін анықтау үшін өлшемсіз китери, Рейнальдс саны қолданылады және  $Re$  деп белгіленеді.

Дөңгелек құбыр үшін:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (1.8)$$

Мұндағы:  $v$  – сұйық ағысының орташа жылдамдығы, м/с

$d$  – құбыр диаметрі, м

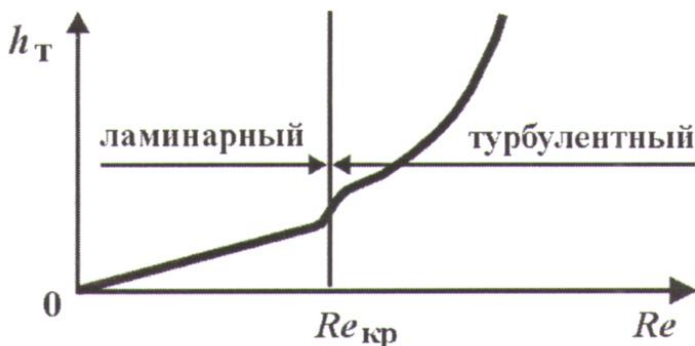
$\nu$  – сұйықтың кинематикалық тұтқырлығы м<sup>2</sup>/с

қимасы дөңгелек емес құбыр үшін (3.8) формулада  $d$  орнын  $D$  – гидравкалық диаметр қойылады.

Қозғалыс режимінің ауысуы Рейнольдс санының критикалық мәніне сәйкес келеді:  $Re_{кр} = 2320$

Егер  $Re < 2320$  қозғалыс режимі ламинарлы, ал  $Re > 2320$  турбулентті.

1.2.-суретте үйкеліс әсеріне болатын қысымның жоғалуы  $h_T$  мен Рейнольдс саны арасындағы тәуелділік.



1.2-сурет. Ламинарлы режим ағысындағы үйкеліс әсерінен болатын энергияның жоғалуы турбуленттіге қарағанда аз

### 1.2 Зерттеуді жүргізу

Зертханалық жұмысты орындамас бұрын, 1 және 2 бөлімдермен танысу керек.

Берілген жұмыстағы зерттелетін объект жоғарғы темір құбыр (2.1.сурет). Құбырдың ішкі диаметрі  $d=8\text{mm}$ .

Стендті іске қоспас бұрын:

- зерттелетін құбырды насостың қысым сызығына қосу керек (ол үшін РЗ реттегіштің маховигі сағат тіліне қарсы бағытта шегіне дейін бұру керек).

- P1, P3 және P5 гидрореттегіштерінің жабық екендігіне көз жеткізу (маховикті сағат тілінің бағытымен шегіне дейін бұрау), P2 реттегішінің тұтқасын бейтарап қалыпқа қою керек, ал P6 таратқышының тумблерін «Выкл» қалпына келтіру керек.

- PP шығын реттегіші минималды шығынға келтірілгеніне көз жеткізу.

Әрі қарай:

- Стендтің электр қуатын қосу «Сеть»

- Насосты қосу «Пуск» батырмасы

- Стендтің 3 – 5 минут жұмыс жасауына мүмкіндік беру.

Әрі қарай зерттеуді 6 түрде шығында жасау. Шығынды PP шығын реттегіштің көмегімен өзгертеді.

Әрбір зерттеуде электронды секундомердің көмегімен  $t$  уақыт ішінде берілген құбырдан өткен жұмыс сұйықтығының көлемін  $W_{ж}$  және май температурасын  $T$  анықтау керек.

Зерттеуді аяқтағаннан кейін секундомерді өшіру керек, электрқозғалтқышты және стендті токтан ажырату керек.

Өлшеу нәтижелерін 1.2- кестеге кіргізу

Тәжірибе реті	1	2	3	4	5	6
Көлемі $W_{ж}$ шығын өлшегіш арқылы ағып өту уақыты $t$ , с						
Көлем $W_{ж}, м^2$	$5 \cdot 10^{-3}$					
Жұмыс сұйықтығының температурасы $T, ^\circ C$						
Кинематикалық тұтқырлық $\nu, м^2/с$						
Шығын $Q, м^3/с$						
Орташа жылдамдық $v, м/с$						
Рейнольдс саны $Re$						
Ағыс режимі						

### 1.3 Нәтижелерді өңдеу

Шығын (1.7) формуламен анықталады.

Ағынның орташа жылдамдыға

$$v = \frac{Q}{S_{\text{тр}}}$$

Мұндағы:  $S_{\text{тр}}$  - құбыр қимасының ауданы ( $\text{м}^2$ )

Құбырдың ішкі диаметрі  $d = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  (8мм).

$v$  –ді анықтау үшін лабораторияда майдың кинематикалық тұтқырлығының температураға тәуелділік графигі болуы керек.

Рейнольдс саны (1.8) формуласымен анықталды.

Ағыстың режимі рейнольдс санымен анықталады.

Егер Рейнольдс саны критикалық мәннен  $Re_{\text{кр}}$  кіші болса, ағыс режимі ламинарлы. Дөңгелек қиманы құбыр үшін  $Re_{\text{кр}} = 2320$ . Егер  $Re > Re_{\text{кр}}$  – ағыс реимі турбулентті.

1.2 - таблицаны толтырғаннан кейін, (1.5) формула көмегімен стендте орнатылған барлық типті манометрлердің мүмкін қателігін табу керек. Алынған шешімдер есептемеде берілуі керек.

#### Қорытынды сұрақтар:

1. Гидравликаның негізгі өлшемдері, жүйенің әр түрлі физикалық қасиеттерінің ұқсастығы.
2. Қысым: физикалық қасиеті, абсолютті, жеткіліксіз, вакуумдық қысым, өлшеу әдістері, қондырғылары және өлшем бірлігі.
3. Шығын: физикалық қасиеті, көлемдік, салмақтық және массаның шығын, өлшеу әдістері, қондырғылары және өлшем бірлігі.



4. Сұйықтар мен газдардың режимдері, қажеттіліктері мен анықтау әдістері.
5. Ағыс режимінің энергияның жоғалуына, құбыр бойындағы үйкеліске әсері.
6. Гидрорикалық жүйелердің қуатын анықтау.
7. Манометрдің қысымды өлшегендегі мүмкін қателіктерін бағлау.

### **СӨЖ тапсырмалары**

## №2- зертханалық жұмыс

**Құбыр желісі арқылы екпінді және пьезометрлік сызығын құру. Бернулли теңдеуін зерттеу.**

### **Жұмыстың мақсаты:**

- Толық екпін және оның құраушыларының: геометриялық, пьезометрлік, жылдамдықты екпін физикалық мағынасын түсіну;
- Бернулли заңының физикалық мағынасын түсіну;
- Құбыр желісінің екпін және пьезометрлік сызығын салу;
- Құбыр желісінің ұзындығы бойынша ағын қуатының өзгеру тәуелділігінің графигін салу.

### **2.1 Қысқаша теориялық мәліметтер**

Сұйық ағынының екпінді және екпінсіз қозғалысы энергия шығынымен жетектеледі.

Гидравликада ағынның энергетикалық күйінсипаттау үшін **толық екпін** деп аталатын арнайы көрсеткіш қолданылады; Н әріпімен белгіленеді (метрмен өлшенеді).

**Толық екпін** толық меншікті энергияны білдіреді.  $i$ -інші қимадағы толық екпін

$$H_i = h_{r,i} + h_{п,i} + h_{с,i} \quad (4.1)$$

Мұндағы  $h_{r,i}$  -  $i$ -інші қимадағы геометриялық екпін, м

$h_{п,i}$ -  $i$ -інші қимадағы пьезометрлік екпін, м

$h_{с,i}$ -  $i$ -інші қимадағы жылдамдықты екпін, м.

$H_i$  құрамындағы екпіндер тең болады:

$$h_{r,i} = z_i$$

$$h_{п,i} = \frac{p_i}{\rho g}$$

$$h_{c,i} = \frac{\alpha_i v_i^2}{2g}$$

Мұндағы  $z_i$  -  $i$ -інші қиманың вертикаль координатасы, м;

$p_i$  -  $i$ -інші қимадағы қысым, Па;

$\rho$  - сұйықтығыздығы, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  - еркін түсу үдеуі, 9.81 м/с<sup>2</sup>;

$v_i^2$  -  $i$ -інші қимадағы орташа жылдамдық, м/с;

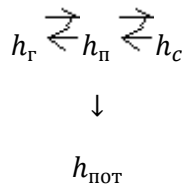
$\alpha_i$  -  $i$ -інші қима үшін Кориолис коэффициенті.

Көбінесе (4.1) толықтендеу үшін (4.1) былай жазылады:

$$H_i = z_i + \frac{p_i}{\rho g} + \frac{\alpha_i v_i^2}{2g}. \quad (4.2)$$

Геометриялық және пьезометрлік екпін сәйкес меншікті потенциалды энергияның күйін және сұйық қысымын білдіреді. Жылдамдықты екпін ағынның меншікті кинетикалық энергиясын береді.

Сұйықтың құбыр бойымен қозғалысы кезінде оның меншікті энергиясы пайда болып отырады, бір меншікті энергиядын басқа меншікті энергияға ауысып тұрады (4.1 сурет). Ағынның геодезиялық биіктігі өзгергенде  $h_T$  гелметриялық екпін  $h_{\Pi}$  пьезометрлік екпінге қайтымдыауысады, сол қима өзгергенде -  $h_{\Pi}$  пьезометрлік екпін  $h_C$  жылдамдықты екпінге ауысады және керісінше, тек қана  $h_{\Pi}$  пьезометрліктің  $h_{\text{пот}}$  жоғалған екпінге көшуі қайтымсыз.



4.1-сурет. Екпіндердің ауысу схемасы

Құбырдың екі қимасындағы меншікті энергия мәндері арасындағы байланыс орнаған режимде гидравликалық жүйе үшін энергияның сақталу заңын көрсететін Бернулли теңдеуімен анықталады және келесі түрде жазылады [1-3]:

$$z_i + \frac{p_i}{\rho g} + \frac{\alpha_i v_i^2}{2g} = z_{i+1} + \frac{p_{i+1}}{\rho g} + \frac{\alpha_{i+1} v_{i+1}^2}{2g} + h_{\text{пот.}i,i+1} \quad (4.3)$$

$h_{\text{пот.}i,i+1}$  жоғалған екпін басқа екпін сияқты метрмен беріледі, құбыр бойындағы  $i$ -інші мен  $(i+1)$ -інші қималар арасындағы гидравликалық қарсыласуға жұмсалады. Орнаған режимде гидравликалық қарсыласуға жұмсалатын екпін екі типті болады:

- 1) Құбыр ұзындығы бойынша (сызықты жоғалу) ;
- 2) Жергілікті қарсыласуда жоғалу (жергілікті жоғалу) .

Ұзындығы бойынша толық екпіннің таралу заңын сипаттайтын сызық екпін сызығы деп аталады. Толық екпін әрдайым сұйық ағысының бағыты бойынша кемиді. Бұл сызықтың көлбеулігі (құбыр ұзындығы бірлігі өзгеруі) гидравликалық көлбеу деп аталады.

Ағынның меншікті энергиясының  $(z_i + \frac{p_i}{\rho g})$  таралу заңдылығын сипаттайтын сызық пьезометрлік сызық деп аталады. Бұл сызықтың көлбеуін пьезометрлік көлбеу деп атайды.

Қуат пен толық екпін келесідей байланысты:

$$N_i = H_i Q_{Gi} = H_i \gamma Q_i \quad (4.4)$$

Мұндағы  $Q_{Gi}$  – салмақтық шығын, Н/с

$\gamma$  - Сұйықтың меншікті салмағы, Н/м<sup>3</sup>

$Q_i$  – Көлемдік шығын, м<sup>3</sup>/с

Құбырдың  $i$ -інші мен  $(i+1)$ -інші қималар арасындағы  $N_{i,i+1}$  қуат жоғалуы келесі теңдікпен анықталады:

$$N_{i,i+1} = \gamma h_{\text{пот.}i,i+1} Q_i \quad (4.5)$$

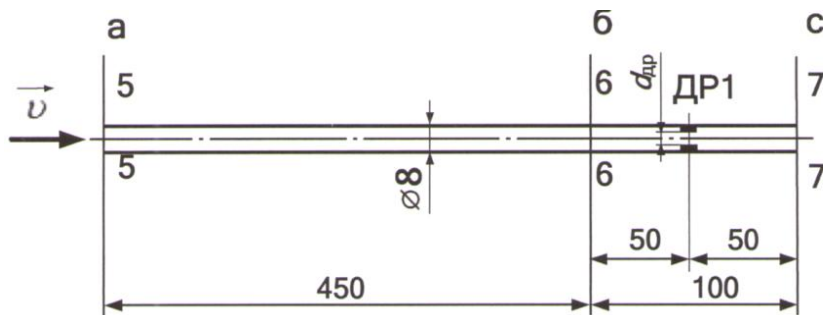
Мұндағы  $Q_i$ -  $i$ -інші мен  $(i+1)$ -інші қималар арасындағы сұйықтың (көлемдік) шығыны .

Жоғалған екпін:

$$h_{\text{пот.}i,i+1} = H_i - H_{i+1} \quad (4.6)$$

#### 4.2 Тәжірибені жүргізу

Бұл жұмыстағы зерттеу объектісі болып абс құбыр (2.1 сурет) болып табылады. Тұрақты диаметрлі ( $d = 8\text{мм}$ ) құбырда дроссель орналасқан (диаметр  $d_{\text{др}} = 3\text{мм}$ ). Құбырдың схемасы 4.2 суретте көрсетілген.



4.2-сурет. Зерттелетін құбыр схемасы

Схемадағы барлық өлшемдер мм келтірілген. Құбырдағы аудандар реті гидравликалық принцип схемасындағы манометр номерімен сәйкес келеді (2.1 сурет). құбыр горизонталь орналасқан, тұрақты диаметрі бар және жергілікті қарсыласу – гидродроссел ДР17

Тақтаны қосудың алдында:

Зерттелетін жоғарғы құбырды сорғының екпінді сызығына қосу керек (ол үшін Р3 сағат тіліне қарсы бұрылу керек).

-Р1, Р4, Р5 гидроүлестіргіштерді маховиктер сағат тіліне бағытында тұрғанына көз жеткізу, Р2 үлестіргіш рукояткасы нейтральды орналасу керек, ал Р6 үлестіргіш басқару тумблері «Выкл» жағдайында тұру керек.

-РР шығын басқарушысы минимальды шығында тұру керек («1» көрсеткіш)

Одан кейін:

- стендтің электрлік питание («Сеть»),

- сорғы құрылғысын («Пуск» батырмасы ) қосу керек,

- сорғы құрылғысын 3-5 минут қосылып тұруына

мүмкіндік беру керек.

Ары қарай әр түрлі шығында екі тәжірибе орындау керек.

Бірінші тәжірибені минимальды шығында орындау керек.

Екінші тәжірибені максимальды шығында жүргізу керек.

Әр тәжірибеде:

МН5- МН7 манометрі бойынша  $p_5 - p_7$  қысым

- РА расходомер арқылы  $W_{ж}$  сұйық көлемінің  $t$  уақытта өтуі.

- Жұмыс істейтін сұйық температурасы  $T^{\circ}C$  өлшеу керек .

Өлшеу нәтижелерін (4.1) кестеге енгізу.

Тәжірибені жасап болған соң сорғы құрылғысын және стенд электропитаниесін өшіру.

#### 4.1 кесте - Зерттеу нәтижелері

№	і-інші құбыр қимасы	$p_i$ қысым, МПа	$W_{ж}$ , расходмер арқылы өтетін сұйық көлемі, t, сұйықтың расходмер арқылы өті уақыты	T сұйық температурасы, °C	Сұйық шығыны, м <sup>3</sup> /с	Орташа жылдамдық, м/с	Укинематикалық тұтқырлық, м <sup>2</sup> /с	Re Рейнольдс саны	A Кориолис коэффициенті	$z_i$ геометриялық екпін, м	$\frac{p_i}{\rho g}$ пьезометрлік екпін, м	$\frac{\alpha_{i+1}v_i^2}{g}$ Жыюлдамдықты екпін, м	$z_i + \frac{p_i}{\rho g}$ Меншікті потенциалды энергия, м	$H_i$ толық екпін, м	$N_i$ ағын қуаты, Вт
1	5	5*													
	6	$10^{-3}$													
	7														
2	5	5*													
	6	$10^{-3}$													
	7														

#### 4.3 Нәтижелерді өндеу

Құбырдағы сұйық шығыны

$$Q = W_{ж}/t$$

Ағынның орташа жылдамдығы;

$$v = \frac{Q}{S_{\text{күб}}}$$

Мұндағы  $S_{\text{күб}}$  - құбырқимасының ауданы,  $m^2$  ( $d=8\text{мм}$ ).

$v$  Кинемаикалық тұтқырлық  $v=f(T)$  температураның графикпен анықталады.

Рейнольдс саны :

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

$Re < 2300$  болғанда Кориолис коэффициенті  $\alpha=2$  және  $Re > 2300$  болғанда  $\alpha=1$ .

$z_i$  геометриялық екпін вертикаль координат мәндеріне тең. Зерттелетін құбыр горизонталь орналасқандықтан  $z_i = const$ .

Толық екпін мен ағын қуаты (4.2) және (4.4) формулалармен анықталады.

Есептеу нәтижелерін 4.1 кестеге енгізіп, екі тәжірибе үшін  $H = f_1(l_{\text{тр}})$ ,  $z + \frac{p}{r \cdot g} = f_2(l_{\text{тр}})$  екпінді және пьезометрлік сызықтар салу,  $N_i = f_3(l_{\text{тр}})$ ,

#### Бақылау сұрақтары

1. Зертханалық стенд құрылғысы.
2. Геометриялық, пьезометрлік, жылдамдықты және толық екпіндердің физикалық мағынасы.
3. Бернулли теңдеуінің физикалық мағынасымен маңызы.
4. Гидравликалық және пьезометрлік көлбеу физикалық мағынасы.
5. Толық екпін мен қуаттың байланысы.
6. Екпін және қуат жоғалуды анықтау.



### **№3- зертханалық жұмыс**

#### **Жергілікті гидравликалық кедергі коэффициентін анықтау.**

##### **Жұмыстың мақсаты:**

- Жергілікті гидравликалық кедергі коэффициентін анықтаудың эксперименттік әдісін үйрену;
- Жергілікті гидравликалық кедергі коэффициентін экспериментальды анықтау: ДР1 басқарылмайтын дросселдің, ВС кеңеттен тарылу және ВРкеңеттен кеңейю..

#### **3.1 Қысқаша теориялық мәліметтер**

Жергілікті гидравликалық кедергі – құйын аймағының пайда болуымен және ағынның шамасы бойынша жылдамдығының өзгеруімен шартталған энергия жоғалуы бар құрылғы немесе құбырлардың қысқа бөліктері.

Гидравликалық жүйелердің есептеуін жүргізген кезде, жергілікті гидравликалық кедергі созылмайды және нүктеде орналасқан деп есептеледі.

Жергілікті кедергіден өту үшін екпін(энергия) жоғалады. Ол келесідей шартталған . Құйынзоналары пайда болу нәтижесінде сұйық бөліктері бірі бірімен соқтығысып, механикалық энергия жоғалуына әкеледі. Одан басқа жергілікті кедергі ағын жылдамдығының профилінің өзгерісі сұйық қабаттарының арасындағы меншікті жылдамдық пен үйкелу күштерінің артуымен көбейде, соның барысында үйкелуге екпін жоғалуына әкеледі.

Жергілікті кедергіде сұйық ағысының турбулентті режимінде құйын пайда болуымен шартталған екпін жоғалуын көбейтеді, ал ламинарлы режимде керісінше, үйкелуге жоғалу көбейеді.

Жергілікті кедергіде сұйық ағысының режимдері тұрақты емес. Көп жағдайда Рейнольдс санының төмен мәнінде де сұйық ағысының режимі турбулентті болып келеді.

Жергілікті кедергіде екпін жоғалуы көп жағдайда Вейсбах формуласымен анықталуы мүмкін [3,4]:

$$h_m = \zeta_m \frac{v^2}{2g} \quad (3.1)$$

Мұндағы  $\zeta_m$ -Жергілікті кедергі коэффициенті (өлшемсіз шама)

$v$  - құбыр қимасындағы жергілікті кедергіге дейінгі немесе кейінгі орташа жылдамдық

$\zeta_m$  анықталған мәндері кеңеттен тарылу мен кеңеттен кеңею үшін әрқашан белгілі диаметрге байланысты екенің ескеру керек.

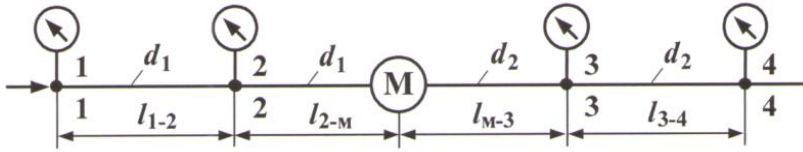
жергілікті кедергіде ағынның құрылысының күрделілігіне байланысты  $\zeta_m$  шамасы тек тәжірибелік жолмен анықталуы мүмкін.  $\zeta_m$  мәні жергілікті кедергі түріне, оның құрылысының өлшемдеріне, Рейнольдс санына тәуелді.

$\zeta_m Re$  санынан ламиналы қозғалыс кезінде туәелді екенін зерттеулер көрсетті. Турбулентті ағыста Рейнольдстың жеткілікті жоғарғы мәнінде  $\zeta_m$  әсері мардымсыз.

$\zeta_m$  экспериментальды анықталуы (5.1) Вейсбах теңдеуін пайдалану арқылы шығады.

$\zeta_m$  ны анықтау кезінде екі жағдай болуы мүмкін:  $d_1$  тең емес  $d_2$ ,  $d_1=d_2$ , мұндағы  $d_1$ ,  $d_2$ , құбырдың кіре берістегі және шыға берістегі диаметрлері.

Жергілікті кедергіге дейінгі және кейінгі диаметрлер әр түрлі болатын жағдайдағы экспериментальды анықтауды қарастырайық. Жергілікті кедергі «М» әріпімен берілген. Схемасы 5.1 суретте көрсетілген.



5.1-сурет.  $\zeta_M$ ді анықтау схемасы

Процесстің күрделілігіне байланысты, жергілікті кедергіден өтетін дәлділік үшін пьезометрлік қысымды немесе екпінді анықтап алу қажет. Яғни өлшеу ағынның орнықталған қимасында орындалу керек. Жергілікті кедергіге дейінгі қашықтық көп болған сайын, эксперимент дәлділігі көбірек.

Экспериментті орындау барысында қималардағы толық екпін анықталады. Оларға өлшегіштер қосылған. 5.1 суреттегі 2-2 және 3-3 қималардағы толық екпін сәйкесінше  $H_2$  және  $H_3$  эксперимент жүзінде анықталады.

$$H_2 - H_3 = h_M + h_{\partial l_{2-M}} + h_{\partial l_{M-3}} \quad (5.2)$$

Мұндағы  $h_M$  жергілікті кедергіде жоғалу.

$h_{\partial l_{2-M}}$  және  $h_{\partial l_{M-3}}$  чэйкес қималардағы үйкелуге қарсы жоғалу.

$h_{\partial l_{2-M}}$  және  $h_{\partial l_{M-3}}$  анықтау үшін екі бақылау бөліктерін құру керек, содан кейін олардағы гидравликалық көлбеуді анықтау керек.

Бақылау бөлігі – орнықталған ағынды тұрақты диаметрі бар құбырдың бөлігі.

Гидравликалық көлбеу

$$i_1 = \frac{H_1 - H_2}{l_{1-2}} \quad (5.3)$$

$$i_2 = \frac{H_3 - H_4}{l_{3-4}} \quad (5.4)$$

Мұндағы  $l_{1-2}, l_{3-4}$  бақылау бөліктердің ұзындығы  
 $H_i$  толық екпін

Гидравликалық көлбеу өлшемсіз шама. 1 м ұзындықта толық екпіннің жоғалуы.

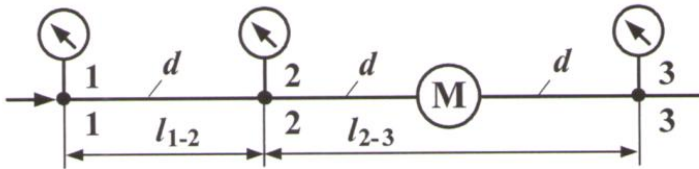
$$h_{\partial l_{2-M}} = i_1 * l_{2-M}, \quad (5.5)$$

$$h_{\partial l_{M-3}} = i_2 * l_{M-3}, \quad (5.6)$$

$l_{2-M}, l_{M-3}$ , 2-2 мен М және М мен 3-3 аралығы

Жергілікті кедергі коэффициентін анықтау үшін қажет:

- 1) Вейсбах формуласынан  $\zeta_M$  анықтау.
- 2) Жергілікті кедергіде екпін жоғалуын экспериментальды анықтау.



$d_1 = d_2 = d_3$  кезінде  $\zeta_M$  анықтау схемасы

Бұл жағдай үшін

$$H_2 - H_3 = h_M + i_1 * l_{2-3}, \quad (5.8)$$

Осыдан

$$h_M = H_2 - H_3 - i_1 * l_{2-3}, \quad (5.9)$$

Гидравликалық көлбеу

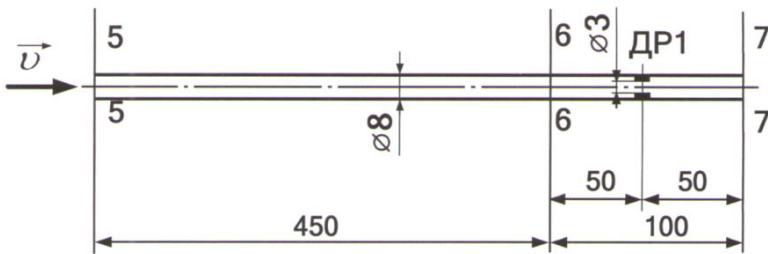
$$i_2 = \frac{H_1 - H_2}{l_{1-2}} \quad (5.10)$$

### 5.2 Тәжірибені орындау

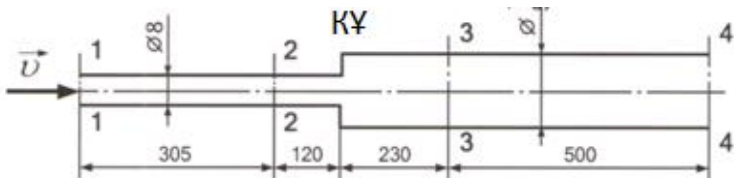
Тәжірибе объектiсi құбырдың үш бөліктерi болып табылады. (2.1 сурет)

Зерттеу объектілерінің схемасы 5.3 суретте көрсетілген.

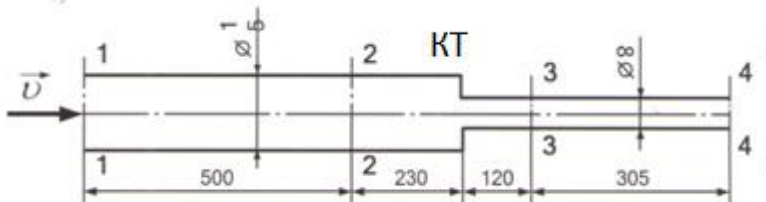
а)



ә)



б)



- а – верхний участок трубопровода (содержит гидродроссель ДР1);
- б – средний участок трубопровода (содержит внезапное расширение ВР);
- в – нижний участок трубопровода (содержит внезапное сужение ВС)

### 5.3-сурет. Зерттеу объектілерінің схемасы

5.2.1 Гидродроссельдің жергілікті кедергі коэффициентін анықтау тәжірибенің орындау

- РЗраспределительдің маховигін сағат тіліне қарсы бұру керек;
- Р1, Р4, Р5 гидроүлестіргіштерді маховиктер сағат тіліне бағытында тұрғанына көз жеткізу, Р2 үлестіргіш рукояткасы нейтральды орналасу керек, ал Р6 үлестіргіш басқару тумблері «Выкл» жағдайында тұру керек.
- РРшығынды басқару маховигі сағат тілімен бағыттас бұру керек («4» позиция ).Бұл жағдайда дросселдің қарсы тұру минимальды болады.
- Содан кейін стендтің электрлік питание («Сеть»), сорғы құрылғысын («Пуск» батырмасы ) қосу керек, және де сорғы құрылғысын қосу керек, және де сорғы құрылғысын 3-5 минут қосылып тұруына мүмкіндік беру керек.
- үш манометр көрсеткіштерін жазып алу сорғы шыға берістегі  $p_2$ қысым (МН5, МН6, МН7манометрі)
- РА расходомер арқылы  $W_{ж}$ сұйық көлемін, *туақытта* өтуін тіркеу.

Өлшеу нәтижелерін (5.1) кестеге енгізу.

5.1 кесте Гидродроссельдің жергілікті кедергі коэффициентін анықтау зерттеу нәтижесі

өлшенетін параметрлер		белгіленуі	өлшем бірлігі	мәні
қысым	сеч. 5-5	$p_5$	МПа	
	сеч. 6-6	$p_6$	МПа	
	сеч. 7-7	$p_7$	МПа	
сұйықтың өту уақыты		$t$	с	
май температурасы есептелетін параметрлер		$T$	°C	
шығын		$Q$	м <sup>3</sup> /с	
орташа жылдамдық	сеч. 5-5	$v_5$	м/с	
	сеч. 6-6	$v_6$	м/с	
	сеч. 7-7	$v_7$	м/с	
Рейнольдс саны		$Re$	—	
Корниолис коэффициенті		$\alpha$	—	
жылдамдықты екпін	сеч. 5-5	$av_5^2/(2g)$	м	
	сеч. 6-6	$av_6^2/(2g)$	м	
	сеч. 7-7	$av_7^2/(2g)$	м	
пъезометрлік екпін	сеч. 5-5	$p_5/(\rho g)$	м	
	сеч. 6-6	$p_6/(\rho g)$	м	
	сеч. 7-7	$p_7/(\rho g)$	м	
тöльк екпін	сеч. 5-5	$H_5$	м	
	сеч. 6-6	$H_6$	м	
	сеч. 7-7	$H_7$	м	
гидравликалық келбеу		$i$	—	
екпін жоғалуы		$h_m$	м	
жергілікті кедергі коэф		$\zeta_{др}$	—	

5.2.2 Кенеттен кеңеюдің жергілікті кедергі коэффициентін анықтау тәжірибенің орындау

- P5распределительдің маховигін сағат тіліне қарсы бұру керек;
- P1, P3, P4 гидроүлестіргіштерді маховиктер сағат тіліне бағытында тұрғанына көз жеткізу, P2 үлестіргіш рукояткасы ортасында орналасу керек, ал P6 үлестіргіш басқару тумблері «Выкл» жағдайында тұру керек.
- PPшығынды басқару маховигі максимальды шығында орнатылған болу керек («4» позиция).
- Содан кейін стендтің электрлік питание («Сеть»), сорғы құрылғысын («Пуск» батырмасы ) қосу керек, және де сорғы құрылғысын қосу керек, және де сорғы

құрылғысын 3-5 минут қосылып тұруына мүмкіндік беру керек.

- құбырдың төрт қимасында қысымды өлшеу жазып алу керек. Ол үшін РМ1 дісәйкес қимаға қосу керек
- РА расходомер арқылы  $W_{ж}$  сұйық көлемін, *туақытта* өтуін тіркеу.

Өлшеу нәтижелерін (5.2) кестеге енгізу.

5.2 кесте. Кеңеттенкеңеюдің жергілікті кедергі коэффициентін анықтау зерттеу нәтижесі



өлшенетін параметрлер		белгіленуі	өлшем бірлігі	мәні
қысым	сеч. 1-1	$p_1$	кПа	
	сеч. 2-2	$p_2$	кПа	
	сеч. 3-3	$p_3$	кПа	
	сеч. 4-4	$p_4$	кПа	
сұйықтың өту уақыты		$t$	с	
май температурасы есептелетін параметрлер		$T$	°C	
орташа жылдамдық		$Q$	м <sup>3</sup> /с	
	сеч. 1-1	$v_1$	м/с	
	сеч. 2-2	$v_2$	м/с	
	сеч. 3-3	$v_3$	м/с	
Рейнольдс саны	сеч. 4-4	$v_4$	м/с	
	сеч. 1-1	$Re_1$	—	
	сеч. 2-2	$Re_2$	—	
	сеч. 3-3	$Re_3$	—	
Кориолис коэффициенті	сеч. 4-4	$Re_4$	—	
	сеч. 1-1	$\alpha_1$	—	
	сеч. 2-2	$\alpha_2$	—	
	сеч. 3-3	$\alpha_3$	—	
жылдамдықты екпін	сеч. 4-4	$\alpha_4$	—	
	сеч. 1-1	$\alpha_1 v_1^2 / (2g)$	м	
	сеч. 2-2	$\alpha_2 v_2^2 / (2g)$	м	
	сеч. 3-3	$\alpha_3 v_3^2 / (2g)$	м	
пъезометрлік екпін	сеч. 4-4	$\alpha_4 v_4^2 / (2g)$	м	
	сеч. 1-1	$p_1 / (\rho g)$	м	
	сеч. 2-2	$p_2 / (\rho g)$	м	
	сеч. 3-3	$p_3 / (\rho g)$	м	
олық екпін	сеч. 4-4	$p_4 / (\rho g)$	м	
	сеч. 1-1	$H_1$	м	
	сеч. 2-2	$H_2$	м	
	сеч. 3-3	$H_3$	м	
гидравликалық келбеу	сеч. 4-4	$H_4$	м	
		$i_1$	—	
		$i_2$	—	
	екпін жоғалуы			
кергілікті кедергі коэф		$h_M$	м	
		$\zeta_{вр}$	—	

### 5.2.3 Кеңеттен тарылудың жергілікті кедергі коэффициентін анықтау тәжірибенің орындау

- P4распределительдің маховигін сағат тіліне қарсы бұру керек;
- P1, P3, P5 гидроүлестіргіштерді маховиктер сағат тіліне бағытында тұрғанына көз жеткізу, P2 үлестіргіш рукояткасы ортасында орналасу керек, ал P6 үлестіргіш басқару тумблері «Выкл» жағдайында тұру керек.
- PРшығынды басқару маховигі максимальды шығында орнатылған болу керек («4» позиция).
- Содан кейін стендтің электрлік питание («Сеть»), сорғы құрылғысын («Пуск» батырмасы ) қосу керек, және де сорғы құрылғысын қосу керек, және де сорғы құрылғысын 3-5 минут қосылып тұруына мүмкіндік беру керек.
- құбырдың төрт қимасында қысымды өлшеу жазып алу керек. Ол үшін PМ2 сәйкес қимаға қосу керек
- PА расходомер арқылы  $W_{ж}$ сұйық көлемін, *туақытта* өтуін тіркеу.

Өлшеу нәтижелерін (5.3) кестеге енгізу.

5.3 кесте кенеттен тарылудың жергілікті кедергі коэффициентін анықтау зерттеу нәтижесі

өлшенетін параметрлер		белгіленуі	өлшем бірлігі	мәні
қысым	сеч. 1–1	$p_1$	кПа	
	сеч. 2–2	$p_2$	кПа	
	сеч. 3–3	$p_3$	кПа	
	сеч. 4–4	$p_4$	кПа	
сұйықтың өту уақыты		$t$	с	
май температурасы есептелетін параметрлер		$T$	°C	
		$Q$	м <sup>3</sup> /с	
орташа жылдамдық	сеч. 1–1	$v_1$	м/с	
	сеч. 2–2	$v_2$	м/с	
	сеч. 3–3	$v_3$	м/с	
	сеч. 4–4	$v_4$	м/с	
Рейнольдс саны	сеч. 1–1	$Re_1$	–	
	сеч. 2–2	$Re_2$	–	
	сеч. 3–3	$Re_3$	–	
	сеч. 4–4	$Re_4$	–	
Кориолис коэффициенті	сеч. 1–1	$\alpha_1$	–	
	сеч. 2–2	$\alpha_2$	–	
	сеч. 3–3	$\alpha_3$	–	
	сеч. 4–4	$\alpha_4$	–	
жылдамдықты екпін	сеч. 1–1	$\alpha_1 v_1^2 / (2g)$	м	
	сеч. 2–2	$\alpha_2 v_2^2 / (2g)$	м	
	сеч. 3–3	$\alpha_3 v_3^2 / (2g)$	м	
	сеч. 4–4	$\alpha_4 v_4^2 / (2g)$	м	
пьезометрлік екпін	сеч. 1–1	$p_1 / (\rho g)$	м	
	сеч. 2–2	$p_2 / (\rho g)$	м	
	сеч. 3–3	$p_3 / (\rho g)$	м	
	сеч. 4–4	$p_4 / (\rho g)$	м	
толық екпін	сеч. 1–1	$H_1$	м	
	сеч. 2–2	$H_2$	м	
	сеч. 3–3	$H_3$	м	
	сеч. 4–4	$H_4$	м	
гидравликалық келбеу		$i_1$	–	
		$i_2$	–	
екпін жоғалуы		$h_M$	м	
жергілікті кедергі коэф		$\zeta_{вс}$	–	

### 5.3 Нәтижелерді өңдеу

Қателіктер болдырмау үшін сандық параметрлерді СИ жүйесінде жазу керек.

Зерттелінетін құбыр арқылы өтетін майдың шығыны

$$Q = \frac{W_{ж}}{t}$$

Құбырдағы сұйықтықтың орташа жылдамдығы

$$g = \frac{Q}{S_i}$$

Мұндағы  $S_i$   $i$  ші құбыр қимасының ауданы.

ДР1 гидроросселі бар жоғарғы құбырды зерттеу кезінде қималардың диаметрі бірдей екенін ескерген жөн, яғни орташа жылдамдық,  $Re$  Рейнольдс саны,  $\alpha$  Кориолис коэффициенті және жылдамдық екпіні бірдей.

$i$  – ші қимадағы Рейнольд саны :

$$Re_i = \frac{g_i d_i}{\nu}$$

Мұндағы  $d_i$   $i$  – ші қима диаметрі.

$\nu$   $T$  температурасы кезіндегі майдың кинематикалық тұтқырлығы.

$\alpha = f(Re)$   $Re > 2320$   $\alpha = 1$  және  $Re < 2320$   $\alpha = 2$  болғандағы Кориолис коэффициентті.

BC және BP құбырларын зерттегенде олардың диаметрін ескерген жөн.

Бұл диаметрлерде жылдамдық, Рейнольдс саны, Кориолис коэффициенті, екпін жылдамдығы әртүрді болады.

$H_i$   $i$  – ші қиманың толық екпіні жалпы жағдайда үш екпіннің

қосындысына тең. Құбырлар горизонтальды орналасқандықтан барлық жағдайда геометриялық екпінді нөл деп қарастырамыз.

Екпіннің жергілікті кедергі кезінде жоғалуын 5.1-5.2 формулаларымен есептейміз.  $\zeta_{op}$ ,  $\zeta_{ep}$ ,  $\zeta_{ec}$  анықтағаннан кейін коэффициенттердің сандық мәнін анықтамалық мәндермен салыстыру керек. Мысалы,  $\zeta_{op}$  мәнін 7.1 формуласы арқылы анықтауға болады.

### **Бақылау сұрақтары**

- 1 Жергілікті кедергілердің негізгі түрін атап, жергілікті кедергінің анықтамасын беріңіз.
- 2 Жергілікті кедергілерде екпіннің жоғалу себептерін түсіндіріңіз
- 3  $\zeta_m$  тәжірибе кезінде анықтаудың әдісі неде ?
- 4 Гидравликалық көлбеуді қандай мақсатпен анықталады ?
- 5 Ламинарлы және турбулентті ағын кезінде  $\zeta_m$  шамасына қандай факторлар әсер етеді ?
- 6 Зерттелініп жатқан жергілікті кедергі үшін  $\zeta_m$  -нің анықтамалық мәнін атаңыз.

## 6 зертханалық жұмыс №4. Гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтау

### Жұмыстың мақсаты:

- гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтау әдісін үйрену;
- болат құбырдың гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтау;
- гидравликалық үйкеліс коэффициентін Рейнольдс санынан тәуелділік графигін тұрғызу;

### 6.1 Қысқаша теориялық мәліметтер

Сұйықтың құбыр бойымен қозғалысы кезінде үйкеліс әсерінен гидравликалық қарсы тұру күштері пайда болады. Олардан өту үшін сұйық арқылы көшірілетін энергияның бір бөлігі жұмсалады.

Құбырдың ұзындығы бойынша үйкеліс үшін екпін жоғалуын анықтаудың ең ортақ формуласы Вейсбах –Дарси формуласы болып табылады. Ол қозғалыстың ламинарлы режиміне де, турбулентті режиміне де қолданылады.

$$h_{ол} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (6.1)$$

мұндағы  $\lambda$  –гидравликалық үйкеліс коэффициенті немесе Дарси коэффициенті;

$h_{ол}$  –екпін жоғалуы;

$l, d$  –екпін жоғалуы анықталатын құбыр ұзындығы және диаметрі;

$v$  –сұйық ағысының орташа жылдамдығы

Кез-келген ауданды құбырларда  $h_{ол}$  анықтау үшін (6.1) формуладағы  $d$  орнына  $D$  гидравликалық диаметр қойылады.

Гидравликалық үйкеліс коэффициенті жалпы жағдайда  $Re$  Рейнольдс санынан және  $\Delta_3 / d$  қабырғаның салыстырмалы кедір бұдырлығына тәуелді екені зерттеу арқылы анықталды. Мұндағы  $\Delta_3$  – эквивалентті бірқалыпты-қиыршықты кедір-бұдыр деп аталатын абсолют шамасы ( $\Delta_3$ -нің физикалық мағынасы [2], [3] қараңыз).  $\lambda$  анықтамасы турбулентті ағыс құрылымына орныққан пікірмен тығыз байланыста. Турбулентті ағыс құбыр қабырғасында орналасқан турбулентті ядро мен шекара бойындағы ламинарлы қабаттан тұрады деп есептеледі.

Шекара бойындағы ламинарлы қабаттың қалыңдығы  $\delta_{nl} = 30d / (Re \sqrt{\lambda})$

$\delta_{nl} > \Delta$  болғанда құбыр гидравликалық тегіс, мұндағы  $\Delta$  - құбыр қабырғасының абсолют бұдырлық.

$\delta_{nl} < \Delta$  болғанда - (қабырғаның тең еместігі ламинарлы қабат шегінен шығады) құбыр гидравликалық бұдырлы.

Осылайша, сол бір құбыр сұйықтың ағыс режиміне тәуелді гидравликалық тегіс, гидравликалық бұдырлы.

Қазіргі уақытта  $\lambda$  гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтаудың бірнеше тәсілдері бар. Соларды қарастырайық.

Бірінші тәсіл. Бұл тәсілге сәйкес  $\lambda$  тәжірибе арқылы анықталады. Осындай тәсілмен анықталатын гидравликалық үйкеліс коэффициентін  $\lambda_3$  деп белгілейік. (6.1) теңдеуден

$$\lambda_3 = \frac{2h_{0l} dg}{lv^2}, \quad (6.2)$$

Мұндағы  $h_{ол}$  және  $\nu$  тәжірибелік мәліметтер негізінде анықталады. Тұрақты ауданды горизонталь құбыр үшін

$$h_{ол} = h_{nn} - h_{нк} \quad (6.3)$$

Мұндағы  $h_{nn}, h_{нк}$  зерттелетін құбырдағы сәйкес бастапқы және соңындағы пьезометрлік екпін.

Екінші тәсіл. Бұл тәсілге сәйкес сұйықтың барлық мүмкін ағыс режимдері қарсыласудың бес аймағына бөлінеді. Әр аймаққа бір немесе бірнеше формула ұсынылған. Олардың негізінде  $\lambda$  мәні анықталады. Аймақты таңдау үшін, және де  $\lambda$  есептеу үшін формуланы таңдау үшін  $Re, d, \Delta_0$  мәндерін білу қажет. Екінші тәсілмен анықталатын гидравликалық үйкеліс коэффициенті  $\lambda_p$  деп белгіленеді.

$\lambda$  Есептеу үшін қолданылатын аймақтар, олардың шекаралары және формулалары келесідей [4].

1-аймақ – тұтқырлы қарсыласу; қозғалыс ламинарлы;  $Re < 2320$ .

$$\lambda = 64 / Re \quad (6.4)$$

2-аймақ – ауыспалы облыстағы сұйықтың турбулентті ағысы;  $2320 < Re < 4000$ . Бұл аймақтағы гидравликалық үйкеліс коэффициентін есептеу үшін Френкель формуласы қолданылады:



$$\lambda = 2,7 / \text{Re}^{0.53} \quad (6.5)$$

3-аймақ – гидравликалық тегіс құбыр;  
 $4000 < \text{Re} < 20 \frac{d}{\Delta_s}$ . Бұл аймақтағы гидравликалық үйкеліс коэффициентін есептеу үшін Блазиус формуласы қолданылады:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0.25}} \quad (6.6)$$

немесе Коначков формуласы:

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 * \lg \text{Re} - 1,5)^2} \quad (6.7)$$

4-аймақ – квадраттыға дейінгі қарсыласу, гидравликалық тегіс құбырлар аймағынан квадратты қарсыласу аймағына ауыпалы;  $20 \frac{d}{\Delta_s} < \text{Re} < 500 \frac{d}{\Delta_s}$ . Бұл аймақтағы  $\lambda$  есептеу үшін Альтшуль формуласы қолданылады:

$$\lambda \approx 0,11 \left( \frac{\Delta_s}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right) \quad (6.8)$$

5-аймақ – квадратты қарсыласу (автомодельділік);

$Re > 500 \frac{d}{\Delta_3}$ . Бұл аймақтағы  $\lambda$  есептеу үшін Шифринсон формуласы қолданылады:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta_3}{d} \right)^{0,25} \quad (6.9)$$

Осылайшы, алғашқы үш аймақта тек қана Рейнольдс санына тәуелді  $\lambda = f(Re)$ , төртінші аймақта Рейнольдс санына және құбырдың қабырғасының салыстырмалы шероховатостығына тәуелді  $\lambda = f(Re, \Delta_3 / d)$ , ал бесінші аймақта құбырдың қабырғасының салыстырмалы шероховатостығына ғана тәуелді  $\lambda = f(\Delta_3 / d)$

Гидравликалық қарсыласудың бес аймағы оқу және ғылыми әдебиеттерде қарастырылатын максималь сан екенін ескеру керек. Есептеу кезінде көбінесе, екі немесе үш аймақ қарастырылады. Мысалы, машина құрастыру гидравликасы облысында есеп шешу кезінде екі аймақты қарастырады Біріншісі (6.4) формуламен анықталатын ағыстың ламинарлы режиміне сәйкес келеді ( $Re < 2320$ ), ал екіншісі ағыстың турбулентті режимі ( $Re > 2320$ ), (6.6) Блазиус формуласы

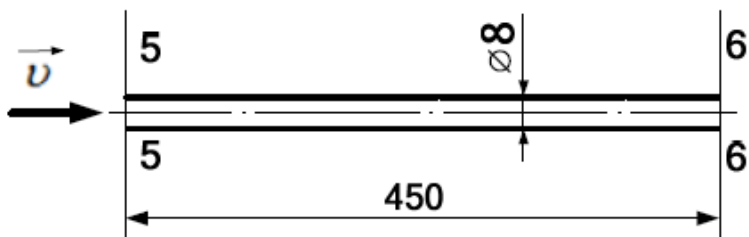
қолданылады. Тұтқырлығы аз орта қозғалысы, мысалы су жиі үшінші, төртінші,, бесінші аймақта орын алады.

Жоғарда қарастырылған гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтаудың тәсілдерінен басқа да тәсілдер бар екенін ескеру қажет, мысалы графикалық.

## 6.2 Тәжірибені орындау

Зертханалық жұмысты бастамас бұрын 1 және 2 бөлімдерді қарастыру керек.

Осы жұмыста зерттеу объектісі жоғарғы болат құбырдың 5-5 пен 6-6 қималары арасында орналасқан бөлік болып табылады (2.1 суретті қара). Құбырдың бұл бөлігінің сұлбасы 6.1 суретте көрсетілген.



6.1-сурет. Зерттелетін құбыр сұлбасы

Сұлбадағы өлшемдер мм-де берілген. Құбырдың ішкі диаметрі 8 мм.

Тақтаны қосқанға дейін қажет:

- P3 үлестіргіш маховигін сағат тіліне қарсы соңына дейін бұру;
- P1, P4, P5 гидроүлестіргіштердің сермері сағат тілі бойымен соңына дейін бұрылғанына, P2 үлестіргіш тұтқасы нейтральды позицияда тұрғанына, P6 үлестіргіштің басқару тумблері «Выкл.» күйінде тұрғанына көз жеткізу;
- PP шығын реттегіштің басқару маховигін сағат тіліне қарсы соңына дейін бұру («1» күйіндегі көрсеткіш);
- Тақтаның электр көзін («Сеть») және сорғы құрылғысын («Пуск» батырмасы) қосу. Сорғы құрылғысына 3-5 минут жұмыс істей тұруға мүмкіндік беру.

Одан соң әр түрлі шығындарда тәжірибе жасау.

Шығынды PP шығын реттегіш көмегімен шығынды өзгерту.

Әр тәжірибеде өлшеу міндетті:

Қысым  $P_5$  (манометр МН5) және  $P_6$  (манометр МН6);

$W_{жс}$

Сұйық көлемі шығын өлшегіш арқылы  $t$  өту уақыты, с (

$$W_{жс} = 5 * 10^{-3} \text{ м}^3 (5\text{л})$$

деп алу);

$T, \text{ } ^\circ\text{C}$

Май температурасы

Зерттеулер нәтижелерін 6.1 кестеге енгізу

6.1 кесте – зерттеу нәтижелері

Параметрлер	Тәжірибе номері					
	1	2	3	4	5	6
Манометрлер көрсеткіштері, МПа	$P_5$					
	$P_6$					
$h_{ол}$ Екпін жоғалу, м						
$W_{ж}$ шығын өлшегіш арқылы өтетін сұйық көлемі, $м^3$	$5 * 10^{-3}$					
$W_{ж}$ көлемнің $t$ өту уақыты, с						
$T$ сұйық температурасы, °C						
$Q$ , шығын $м^3 / с$						
$\vartheta$ , орташа жылдамдық м/с						
$\nu$ , кинематикалық тұтқырлық $м^2 / с$						
Re Рейнольдс саны						
Гидравликалық үйкеліс коэффициенті	$\lambda_s$					
	$\lambda_p$					

### 6.3 Нәтижелерді өңдеу

Құбырдың 5-5 және 6-6 қималарының арасында екпіннің жоғалуы

$$h_{ол} = \frac{P_5 - P_6}{\rho g}$$

Мұндағы  $\rho$  майдың тығыздығы

$P_5 - P_6$  қысымдарын формулаға Па түрінде қою қажет.

Құбырдағы сұйықтың шығыны

$$Q = \frac{W_{жс}}{e}$$

Құбырдағы сұйықтың орташа жылдамдығы

$$g = \frac{Q}{S_{mp}}$$

$S_{mp}$  - құбырдағы қиманың ауданы (құбырдың ішкі диаметрі  $d=8\text{мм}$ ).

$\nu$  кинематикалық тұтқырлықты гидростендтегі майдың тұтқырлығын  $\nu = f(T)$  графиктен аламыз.

Рейнольдс саны  $Re = \frac{gd}{\nu}$

Зертханалық жолмен анықталған гидравликалық үйкеліс  $\lambda_3$  - ні (6.2) формуламен есептеу қажет.

Гидравликалық үйкелісті есептеу үшін әр тәжірибеде ескеру қазет.

Гидравликалық әсер аймақты табу үшін  $Re$  мәнін аламыз.

Сұйық ағатын аймақты анықтағаннан кейін осы аймақтағы  $\lambda_3$  -ні табамыз.

Барлық есептеулерді шығарғаннан кейін  $\lambda_3 = f_1(Re)$  және  $\lambda_p = f_2(Re)$  тәуелділігіне байланысты график және алынған нәтижелерді талдау.

### **Бақылау сұрақтары**

- 1 Зертханалық тақта құрылысы.
- 2 Құбырдың ұзындығындағы жоғалған үйкелісті қалай табамыз.
- 3 Гидравликалық үйкеліс коэффициентін зертханалық әдістемесі.
- 4 Гидравликалық үйкеліс коэффициентін есептеу әдістемесі.
- 5 Құбырдың ұзындығындағы жоғалған үйкеліске қандай факторлар әсер етеді.
- 6 Гидравликалық тегіс құбыр дегеніміз не.

## **7 Лабораториялық жұмыс: №5 стационар емес сұйықтың гидродроссель арқылы ағып өту процесін зерттеу**

### **Жұмыстың мақсаты:**

- Стационар емес сұйықтың гидродроссель арқылы ағып өту процесін есептеу және тәжірибе жүргізу арқылы зерттеу;
- Зерттеу нәжесіне талдау жасау.

### **7.1 қысқа теориялық анықтамалар**

Гидравликалық әдебиеттерде сұйықтық тар саңлау арқылы жұқа қабырға бойымен ағысының екі жағдайы қарастырылады: біріншісі - тұрақты, ал екіншісі – ауыспалы қысымдар. Екі жағдайда да ағыс резервуарды сыртқы ортаға шығады. Бірінші жағдайда саңлау алдындағы ағыс ысымы тұрақта, ал екінші жағдайда – ауыспалы өлшем. Біз қарастырып отырған ағыс машина құрастыру саласында жиі кездеспейтін ескеру керек. Гидравликалық машина құрастыруда сұйықтықтың гидродроссель арқылы ағысы жиі кездеседі. Гидродроссель – өте жоғары диссипативті қасиетке ие ерекше жергілікті кедергі. Гидродроссель көптеген гидравликалық жүйелерде қажетті инерциялық қасиеттерге жету үшін орнатылады. Гидродроссельдің құрылысы және оған қойылатын талаптары (2.4) толық қарастырылған.

Ескерте кететіні, гидродроссель реттемелі және реттелмейтін болып бөлінгеді. Реттелмеген гидродроссельдің құрылысы бұрандасы бар тығын түрінде болады. Ол саңлаудың кішкене диаметрін  $d_{др}$  орнатады. Қабырғаның қалыңдығы  $l$ , ал дроссельдің диаметрімен байланысы мынадай:

$l \leq (1.5 \dots 2.0)d_{др}$ . Гидродроссельдің жергілікті кедергі коэффициенті келесідей түрде анықталады:



$$\xi = \frac{d_k^4}{\mu^2 d_{др}^4}, \quad (7.1)$$

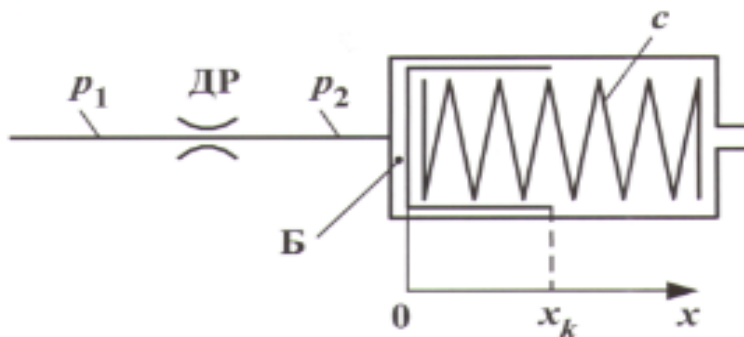
мұндағы  $d_k$  - каналдың диаметрі (дрессель орналасқан)

$\mu$  – дрессельдің шығынының коэффициенті, саңлауы дөңгелек формалы болса  $\mu = 0,62 \dots 0,65$ .

Гидродрессель арқылы өтетін ағыстың екі жағдайы жиі кездеседі. Бірінші жағдайда ішінде серіппелі поршен орналасқан қуыстың толтырылуы қарастырылады. Екінші жағдайда қуыстың гидродрессель арқылы босауы қарастырылды. Дрессель орнатылған сызық ағып шығуға қосылған.

Қарастырылып отырған процестер стационарлы емес, себебі қуыстың гидродрессель арқылы толтырылуы және босатылуы уақыттан тәуелді қысым және шығын (жылдамдық) бойынша өзгереді.

7.1-суретте серіппелі гидроккумулятордың жұмыс қуысы Б гидродрессель арқылы толтырылуы және босауының есептеу схемасы көрсетілген



7.1-сурет. Есептеу схемасы:

Көрсетілген процестерде серіппелі аккумулятордың Б толтырылу уақыты  $t_{зан}$  және босатылу уақыты  $t_{он}$  анықталады.

7.1-суреттегі:

$p_1$  және  $p_2$  – қысымдар,  $c$  – серіппенің қатаңдығы,  $x$  – поршеннің координатасы ( $x = x_k$  қуыстың Б толық толуына сәйкес). Қуыстың толу және босатылу процесінің математикалық сипаттамалары келесідей жорамалдарды қабылдайды: сұйықтыққа және поршенға әсер ететін үйкеліс күші және инерция  $0$  – ге тең, сұйықтың ағу кезіндегі энергияның жоғалуы гидродроссельде ДР ғана ескеріледі.

Толтырылу және босатылу процестерінде жорамалдарды ескере отырып екі дифференциалдық теңдеулер жүйесінің нәтижесінде келесідей өлшемдерді аламыз:

- Қуыстың толтырылу процесі ( $p_1 = const$ )

$$t_{зан} = \frac{2Sn^2}{c\mu S_{др}^2 \sqrt{\frac{2}{S}}} \left( \sqrt{p_1 - \frac{F_0}{S_n}} - \sqrt{p_1 - \frac{F_0 + CX_k}{S_n}} \right);$$

- Қуыстың босатылу процесі: ( $P = 0$ )

$$t_{он} = \frac{2Sn^2}{c\mu S_{др}^2 \sqrt{\frac{2}{S}}} \left( \sqrt{\frac{F_0 + CX_k}{S_n}} - \sqrt{\frac{F_0}{S_n}} \right)$$

Мұндағы:  $S_n$  – поршеннің ауданы,  $S_n = \frac{\pi D_n^2}{4}$  ( $D_n$  – поршен диаметрі)

$S_{др}$  – дроссельдің өтпелі қимасының ауданы;

$\rho$  – сұйықтықтың тығыздығы

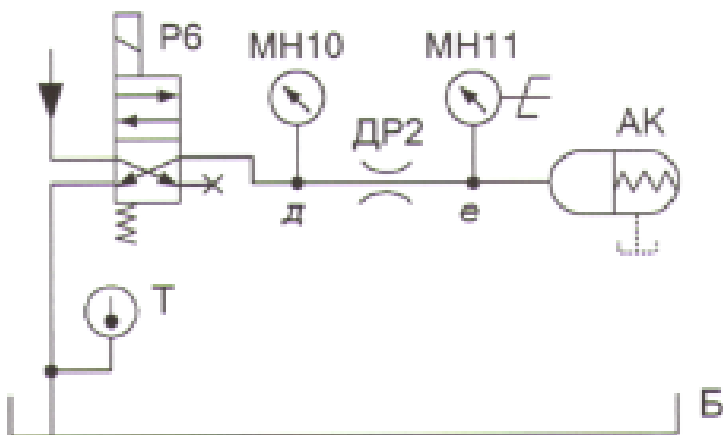
$F_0$  – пружинаның тарту күші ( $X = 0$  болғанда)

$X_k$  – поршен қадамы

## 7.2 Зерттеу өткізу

Лабораториялық жұмысты орындамас бұрын 1 және 2 бөліммен танысу керек.

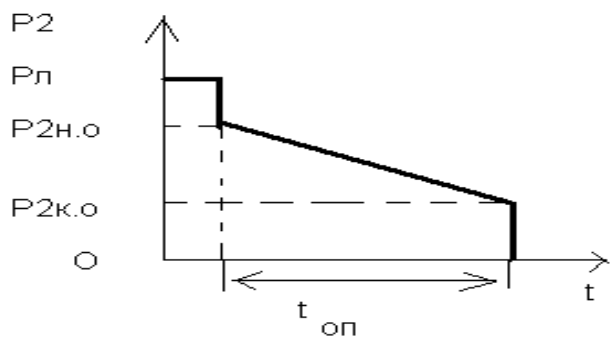
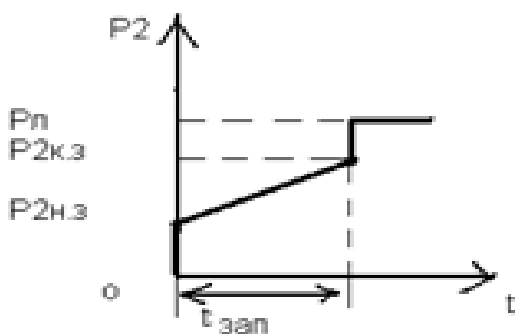
Бұл жұмыста қарастырылатын объект жүйе асты стенді 7.2 суретте көрсетілген.



7.2-сурет. Зерттелетін объект сұлбасы

Гидророссель ДР2 де аймағында орналасқан. е аймағындағы қысым МН1 манометрінің көмегімен анықталады, сонымен қоса электронды секундомер ретінде де қолданылады. Аккумуляторды насостың қысым сызығына қосуына немесе сұйықтықтың гидробакқа Б ағып шығуына екі позициялы гидрореттегіш Р6 қолданылады. Пружиналы аккумулятордың сұлбасы 7.1 суретке толық сәйкес келеді.

7.3 суретте аккумулятор қуысындағы  $P_2$  қысымының өзгеру графигі көрсетілген.



а) толтырылу процесі

б) босатылу процесі

7.3-сурет. Пружиналы гидроаккумулятордың сипаттамасы

Аккумулятор қуысының толтырылу процесі  $t=0$  мезетінен басталады және қысым өлшемі  $P_{2н.з}$  ( $P_{2н.з} = F_0/S_п$ ) жетеді.  $P_2 < P_{2н.з}$  болғанда электронды секундомер қосылады. Сосын аккумулятор қуысының толтырылу процесі жүреді.  $P_2 = P_{2к.з}$  ( $P_{2к.з} = (F_0 + CX_k)/S_п$ ) болғанда поршен шектеулі қадамға жетеді. ( $x=x_k$ ) және қысым тез арада  $P_п$  жүйесіндегі қысым сызығына дейін көтеріледі.  $P_2 >$

$P2_{к.з}$  болғанда электронды секундомер өшеді. Секундомердің сандық тақтасында  $t_{зап}$  өлшемі көрсетіледі.

Аккумулятор қуысының босатылу процесі  $P6$  реттегішін өшіргеннен кейін басталады. Бұл жағдайда  $P_л$  қысымы  $P_{2н.о}$  дейін ( $P_{2н.о} = (F0 + CX_k)/Sp$ ) түседі. Егер  $P_л > P_2 > P_{2н.о}$  болғанда электронды секундомер қосылады. босау процесі пружинаның әсерінен болады. Қысым  $P_{2к.о}$  ( $P_{2к.о} = F0/Sp$ ) мәніне жеткенде поршен шектеулі ( $x=0$ ) қадамға жетеді және  $P_2$  қысым тез түседі.  $P_2 < P_{2к.о}$  болғанда электронды секундомер өшеді және аккумулятордың босатылу уақыты көрсетіледі  $t_{оп}$ .

Құрылғыны іске қоспас бұрын:

- $P1$ ,  $P3$ ,  $P4$  және  $P5$  гидрореттегіштері жабық екендігіне көз жеткізу, ал  $P2$  тұтқасын бейтарап қалыпқа қою.
- электронды секундомердің режимін орнататын тумблерді «Авт» қалыпқа келтіру.

Содан кейін:

- Стендтің ток көзін қосу; («сеть»)
- Насосты қосу; («пуск»)
- электронды секундомерді басқаратын тумблерді қосу; («счет»)
- стендті 3-5 минутқа қосып қою;
- $P6$  басқаратын тумблерді «вкл» қалпына келтіру.

Осыдан кейін пружиналы аккумулятор қуысын толтыруды бастау.  $P1$  қысымы толтыру процесі басталмас бұрын  $MН10$  манометрінің көмегімен тіркелінеді.

Аккумулятор қуысының толтырылу процесі аяқталғаннан кейін  $t_{зап}$  уақытын тіркеп алып, секундомер тақтасын 0-ге келтіріп, Аккумулятор қуысының босатылу уақытын анықтауға көшеміз. Ол үшін гидрореттегіш  $P6$  тумблерін «выкл» қалпына келтіру керек. Аккумулятордың жұмыс қуысы дроссель  $ДР2$

арқылы ағып шығуға қосылады. Зерттеу нәтижелерін 7.1 және 7.2 кестелерінде жазу.

7.1 кесте

Тәжірибе реті	Кіре берістегі қысым $p_1, \text{МПа}$	Қуыстың толтырылу уақыты $t_{зап}, \text{с}$	Уақыттың орташа мәні, $t_{зап ср}, \text{с}$	Есептеу шешімдері, $t_{зап p}, \text{с}$
1				
2				
3				
4				
5				

7.2 кесте

Тәжірибе реті	Қуыстың босатылу уақыты $t_{оп}, \text{с}$	Уақыттың орташа мәні, $t_{оп ср}, \text{с}$	Есептеу шешімдері, $t_{оп p}, \text{с}$
1			
2			
3			
4			
5			

Секундомер тактасындағы  $t_{оп}$  мәнін жазғаннан кейін, 0-ге келтіріп зерттеу процесін қайта жазуға болады.

Барлық тәжірибені орындағаннан кейін Р6 гидрореттегішінің тумблерін «Выкл» қалпына келтіріп, насосы өшіру керек («стоп») және стендті ток көзінен өшіру керек.

### 7.3 Зерттеу нәтижелерін өлшеу

Аккумулятор қуысын толтырылу уақытының орташа мәні арифметикалық орта арқылы анықталады:

$$t_{\text{зап ср}} = \left( \sum_{i=1}^n t_{\text{зап}i} \right) / n$$

мұндағы  $n$  – тәжірибе саны ( $n = 5$ ).

Аккумулятор қуысын босатылу уақытының орташа мәні соған ұқсас анықталады.

$t_{\text{зап р}}$  және  $t_{\text{оп р}}$  анықтау үшін келесідей параметрлер керек:

- Аккумулятордың поршенінің диаметрі:  $D = 0,06\text{м}$
- Дроссель диаметрі:  $d = 1\text{мм}$
- Дроссельдің шығын коэффициенті:  $\mu = 0,62$
- Пружинаның тарату күші:  $F_0 = 450\text{Н}$
- Пружинаның қатаңдығы:  $c = 8000\text{Н/м}$
- Пружина қадамы:  $X_k = 0,065\text{м}$
- Майдың тығыздығы  $\rho$ ,  $\text{кг/м}^3$  (гидростенд толтырылған май тығыздығы)

**Ескерту!** Аккумулятор қуысын толтырылу уақытын Р1 қысымының әр түрлі мәнінде анықтауға болады. Р1 қысымын өзгерту үшін КП2 клапанының күйін өзгерту керек.

#### **Қорытынды сұрақтар:**

1. Лабораториялық стенд құрлысы;
2. Гидродроссельдің құрлысы, қызметі және сипаттамасы;
3. Гидродроссельдің жергілікті кедергі коэффициенті қалай анықталады;
4. Аккумулятор қуысын толтырылу және босатылу процесін модельдеу барысындағы жорамалдарды түсіндіру;

5. Аккумулятор қуысын толтырылу және босатылу сипаттамасын анықтайтын тәжірибе әдістемесі;
6. Теориялық және тәжірибелік зерттеу нәтижелеріне талдау.



## **№6 - зертханалық жұмыс**

**Тісті доңғалақты (шестеренный насос) сорғының құрылғысын зерттеу және жұмыс істеу сипаттамасын анықтау.**

**Жұмыстың мақсаты:** Тісті доңғалақты сорғы құрылғысын зерттеу; көлемдік сорғылардың техникалық көрсеткіштерін зерттеу; сорғының жұмыс істеу сипаттамаларын анықтаудың әдістері мен экспериментальды анықтауды үйрену.

### **6.1 Қысқаша теориялық мәліметтер**

Тісті доңғалақты сорғылар көлемдік роторлы айналмалы машинаға жатады.

Көлемдік дегеніміз жұмыс процесі жұмыс камерасын кезектесіп толтыруға және оны жұмыс камерасынан ығыстыруға негізделген гидромашина. Көбінесе, сорғылар көптеген (20 –ға дейін және одан көп) жұмыс камераларынан тұрады. Көлемдік гидромашинаның жұмыс камерасы дегенде көлемін периодты өзгертетін және сорғыға кіру мен сорғыдан шығуды кезектесіп хабарлайтын шектеулі кеңістікті түсінеміз. Жұмыс камерасының көлемінің өзгеруі көбінесе ондағы арнайы құрылғы- ығыстырушы (поршень, плунжер, винт, диафрагма) қозғалысымен шартталған.

Тісті доңғалақты сорғыларда ығыстырушы - тістері болып табылады. Жұмыс камералар тістер арасындағы ойыстардан, корпустың ішкі бетімен, қабырғалы дисктерден (крышка, пластина, корпус) құрылған. Тісті доңғалақты сорғыда жұмыс камералар және ығыстырушылар айналмалы қозғалыс жасайды.

Тісті доңғалақты сорғылар көлемдік сорғыларда кездесетін барлық қасиетке ие. Оларға

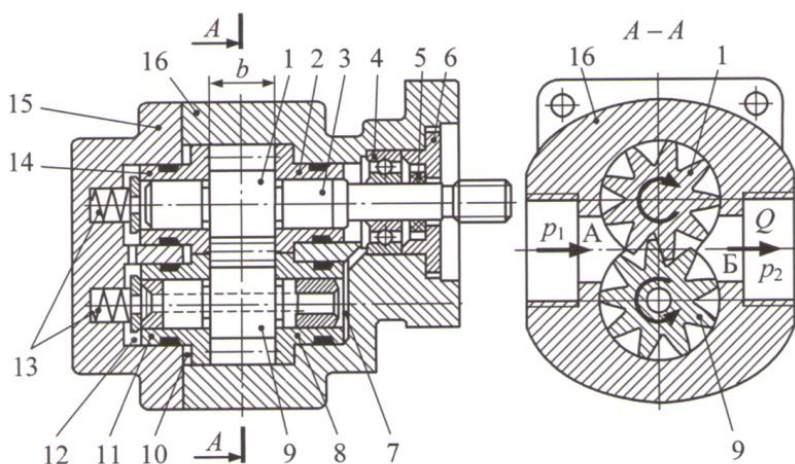
- Жұмыс процессінің циклділігі және соған байланысты бөлінгіштігі және берілудің бірқалыпсыздығы;

- Сорғының герметикалылығы (ауаның кірмейтіндігі);
- Өзін өзі сору (самовсасывание);
- Сипаттаманың қатаңдығы;
- Қысым тәуелсіздігі;

жатады.

Тісті доңғалақты сорғылар тісті доңғалақтың бекітілуі ішкі және сыртқы болады. Сыртқы бекітілуі сорғылар кең таралған. Бұл сорғылар құрылуы оңай, қолданысааду сенімді және бағасы төменірек.

6.1 Суретте Тісті доңғалақтың сыртқы бекітілуі бар тісті доңғалақты сорғының схемасы көрсетілген



6.1-сурет. Тісті доңғалақты сорғы

1,9 - тісті доңғалақтар; 2,8,11,14 -сырғанау мойынтіректерінің төлкелері; 3- білік; 4-томалану мойынтірегі;

5-манжета; 6 - білік қақпағы; 7,12 - төменгі қысымның қуысы; 10 - жоғарғы қысымның қуысы; 13 - серіппелер; 15 - сорғы қақпағы; 16 - корпус; b-тісті доңғалақ ені; А,Б - сәйкес  $p_1$  төменгі және  $p_2$  жоғарғы қысымдар қуысы; Q - сорғы берілуі

Сорғы сырғанау мойынтірегінде орналасқан 1 және 9 бірдей екі тісті доңғалақтан тұрады. 1 тісті доңғалақ 3 білікпен бірге орындалған. Сырғанау мойынтіректерінен басқа, 3 білік сонымен қатар 4 домалау мойынтіректе орналасқан. Жұмыс камерасының саны екі тісті доңғалақтағы тістер санының қосындысына тең. Жұмыс камералары тістер арасындағы ойыстарда орналасқан және де 16 корпусның ішкі беті мен сырғанау мойынтіректерінің төлке буртикаспен шектелген. Тісті доңғалақтардың тістері ығыстырушы болып табылады. Жұмыс камералар, ығыстырушылар айналмалы қозғалыс жасайды. Сұйық сорғы кіре берісінен (А қуысы) шыға беріске (Б қуысы) тістер арасындағы ойыстар арқылы өтеді.

Сорғы кіре берісінде (А) ыдырау тістер бекітілуден шыққанда өздері толтырып тұрған ойыстарды босатуынан пайда болады. Осылай сорғының өзін өзі сору деп аталатын қасиеті пайда болады. Өзін өзі сору деген бастапқыда сұйықтың сорғы деңгейіне жеткізуге жеткілікті ауамен толтырылған сорғының кіре берісте ыдырауды тудыру қасиетін білдіреді. Сорғымен жұмыс істеу кезінде шыға берістегі (А) сұйық кіре беріске ағып кетуге ұмтылады. Бұл  $p_2 - p_1$  қысым айырмасы әсерінен болады. Сорғыдағы ішкі ағып кету (Б шыға берістен А кіре беріске) тістер мен 16 корпус арасындағы радиальды саңылау арқылы өтеді. тістер мен корпус арасындағы радиальды саңылауды өзін өзіне орын беретіндей қылу қиын. 10МПА дан көп қысымда жұмыс істейтін көптеген сорғыларда төселген саңылаулардан ағып кетуді азайту үшін бөлшектерді гидравликалық қысу қолданылады. 8.1 суретте сорғы конструкциясында оған Б сорғы шыға берісіне 10 қуыстың

байланысынан жетеді. 10 қуыста пайда болатын сұйықтың қысым күшінің әсерінен сырғанау мойынтіректерінің төлкелері тісті доңғалақтардың қабырғаларына тартылады. Сорғының жұмыс істеу басында төлкелердің тартылуы 13 серіппемен жүзеге асырылады. 7 және 12 төселген қуыстар сорғы А кіре берісімен байланысқан ( $p_1$  қысым).

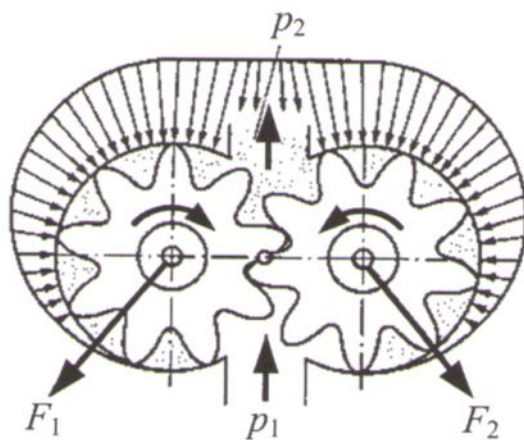
Ойыс тістен біршама үлкен. Сондықтан сұйықтың бір бөлігі қайтадан ойыстар мен тіс тер басы арасындағы бекітілу аймағында жабылған сорғы сорғының А кіре берісіне қайтады. Герметикалықты арттыру үшін тісті бекітілу жабуды үлкен коэффициентпен орындайды. Белгілі бір уақытқа бірден екі жұп тістрмен байланыста болуға ықпалын тигізеді. Бұл бікітілу орнында окшауланған көлемдердің артуына әкеледі. Жабылған сұйық сығылып, қысым секірісіне және тісті доңғалақтарды айыратын күштің пайда болуына әкеледі. Сонымен қатар мойынтірекке салмақ артады, берілудің бірқалыпсыздығы, қысым мен шу пульсациясы артады. Осы кемшіліктерді жою үшін арнайы конструктивті шешімдерді қолдануды қажет етеді. Сыртқы бекітуі бар тісті доңғалақты сорғылардың негізгі кемшіліктері:

- ПӘК төмен мәндері (әдетте мұндай сорғылардың толық ПӘК  $i$  0.75...0.85 аралығында, ал көлемдік ПӘК 0.85...0.96 аралығында болады.);
- Берудің Жоғарғы бірқалыпсыздығы;
- Тісті доңғалақтарға әсер ететін қысым күштерінің неуравновешенность;
- Асқан шу;

8.2-суретте тісті доңғалақтың периметрі бойынша сұйықтың қысымының таралу схемасы көрсетілген. Корпус пен тістер ұшының арасындағы ағып кетуге байланысты қысым біртіндеп  $p_2$  – ден  $p_1$ ге төмендейді. Сұйық қысымының тісті доңғалақтарға әсері нәтижесінде  $F_1$  және  $F_2$  қысым күштері

пайда болады. Берілудің бірқалыпсыздығы бұл күштердің пульсациясын тудырып, мойынтірекке динамикалық жүктеменің артуына әкеледі.

Берілудің бірқалыпсыздығын төмендету үшін сорғыда косозубые тісті доңғалақтар орнатады.

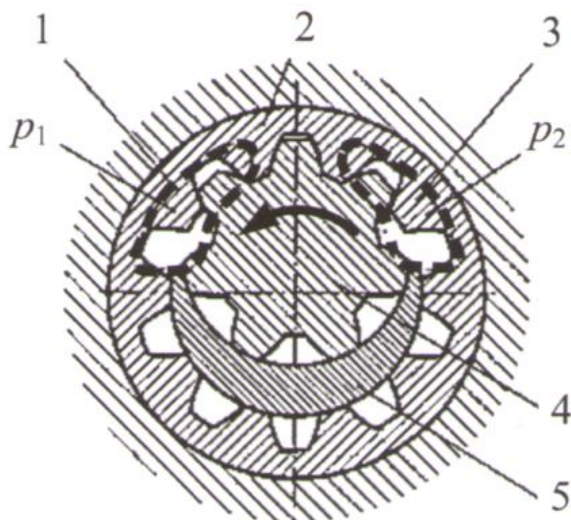


$F_1$  және  $F_2$  қорытқы қысым күштері;  $p_1$  және  $p_2$  сәйкес төменгі және жоғарғы қысым

6.2-сурет. Тісті доңғалақтарды айнала сұйық қысымының таралуы

Ішкі бекітілуі бар тісті доңғалақты сорғылар жоғары (8.3 сурет) энергетикалық және массалық көрсеткіштерге ие. Көп жағдайда мұндайда сорғыда сыртқы тістермен 4 ішкі тісті доңғалақ жетекші болады. 3 бағыттаушы және 1 қорытындылаушы терезелер корпусның қабырғалы жапкыштарда орналасады. 2 орамды тісті доңғалақ ішкі тістермен үлкен жүктемеде жұмыс

істей алатын сырғанау мойынтірегін тудыра отырып корпустың жонып өндеуінде айналады. Сұйық кіре берістен (1 терезе ) шыға беріске (3 терезе ) ә тісті доңғалақтар арасындағы ойыстарға өтеді.



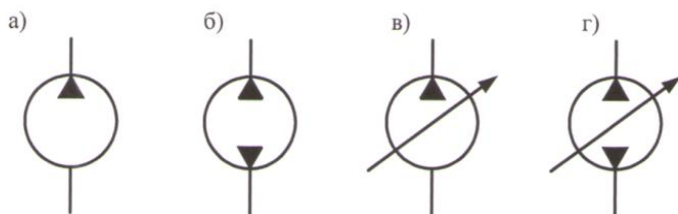
1 - Қорытындылаушы терезе; 2-орамды тісті доңғалақ; 3-бағыттаушы терезе;4- ішкі тісті доңғалақ; 5- қатайтушы элемент;  $p_1$ және  $p_2$  - сәйкес төменгі және жоғарғы қысымдар.

### 8.3-сурет. Ішкі бекітуі бар тісті доңғалақты сорғы

Қарастырылған ішкі және сыртқы бекітілуі бар сорғыларда көбінесе эвольвентті профиль бар тістері бар тісті доңғалақтар орналасады.

Соңғы жылдары циклоидальды ішкі бекітілуі бар тісті доңғалақты сорғылар кеңінен қолданылып жүр. Бұл сорғыларды басқаша героторды деп атайды.

Ішкі бекітуі бар сорғылар құру технологиясы күрделірек, бағасы жоғарырақ, сондықтан мұндай типті сорғылар кенінен қолданылмайды.



а-реверсивтік емес ағынды реттелмейтін сорғы; б - реверсивтік ағынды реттелмейтін сорғы; в - реверсивтік емес ағынды реттелетін сорғы; г- реверсивтік ағынды реттелетін сорғы;

8.4-сурет. Гидросорғылардың шартты белгілері көрсетілен.  
Көлемдік сорғылардың негізі техникалық параметрлері:

- $V_0$  сорғының жұмыс істеу көлемі;
- $Q_T$  сорғының теориялық (идеальды) берілуі;
- $Q_H$  сорғының (нақты) берілуі ;
- $p_H$  сорғының қысымы;
- $N_H$  сорғының қуаты ;
- $N_n$  сорғының пайдалы қуаты ;
- $\eta_H$  сорғының толық ПӘК-і;
- $\eta_0$  сорғының көлемдік ПӘК-і;
- $\eta_T$  сорғының гидравликалық ПӘК- і;
- $\eta_M$  сорғының механикалық ПӘК;
- $\eta_{ГМ}$  сорғының гидромеханикалық ПӘК- і;

Сорғының жұмыс істеу көлемі

$$V_0 = kV_{\text{кам}}z \quad (8.1)$$

Мұндағы  $k$  сорғының еселігі (бір жұмыс циклінде бір камераның сұйық көлемінің берілу санына тең);

$V_{кам}$  камераның жұмыс істеу көлемі, м<sup>3</sup>;

$z$  жұмыс істеу камераларының саны;

Сорғының жұмыс істеу көлемі сұйықтың көлеміне сандық жағынан тең;

Техникалық көрсеткіштерін суреттеу кезінде соғының жұмыс істеу көлемін сантиметрге келтіріледі.

сорғының теориялық немесе идеальды берілу;

$$Q_T = V_0 n \quad (8.2)$$

Мұндағы  $n$  сорғы білігінің айналу жиілігі, с<sup>-1</sup>( айн/с)

сорғының (нақты) берілуі

$$Q_H = \eta_0 Q_T = \eta_0 V_0 n \quad (8.3)$$

мұндағы  $\eta_0$  – сорғының көлемдік ПӘК-і, сорғыдағы ішкі ағып кетуді (сорғыдағы шыға берістен кіре беріске сұйықтың түйндес беттер арасындағы ойыстар арқылы ағып өтуін) сипаттайды.

(8.3) тен

$$\eta_0 = Q_H / Q_T \quad (8.4)$$

шығады.

Көлемдік сорғының қысымын былай анықтауға болады:

$$p_H = p_2 - p_1 \quad (8.5)$$

Мұндағы  $p_2$ ,  $p_1$  кіре беріс пен шыға берістегі сәйкес абсолют қысымдар, Па.



Егер  $p_2$  қысым артық қысым болса, ал  $p_1$  вакууметрлік, онда (8.5) формулада азайту орнына қосу таңбасы қойылады.

$N_H$  сорғының қуаты - сорғыға қорытылған қуат

$$N_H = M \omega \quad (8.6)$$

Мұндағы  $M$  - сорғының білігіне айналу моменті, Нм

$\omega$  - сорғы білігінің бұрыштық жылдамдығы, рад/с

Сорғының пайдалы қуаты

$$N_n = p_H Q_H \quad (8.7)$$

Сорғының толық ПӘК

$$\eta_H = N_n / N_H \quad (8.8)$$

Өз кезегінде сорғының толық ПӘК көлемдік, гидравликалық ПӘК пен механикалық ПӘК көбейтіндісіне тең :

$$\eta_H = \eta_0 \eta_G \eta_M \quad (8.9)$$

Гидравликалық ПӘК сорғыда гидравликалық үйкеліске (жергілікті және сызықты) энергияның жоғалуын сипаттайды.

Механикалық ПӘК сорғыда механикалық энергия жоғалуды (түйісуде, мойынтіректерде, қатайтуда) сипаттайды.

Гидромеханикалық ПӘК

$$\eta_{GM} = \eta_G \eta_M \quad (8.10)$$

$Q_H$  берілудің,  $N_n$  пайдалы қуаттың,  $\eta_H$  толық және  $\eta_0$  көлемдік ПӘК-тердің  $p_H$

сорғының қысымына тәуелділігі көлемдік сорғыда жұмыс істеу сипаттамаларын береді.

## 8.2 Тәжірибені орындау

Бұл жұмыстың зерттеу объектісі НШ 10-3л типті Н тісті доңғалақты сорғы (2.1 сурет) болып табылады. (сорғының жұмыс көлемі  $V_0 = 10.2 \text{ см}^3$ , Көлемдік ПӘК  $\eta_0 = 0.92$ , Толық ПӘК  $\eta_H = 0.8$ )

Жұмыс сипаттамаларын анықтау үшін тәжірибені орындау барысында Н сорғының екпін сызығында КПП сақтандыру клапан орналасқанын ескеру қажет. Бұл жұмыста жұмыстың сипаттамалары сақтандырушы клапандармен бірігіп анықталады.

Тақтаны қосудың алдында:

- Р1 распределительдің маховигін сағат тіліне қарсы
- Р3, Р4, Р5 гидроүлестіргіштерді маховиктер сағат тіліне бағытында тұрғанына көз жеткізу, Р2 үлестіргіш рукояткасы нейтральды орналасу керек, ал Р6 үлестіргіш басқару тумблері «Выкл» жағдайында тұру керек.
- ДР басқарылатын дросселдің басқару маховигі сағат тілімен бағыттас бұру керек («4» позиция ).Бұл жағдайда дросселдің қарсы тұру минимальды болады.
- Содан кейін стендтің электрлік питание («Сеть»), сорғы құрылғысын («Пуск» батырмасы ) қосу керек, және де сорғы құрылғысын қосу керек, және де сорғы құрылғысын 3-5 минут қосылып тұруына мүмкіндік беру керек.
- ДР басқарылатын дросселді ауыстыра отырып , рет тәжірибе жасау керек.

Әр тәжірибеде:

- сорғы шыға берістегі  $p_2$  қысым (МН1 манометрі)
- сорғының білігінің айналу саны  $n$ (ТХ)
- М1 электрқозғалтқыш  $N_3$  қуат (РW,Вт )
- РА расходомер арқылы  $W_{ж}$  сұйық көлемінің  $t$  уақытта өтуі.

Өлшеу нәтижелерін (1) кестеге енгізу.

Тәжірибені жасап болған соң сорғы құрылғысын және стенд электропитаниесін өшіру.

(1) Кесте сорғының жұмыс сипаттамаларының анықтау тәжірибесінің нәтижелері.

<i>№</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>p<sub>2</sub>, қысым МПа</i>						
<i>N<sub>3</sub> Ваттметр көрсеткіші, Вт</i>						
<i>n Сорғының білігінің айналу жиілігі, айн/мин</i>						
<i>t</i> Расходомер арқылы <i>W<sub>ж</sub></i> сұйықтың өту уақыты, с						
<i>W<sub>ж</sub></i> расходомер арқылы өтетін сұйықтың көлемі м <sup>3</sup>						
<i>Q<sub>H</sub></i> сорғының (нақты) берілуі, м <sup>3</sup> /с						
<i>Q<sub>T</sub></i> сорғының теориялық немесе идеальды берілуі; $\frac{m^3}{c}$						
<i>p<sub>H</sub></i> сорғының қысымын, МПа						
<i>N<sub>H</sub></i> сорғының қуаты, Вт						
<i>η<sub>0</sub></i> Көлемдік ПӘК						
<i>N<sub>n</sub></i> Сорғының пайдалы қуаты, Вт						
<i>η<sub>H</sub></i> Сорғының толық ПӘК						

### 8.3 Зерттеу нәтижелерін өлшеу

Сорғының нақты шығыны

$$Q_H = W_{\text{эс}}/t$$

Формуласымен анықталады.

Сорғының теориялық шығыны (8.2), қысымы (8.5) формуламен анықталады. Сорғыға кіре берістегі вакуумметрлік қысым нөлге тең деп аламыз сондықтан

$$p_H = p_2$$

Сорғының қуаты

$$N_H = \eta_{\text{эо}} N_{\text{э}}$$

$\eta_{\text{эо}}$  – M1 электрқозғалтқыш ПӘК  $\eta_{\text{эо}} = 0.82$

Бақылау сұрақтары

1. Стенд құрылғысы және элементтерінің қолданылуы.
2. Көлемді сорғылардың негізгі техникалық параметрлері.
3. Тісті доңғалақты сорғылар. Тісті доңғалақты сорғы құрылғысы.
4. Сорғыдағы кавитация физикалық мағынасы.
5. Тісті доңғалақты сорғының жұмыс істеу сипаттамасын анықтау.
6. Сорғы тәжірибесінің нәтижелерін талдау.

## **9 зертханалық жұмыс. №7 Құрылғыны зерттеу және гидроүлестіргіштердің сипаттамасын анықтау**

**Жұмыстың мақсаты:** құрылғыны зерттеу және гидроүлестіргіштердің сипаттамасын тәжірибелік анықтау.

### **9.1 Қысқаша теориялық мәліметтер**

Гидроүлестіргіштер бағыттаушы гидроаппараттарға жатады.

Гидроүлестіргіштердің классификациялары:

- 1) Жұмыс позициясына байланысты: екі, үш, төрт позициялы ;
- 2) Ішкі гидросызық санына байланысты: екі, үш, төрт сызықты;
- 3) Бөгеткіш-реттегіш элементіне байланысты: бөліп таратқышты, кранды, клапанды ;
- 4) Бөліп таратқышты конструкциясына байланысты: жазық және цилиндрлі ;
- 5) Басқару түріне байланысты: қолмен, электрлі, гидравликалық, механикалық, пневматикалық;

Гидроүлестіргіштер қимадан өтуіне байланысты реттеуші және бағыттаушы болып бөлінеді.

Бағыттаушы гидроүлестіргіштер деп – қосуға, тоқтатуға, сұйықтың ағысын екі не оданда көп гидросызықтарға басқаруға байланысты бөлетін бағыттаушы гидроаппаратты айтады.

Дроссельді гидроүлестіргіш – бір уақытта бірнеше гидросызықтардағы жұмыс сұйықтығының ағыс бағытын, қысымын, шығынын сыртқы басқарушы әсерді өзгертуімен сәйкес жұмыс қимасын бөліктеп ашу жолымен басқаруға арналған гидроаппарат.

Осы анықтамалардан гидроүлестіргіш ауыстырғыштың және дроссельдің қызметін орындай алатыны шығады.

Жобаланатын гидроқозғалтқыштар көбінесе әр түрлі контурларда орналасқан бірнеше гидродвигательдерді құрайды.

Оларды басқару келесі схемалардың біреуі негізінде орындалады: параллельді, тізбекті, жеке. Басқаруды қамтамасыз ететін негізгі элемент гидроүлестіргіш болып табылады. Көбінесе бөліп-таратқышты типті бірнеше басқарушы элементті гидроүлестіргіш қолданылады.

Параллельді схемада барлық гидродвигательдердің бір уақытта жұмыс істеуі мүмкін. Сұйық әр гидродвигательдің шығысынан сәйкес бөліп-таратқыш арқылы ағуға келіп түседі.

Тізбекті схема басқару кезінде барлық гидродвигательдердің бір уақытта жұмыс істеуі мүмкіндігі қамтамасыз етіледі. Бірақ бұл жағдайда жұмыс сұйықтығы басқарудың бірінші контур гидродвигательдің шығысынан ағуға келіп түспейді, екінші контурдың гидродвигательіне келеді. Бұндай схема басқарудың әр түрлі контурларында орнатылған гидродвигательдің шығыс буындарының синхронды қозғалысын қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Жеке схема кезінде басқарудың әр түрлі контурларында орналасқан гидродвигательдердің бір уақытта жұмыс істеуі мүмкін емес. Бір уақытта бірнеше контур іске қосылғанда тек біреуі ғана жұмыс істейді, оның өзі сорғының екпінді сызығына жақын орналасқан гидроүлестіргіштің бөліп-таратқышы.

Қарастырылған басқарудың схемаларын іске асыру [2,4,5]-те толығырақ зерттелген.

Гидроүлестіргіштің бөліп-таратқышты «нейтралды» позицияға орнатуда сорғыны жеңілденуін қамтамасыз ету гидроқозғалтқышты жобалау кезінде ескеруге міндетті талап болып табылады. Сорғының екпінді сызығын ағызу менбайланыстыру арқылы қол жетеді, содан сорғының екпінді сызығында қысым және сорғы қозғалтқышына қуат іріктеуі кемиді.

Көп бөліп-таратқышты гидроүлестіргіштер корпусының құрылымына байланысты моноблоқты және секционды деп бөлінеді.

Моноблокты гидроүлестіргіште басқару элементтері бір корпуста орналасқан.

Секционды гидроүлестіргіштер секциялардан құрастырады. Гидроүлестіргіштің конфигурациясы оның функционалды бағытымен анықталады.

Гидроүлестіргіштің негізгі параметрлері  $Q_{ном}$  номиналды шығын,  $P_{ном}$  номиналды қысым,  $d_y$  шартты өткел болып табылады.

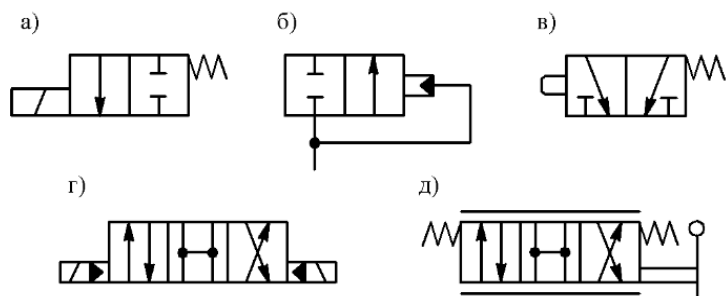
Гидроаппаратты гидрожүйедегі номиналды қысым мен номиналды шығынға сәйкес шартты өткел бойынша таңдайды.

Гидроүлестіргіштерді шартты белгілеудің құрылымы әр машина жасаудың әр түрлі салаларында әр түрлі параметрлерден тұрады. Мобильді машиналар және станокты гидроқозғалтқыштардың гидроүлестіргіштері үшін шартты белгілеулер [5,6]-да көрсетілген.

Үлестіргіштердің схемаларда шартты графикалық белгілеудің ережесін ГОСТ 2.781-96 орнатады. Үлестіргішті белгілеуде келесі элементтерді көрсетеді: запорно-басқарушы элемент позициясы; сыртқы байланыс сызықтары, басқарудың өткелдер және элементтері. Позициялар санын сәйкес квадраттар немесе тік төртбұрыштар санымен, өткелдер сұйық ағынын бағытын көрсететін бағыты бар түзі сызықтармен, өткелдердің байланыс орындарын нүктемен, жабық жүрісті с бөлікпен қисық сызықпен бейнелейді. Үлестіргішті жұмыс позициясындағы жұмыс істеу принципін көрсету үшін ойша схемада сәйкес байланыс сызықтарын бұрынғы қалпында қалдыра отырып, квадратты нейтралды позицияға ауыстыру қажет. Сонда жұмыс позициясының өткелдері сұйық ағынының шын бағытын сілтейді. Гидроүлестіргіштерді схемада әрқашан нейтралды позицияда бейнелейді.

9.1-суретте ГОСТ 2.781-96. ЕСКД кейбір гидроүлестіргіштердің шартты белгілері көрсетілген.

Белгілеулер шартты графикалық. Аппараттар гидравликалық және пневматикалық, басқару құрылғылары мен құралдар бақылаушы-өлшегіш.

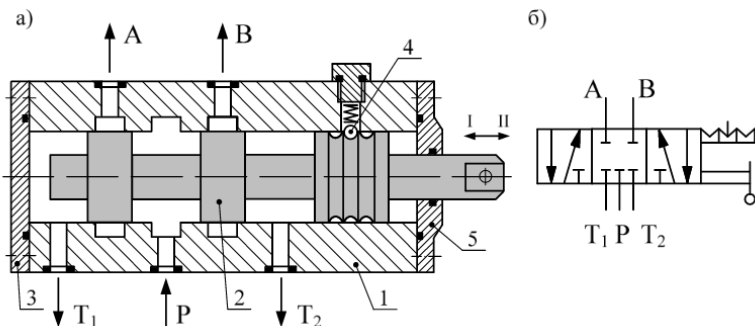


9.1-сурет. Гидроүлестіргіштердің схемасы: а – электромагниттен басқарылатын бағытталған екісызықты екіпозициялы; б – гидравликалық басқарумен екісызықты екіпозициялы бағытталған; в – жұдырықша және серіппелі қайтарудан басқарумен үшсызықты екіпозициялы бағытталған; г – электрогидравликалық басқарумен төртсызықты үшпозициялы бағытталған; д – қолмен басқарылатын дросселдеуші төртсызықты үшпозициялы

Шартты графикалық белгілеулер бөліп таратқышты, кранды, клапанды гидроүлестіргіштер үшін бірдей, яғни олар тиекті-басқарушы элементтердің конструкциясын бейнелемейді.

9.2-суретте (а) қысқартылған конструкциялы схема және (б) қолмен басқарылатын үшпозициялы бессызықты үлестіргіш шартты белгелері келтірілген.





9.2-сурет. Қолмен басқарылатын гидроүлестіргіштер: а – конструкциялы схема; б – шартты белгілеу

Гидроүлестіргіш 1 корпусан, 2 бөліп-таратқыштан, 3 пен 5 қақпадан тұрады. Барлық позицияларда 2 бөліп-таратқыш 4 серуппелі шар белгіленеді. Бұл үлестіргіш тек ауыстырып-қосқыш қызметін атқарады. Нейтралды позицияда барлық сызықтар жабық.

Бөліп-таратқышты I жұмыс позициясына орнатқанда, P кіріс A шығыспен байланысады, B шығыс  $T_2$  ағызуға байланысады,  $T_1$  ағызу жабық.

Бөліп-таратқышты II жұмыс позициясына орнатқанда, P кіріс B шығыспен байланысады, A шығыс  $T_1$  ағызуға байланысады,  $T_2$  ағызу жабық.

Барлық көрсетілген байланыстар шартты белгілеулер көрсетілген (9.2, б-суретті қара).

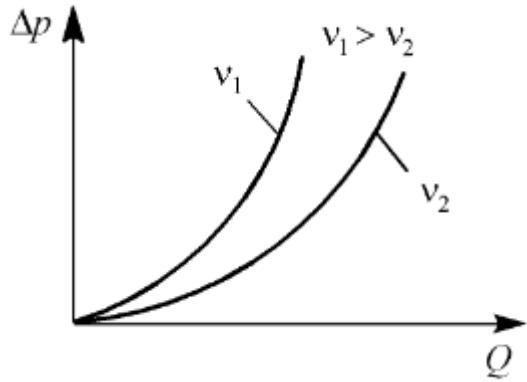
Үлестіргіш күрделі гидравликалық қарсыласу болып табылады. Үлестіргіш арқылы жұмыс сұйықтығы өткенде энергия жоғалады, көшірілетін сұйықтың бөлігі механикалық энергиядан жылулыққа көшеді. Сонымен байланысты гидравликалық жүйелердің есептеуін жүргізгенде үлестіргіштің гидравликалық сипаттамаларын білуге міндетті.

Гидравликалық сипаттамалары:

- $\Delta p = f(Q)$  тәуелділігін көрсететін шығынды-айырымды сипаттамалары ( $\Delta p$  - үлестіргіште қысым айырымы,  $Q$  - сұйық шығыны);
- $Q_{ym} = f(p)$  үлестіргіште жұмыс сұйықтығының ағып кетуі ( $Q_{ym}$  - жұмыс сұйықтығының ағып кетуге ағып кетуі шығыны) сипаттамалары;

Үлестіргіш арқылы жұмыс сұйықтығы көбінесе екі рет өтеді: атқарушы құрылғы бағытында және атқарушы құрылғыдан гидробакқа. Соған байланысты шығынды-айырымды сипаттамалары үлестіргіш арқылы сұйықтың жалғыз өтуі (мысалы, Р кірістен А шығысқа) кезінде де, екі рет өтуі кезінде де (мысалы, Р кірістен А шығысқа және В шығыстан  $T_2$  ағуға). анықталады.  $\Delta p$  шамасы жұмыс сұйықтығының  $v$  тұтқырлығына тәуелді. Сондықтан шығынды-айырымды сипаттамаларын жұмыс сұйықтығының тұтқырлығының (температура) белгіленген мәндерінде анықтайды.

9.3-суретте үлестіргіштің шығынды-айырымды сипаттамаларының мысалғы түрлері көрсетілген.



### 9.3-сурет. Үлестіргіштің шығынды-айырымды сипаттамалары

Кейде гидроүлестіргіштерге қысым жоғалуларын есептеуді орындағанда олардың гидравликалық сипаттамаларын қолдану негізінде ескерілмейді, ал ол құрылғыларды жергілікті гидравликалық қарсыласу деп есептейді. Ол құрылғылардың жергілікті қарсыласу коэффициентін білу міндетті.

Кез келген құрылғының  $\zeta$  жергілікті қарсыласу коэффициенті (біздің жағдайда үлестіргіш) мынаған тең:

$$\zeta = \frac{\Delta p * \pi^2 * d^4}{8 * \rho * Q^2} \quad (9.1)$$

Мұндағы  $\Delta p$  - үлестіріште қысым айырымы;  $d$  - зерттелетін үлестіргіш орналасқан гидросызық диаметрі;  $\rho$  - сұйық тығыздығы;  $Q$  - үлестіргіш арқылы сұйық шығыны.

(9.1) өрнек Вейсбах теңдеуінен алынды.

Әдетте, гидравликалық есептеулерде «қысым жоғалу» түсінігін қолданады, бірақ гидрожүйеде қуат жоғалуын білу қажет.

Гидроүлестіргіште қуат жоғалуын мына формуламен есептеуге болады:

$$N_{nom} = \Delta p Q \quad (9.2)$$

Жұмыс сұйықтығының ағып кетуі туралы, үлестіргіш бөліп-таратқышы корпуста саңылаумен орналасқан, ол зазор қолдану барысында үйкелістен беткі бөлігінің тозуы әсерінен артады. Атқарушы құрылғыға өтетін сұйық жоғары қысымда болады. Сондықтан, егер мысалы, 2 бөліп-таратқышты (9.2-

сурет) I жұмыс позициясына орналастырса, онда Р кірістен А шығысқа өтетін және жоғары қысымда болатын сұйық 2 бөліп-таратқыш пен I корпус арасындағы саңылаулар арқылы  $T_1$  және  $T_2$  ағуға өтеді. Ағып кетудің шығыны жұмыс сұйықтығының тұтқырлығына тәуелді.  $\nu$  кему барысында  $Q_{ym}$  артады.  $Q_{ym}$  ағып кету шығыны қолданылу кезінде саңылаулардың артуы себебінен гидравликалық тартпаның сыртқы буындарының орын ауыстыру сипаттамаларының өзгеруіне және оның жұмыс істеу қабілетінің бұзылуына алып келуі мүмкін.

$Q_{ym} = f(p)$  сипаттамалары бөліп-таратқышты жұмыс позициясына орнату кезінде, оның нейтралды позициясын табу кезінде де анықтауға болады.

$Q_{ym} = f(p)$  сипаттамаларын анықтау кезінде, тақтада үлестіргіштердің А және В шығысты (9.2-сурет) жабу керек, Р кіріске сорғы құрылғысын,  $T_1$  және  $T_2$  ағуға шығынды қосу керек. Ағып кетудің шығындары бөліп-таратқыштың үш позициясында анықталады.  $Q_{ym}$  шамасын өлшеу жұмыс сұйықтығының қысым және температураның (тұтқырлық) белгіленген мәндерінде анықталады.

Төменде үлестіргіштің шығынды-айырымды сипаттамалары ғана анықталады.

## 9.2 Тәжірибені орындау

Зертханалық жұмысты бастамас бұрын 1 және 2 бөлімдерді қарастыру керек.

Бұл жұмыста зерттеу объектісі қолмен басқарылатын үшпозициялы төртсызықты үлестіргіш болып табылады. Шарты

$d_y = 6\text{мм}$ . Сұлба бойынша үлестіргіш негізінде 9.2 суреттегіге сәйкес келеді.

Тақтаны қосқанға дейін қажет:

- P2 үлестіргіш тұтқасын жұмыс істеу позициясына орналастыру (тақта панеліне);
- P1, P3, P4, P5 гидроүлестіргіштердің жабық тұрғанына, (сермер сағат тілі бойымен соңына дейін бұрылғанына), ал P6 үлестіргіштің басқару тумблері «Выкл.» күйінде тұрғанына көз жеткізу;
- PP шығын реттегішті минималь шығынға орналастыру («4» позициясы көрсеткіші);

Одан соң тақтаның электр көзін («Сеть») және сорғы құрылғысын («Пуск» батырмасы) қосу. Сорғы құрылғысына 3-5 минут жұмыс істей тұруға мүмкіндік беру.

Әр түрлі шығында (басқарылатын ДР дроссель арқылы) 6 тәжірибе жасау.

Әр тәжірибеде белгілеу қажет:

- $p_{ex}$  үлестіргіштің кірісіндегі қысымды (МН4 манометр бойынша);
- $p_{вых}$  үлестіргіштің шығысындағы қысымды (МН3 манометр бойынша);
- берілген  $W_{жс}$  сұйық көлемінің PA шығын өлшегіш арқылы  $t$  өту уақытын (электронды секундомер көмегімен);
- жұмыс сұйықтың T температурасын (T термометр бойынша);

$W_{жс}$  көлем шамасын белгілеп алу керек, мысалы  
 $W_{жс} = 5 * 10^{-3} м^3$ .

Өлшеу нәтижелерін 9.1 кестеге енгізу.

9.1 кесте – үлестіргіштің шығынды-айырымды сипаттамасын анықтау бойынша зерттеу нәтижелері

Параметрлер	Тәжірибе номері					
	1	2	3	4	5	6
$p_{вх}$ кірістегі қысым, МПа						
$P_{вых}$ шығыстағы қысым, МПа						
t уақыт, с						
$W_{жс}$ көлем, м <sup>3</sup>	10					
T сұйық температурасы, °C						
Q үлестіргіш арқылы шығын, м <sup>3</sup> /с						
$\Delta p$ үлестіргіштегі қысым айырымы, МПа						
$\nu$ сұйықтың кинематикалық тұтқырлығы, м <sup>2</sup> /с						
$\zeta$						

үлестіргіштің жергілікті қарсыласу коэффициенті						
$N_{nom}$ үлестіргіштегі қуат жоғалуы, Вт						

$\Delta p, \zeta, N_{nom}$  мәндері қарастырылып отырған жағдайда тек үлестіргіш арқылы Р кірістен А шығысқа сұйық жалғыз өткенде анықталатынын ескеру керек.

Барлық тәжірибелерді орындап біткен соң секундомер мен электрқозғалтқыш көзін сөндіру қажет.

### 9.3 Нәтижелерді өңдеу

Үлестіргіш арқылы сұйықтың шығыны

$$Q = \frac{W_{эс}}{t}$$

Сұйықтың кинематикалық тұтқырлығы  $\nu = f(t)$  графикпен анықталады.

Үлестіргіштегі қысым айырмасы

$$\Delta p = p_{ex} - p_{вых}$$

Үлестіргіштің жергілікті қарсыласу коэффициенті (9.1)

формуламен, ал  $N_{nom}$  шамасы (9.2) формуламен анықталады.

Тәжірибе нәтижелері бойынша  $\Delta p = f(Q)$  шығынды-  
айырымды сипаттама және  $\zeta = f(Q), N_{nom} = f(Q)$   
сипаттамаларын тұрғызу қажет.

### **Бақылау сұрақтары**

1. Зертханалық тақта құрылғысы.
2. Гидроүлестіргіштердің құрылғысы және классификациясы.
3. Гидроүлестіргіштердің шартты графикалық белгілеуі.
4. Гидроүлестіргіштердің негізгі параметрлері.
5. Гидроүлестіргіштердің гидравликалық сипаттамасын анықтау әдістемесі.
6. Үлестіргіштердің гидравликалық сипаттамасын тәжірибелік талдауы.



## №7- зертханалық жұмыс.

Гидроүлестіргіштер бағыттаушы гидроаппараттарға жатады.

Гидроүлестіргіштердің классификациялары:

- 6) Жұмыс позициясына байланысты:екі,үш ,төрт позициялы ;
- 7) Ішкі гидросызық санына байланысты:екі,үш ,төрт сызықты;
- 8) Стопорлы-реттегіш элементіне байланысты:золотникті,кранды,клапанды ;
- 9) Золотниктің конструкциясына байланысты:жазық және цилиндрлі ;
- 10) Басқару түріне байланысты: қолмен, электрлі, гидравликалық, механикалық, пневматикалық;

Гидроүлестіргіштер қимаданн өтуіне байланысты реттеуші және бағыттаушы болып бөлінеді.

Бағыттаушы гидроүлестіргіштер деп – қосуға ,тоқтатуға, сұйықтың ағысын екі не оданда көп гидросызықтарға басқаруға байланыты бөлетін бағыттаушы гидроаппаратты айтады.

Дроссельді гидроүлестіргіш деп - бағыттаушы гидроаппарат, біреше сызықты сұйық ағысынның шығыны мен бағытын бір уақытта сол қимадан өтетін сырттан басқарылатын жартылай ашылатын қысым арқылы басқаруға арналған.

Бұл анықтамалардан гидроүлестіргіштер қосқыштың және дроссельдің функциясын атқара алады.

Көбінесе әртүрлі контурларда орнатылған бірнеше гидроүлестіргіштерден тұратын жоспарланған гидроқозғалтқыштар, келесідей үш үлгіде жүзеге асады: параллельді, тізбекті, дербес. Жоғарыда айтылған басқару схемасын орындауды қамтамасыз етеін негізгі элементі гидроүлестіргіш болып табылады. Сол себепті көбінесе бірнеше үлестіретін элементі золотник типті гидроүлестіргіш қолданылады.

Параллельді схемада бір уақытта бірнеше гидроқозғалтқыш жұмыс жасауы мүмкін, себебі сұйық гидродвигательден шығатын кезде сәйкесінше гидроүлестіргіш золотнигі төгу бөлігіне жібереді.

Тізбекті гидроүлестіргіште дәл солай бір уақытта барлық гидроқозғалтқыштардың жұмыс істеуі қамтамасыз етілген. Бірақ бұл жағдайда жұмыс жасауға арналған сұйық гидроқозғалтқыштың бірінші контурынан гидроүлестіргіш арқылы шығуы төгетін бөлікке емес, гидроқозғалтқыштың екінші контурына жіберіледі. Бұндай схема гидроқозғалтқыш звеносының әртүрі қозғалысында керек болғандықтан әртүрлі контурларда орнатылған. Сондықтан айта кететін жағдай екі схемада ( параллельді және тізбекті) әрбір алынған басқару контурын қамтамасыз етеді [2, 4, 6].

Талапқа сәйкес жобалауда ескерілетіні қондырғыны гидроқозғалтқыш золотник арқылы «бейтарап» позицияға қойса сорғыш босатылады. Сондықтан сорғыш ағын сызығы төгумен байланып, салдарынан сорғыштың ағын сызығында қысым да, қуатта азаяды.

Көпзолотникті гидроүлестіргіш корпустың атқаратын конструкциясына қарай көпблоқты және секциалы болып бөлінеді.

Көпблоқты гидроүлестіргіштің басқаратын элементі бір корпуста орналасқан.

Секциялы гидроүлестіргішті бөлімдерден жинайды. Гидроүлестіргіштің кескіні функционалды етіп алынған.

Гидроүлестіргіштің негізгі параметрлері нақты шығын  $Q_{ном}$ , нақты қысым  $p_{ном}$ , сұйықтың ағыс өткелі  $D_y$ .

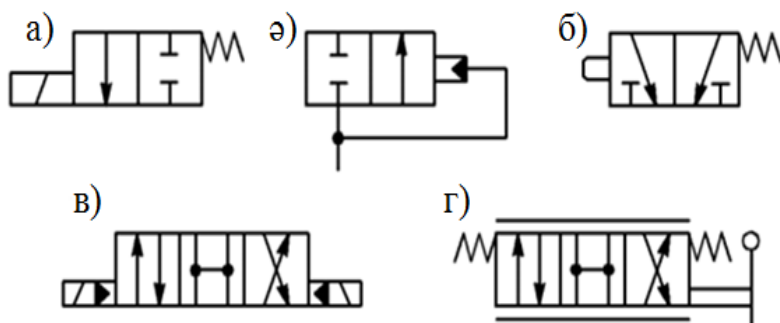
Гидроаппараттар ағыс өткелінен гидроаппараттан өтетін, сәйкесінше нақты қысыммен және шығынды таңдап алады.

Гидроүлестіргіштің шартты құрылымы машина жасаудың әртүрлі саласында әртүрлі параметрге ие[5, 6].

Үлестіргіштерді шартты графикалық түрде ГОСТ 2.781-96 орналастырады. Үлестіргіштің элементтерінің мағынасы келесідей: запорлы басқарылатын позициялы элемент; үлестіргіштің ішкі ағын сызықтарының жиынтығы; өткелдер мен элемент басқарулары. Позиция саны сәйкесінше шаршы

және тіктөртбұрыш ретінде кескінделеді; өткелдер бағытталған тіксызықтармен белгіленген, әр позициядағы жұмыс жасайтын сұйықтың бағытын көрсетеді. Өткелдердің басланысқан жері нүктелермен белгілеп, жабық өткелді - тұйық сызықпен көлденең үзікпен белгілеген. Үлестіргіштің жұмыс жасау позициясын елестету үшін, кескіндегі бейтарап шаршыдан жұмыс жасау позициясына көзімізді ауыстырамыз. Сонда жұмыс жасау позициясындағы өткелдер сұйықтың ағын сызығының бағытын айқын көрсетеді. Схемадағы гидроүлестіргіш әрқашан бейтарап позицияда, өйткені барлық ағын сызықтарын жауып тұр.

14-суретте ГОСТ 2.781-96. ЕСКД алынған бірнеше гидроүлестіргіштің шартты түрде көрсетілген[1].

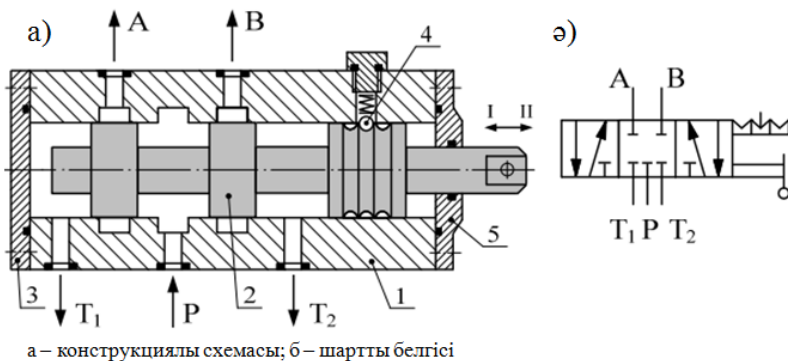


14-сурет. Гидроүлестіргіштер схемасы:

а – электромагнитті басқарылатын бағыттаушы екісызықты екі позициялы; ә – гидравликалы басқарылатын бағыттаушы екі сызықты екі позициялы; б – кулақты және қайтымды серіппелі басқарылатын бағыттаушы үшсызықты екі позициялы; в – электрогидравликалы басқарылатын бағыттаушы төртсызықты үш позициялы; г – қолмен басқарылатын дроссельді төртсызықты үш позициялы;

Золотникті, кранды және клапанды гидроүлестіргіштер үшін шартты сызбалары бірыңғай, өйткені олар запорлы-басқарылатын элементтер конструкциясын бейнелемейді.

15-суретте қолмен басқарылатын үш позициялы бессызықты үлестіргіштің жеңілдетілген конструкциялы схемасы (а) және шартты сызбасы (ә) келтірілген.



15-сурет. Қолмен басқарылатын гидроүлестіргіш

Гидроүлестіргіштің құрамы корпус 1, золотник 2, қақпақ 3 және 5. Барлық позицияда золотник 2 пружина астындағы шарик 4 арқылы қозғалады. Бұл үлестіргіш қайтақосқыш қызметін атқарады. Бейтарап позицияда барлық сызықтар (сұйықты жеткізетін Р, шығыс А және В, төгу  $T_1$  және  $T_2$ ) жабық.

Золотникті құрылғы I-ші жұмыс позициясында Р кірісі А шығысымен, В шығысы  $T_2$  сливпен байланысады, ал  $T_1$  жабық.

Золотникті құрылғы II-ші жұмыс позициясында Р кірісі В шығысымен, А шығысы  $T_1$  сливпен байланысады, ал  $T_2$  жабық.

Барлық берілген байланыстар 15-суреттің шартты сызбасында көрсетілген.

Үлестіргіш күрделі гидравликалық кедергіге ие. Сұйық үлестіргіш арқылы өткенде энергия жоғалуы болады, өйткені сұйықтың механикалық энергиясының бір бөлігі жылу энергиясына ауысады. Осыған байланысты гидравликалық

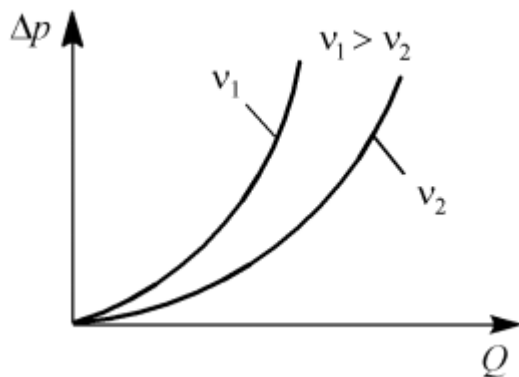
жүйені есептегенде үлестіргіштің гидравликалық характеристикасын білу қажет:

-шығын айырым характеристикасы,  $\Delta p = f(Q)$  ( $\Delta p$  - үлестіргіштегі қысымдар айырымы,  $Q$  - сұйық шығыны) тәуелділігін көрсетеді.

-үлестіргіштегі жұмыс жасаудағы сұйықтың жоғалу характеристикасы  $Q_{ym} = f(p)$  ( $Q_{ym}$  -төгілістігі жұмыс жасау сұйықтың шығынының кемуі).

Жұмыс жасауға арналған сұйық үлестіргіш арқылы екі жағдайда шығады: бағыты атқарушы құрылғыға және атқарушы құрылғыдан гидробакқа[2-сурет]. Осыған сәйкес шығын айырым характеристикасы бір өтпеді сұйық үлестіргіш арқылы анықталады ( мысалы, кіріс Р-дан шығыс А-ға), сол секілді екі өткелді, мысалы Р кірісінен А шығысына және В шығысынан  $T_2$  төгілуге.  $\Delta p$ -ның өлшемі сұйықтың тұтқырлығына  $\nu$  байланысты. Сондықтан шығын айырым характеристикасын сұйықтың белгіленген тұтқырлығында ( температурада) анықтайды.

16-суретте үлестіргіштің шығын айырым характеристикасын анықтау мысалы көрсетілген.



16-сурет. Үлестіргіштің шығын-айырым характеристикасы

Үлестіргіш арқылы өтетін сұйықтың ағысы қай температурада тиімділігін білу үшін тұтқырлық коэффициентін анықтау қажет.

Кейде есептеу кезінде гидроүлестіргіштің жоғалған қысымын гидравликалық характеристика негізінде есептеледі, ал оны жергілікті гидравликалық кедергі құрылғысымен есептейді. Сол себепті бұл құрылғының жергілікті кедергі коэффициентін білу керек.

Кез келген құрылғының жергілікті кедергі коэффициенті (біздің жағдайдағы үлестіргіште) мынаған тең:

$$\zeta = \frac{\Delta p \cdot \pi^2 \cdot d^4}{8 \cdot \rho \cdot Q^2}, \quad (1)$$

$\Delta p$  - үлестіргіштегі қысымдар айырымы;

$d$  - қарастыратын үлестіргішіміз орналасқан гидросызықтың диаметрі;

$\rho$  - сұйықтың тығыздығы;

$Q$  - үлестіргіштегі сұйықтың шығыны;

(1) – формула Вейсбах теңдеуінен алынған.

Әдетте гидравликалық есептерде «қысымның жоғалуы» қолданылады, кейде гидрожүйеде қуаттың жоғалуын білу артық етпейді.

Гидроүлестіргіште қуаттың жоғалуын келесі формуламен анықтауға болады:

$$N_{\text{жс}} = \Delta p \cdot Q \quad (2)$$

Гидроүлестіргіште жұмыс жасау сұйықтың жоғалу себебі, үлестіргіштің золотнигі корпусқа саңырау арқылы орналасқандықтан, ол саңырау үсті қажалып тозығы жеткенде үлкейе түседі. Сұйық құрылғыдан үлкен қысыммен өтеді. Сол себепті, мысалы золотник 2 (2-сурет) I позицияға орналастырсақ, онда сұйық Р кірісінен А шығысқа және үлкен қысымда саңырау арқылы золотник белдемшелері 2 мен 1

корпус төгілістің  $T_1$  және  $T_2$  арқылы ағып кетеді. Шығындар айырымы жұмыс жасау сұйығының тұтқырлығына тәуелді.  $\nu$  кемісе,  $Q_{ym}$  өседі. Шығындар айырымы  $Q_{ym}$  жұмыс жасау процесінде саңыраудың ұлғаю мүмкіндігі соншалықты, гидравликалық жетектің шығыс буындарын орнынан қозғайды және жұмыс жасауын бүлдіреді.  $Q_{ym} = f(p)$  характеристикасы золотникті жұмыс позициясына қойғанда анықталады (бұл характеристика бәрінен де маңызды), сондай-ақ бейтарап позицияда да.

Стендте  $Q_{ym} = f(p)$  характеристикасын анықтауда үлестіргіштің шығыс бөлігін А және В (2-сурет) бекіту қажет, кіріс бөлігі Р-ға сорғы қондырғыны жалғау керек,  $T_1$  және  $T_2$  төгу бөлігін расходомерге қосу керек. Шығындар айырымы золотниктің (екеуі жұмыс істейді) үш жағдайда (позиция) анықталуы мүмкін.  $Q_{ym}$  мәнін өлшеу  $p$  қысымы мен сұйықтың температурасын (тұтқырлық) жазғаннан кейін алуға болады.

Төменде тек қана шығын айырым характеристикасы анықталады.

*Сынақты жүргізу:*

Жұмысты жүргізуде үшпозициалы төртсызықты қолмен басқарылатын гидроүлестіргіш қолданылады. Сұйық өтетін құбыр диаметрі  $d_y = 6\text{ мм}$ . Алынып отырған үлестіргішіміз жоғарыда көрсетілген 15-суреттегіге ұқсас.

Стендті қоспас бұрын мынаны білу қажет:

- 17-сурет. Үлестіргіштің Р2 тұтқасын жұмыс позициясына қоямыз (стендке қарай);



17-сурет. Гидроүлестіргіш



- P1, P3, P4 және P5 гидроүлестіргіштер жабық екеніне көз жеткізу керек (маховиктер сағат тілімен бағыттас барынша бұралу қажет), үлестіргіштің P6 тумблері «Выкл.» күйінде тұру керек;

- шығынды реттегіш РР кіші көрсеткішке қою керек (позиция «4»).

Стенді электр қуатына қосу қажет («Сеть»), сорғы қондырғысын («Пуск» тетігі) және стендке 3-5 минут жұмыс жасауға мүмкіндік беру керек.

Әртүрлі шығын көрсеткішінде (ДР дроссельді реттеу) 6 тәжірибе жасау керек.

Әр тәжірибеде тіркеуді ескеру керек:

- 18-сурет. Үлестіргіштің кіріс бөлігіндегі қысымын  $p_{\text{вх}}$  (МН4 монометрден);
- 18-сурет. Үлестіргіштің кіріс бөлігіндегі қысымын  $p_{\text{вых}}$  (МН3 монометрден);



18-сурет. Қысымдар көрсеткіші

- 19-сурет.  $t$  уақыт бойынша РА расходомер арқылы өтетін сұйықтың көлемін  $W_{\text{жс}}$  (секундомер көмегі арқылы);



19-сурет. Шығын көрсеткіші

- 20-сурет. Сұйықтың температурасын  $T$  ( $T$  термометрі арқылы).



20-сурет. Температура көрсеткіші

Ескеретін жағдай  $\Delta p, \zeta$  және  $N_{nom}$  тек қана үлестіргіштің Р кіріс бөлігі мен А шығыс бөлігі кезінде ғана анықталады.

Тәжірибені жасап болған соң тоқ көзін және электрқозғатқышты өшіру керек.

### 2.3 Тәжірибелік зерттеу нәтижелері

Тұтқырлық коэффициентін анықтау формулалары:

$$\text{Шариктің түсу жылдамдығы: } \vartheta = \frac{L}{t}, \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Шариктің тығыздығы: } \rho = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3, V = \frac{4}{3}\pi r^2, \text{ м}^3$$

Сұйық тұтқырлығының динамикалық коэффициенті:

$$\mu = \frac{2}{9} \frac{\rho - \rho_c}{\vartheta(1 + 2,4r/R)} g r^2$$

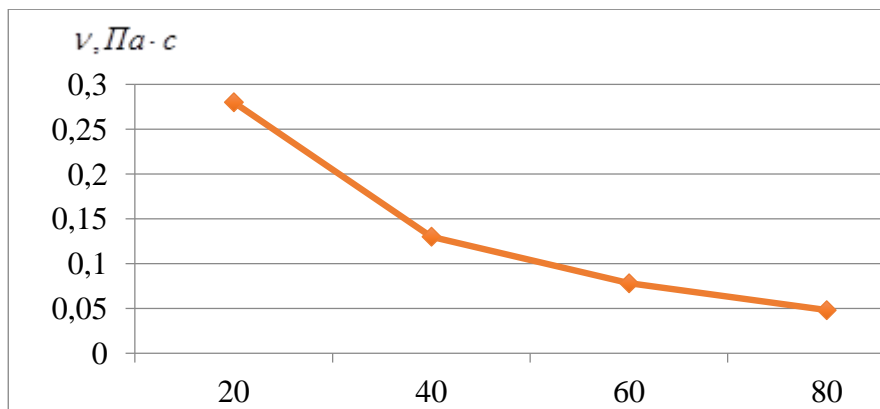
Сұйық тұтқырлығының кинематикалық коэффициенті:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

2-кесте. Сұйықтың тұтқырлық коэффициентінің өзгеруі:

№	г,м	L, м	t, с	$\vartheta$ , м/с	M	$\nu$	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
1	0,000825	0,23	6,91	0,0332	0,182	0,000227	800
2	0,001	0,23	3,73	0,0616	0,197	0,000247	800
3	0,00125	0,23	2,71	0,0848	0,227	0,000284	800

3-кесте. Тұтқырлық коэффициентінің температураға өзгерісі:



Үлестіргіштегі сұйық шығыны:

$$Q = \frac{W_{жс}}{t} \quad (3)$$

Сұйықтың кинематикалық тұтқырлығы график арқылы  $\nu = f(T)$  табылады.

Гидроүлестіргіштегі қысымдар айырымы:

$$\Delta p = p_{\text{вх}} - p_{\text{вых}} \quad (4)$$

Тәжірибеден алынған нәтижелерден шығын айырым характеристикасын  $\Delta p = f(Q)$  және  $\zeta = f(Q)$  және

$N_{\text{ном}} = f(Q)$  құру қажет.

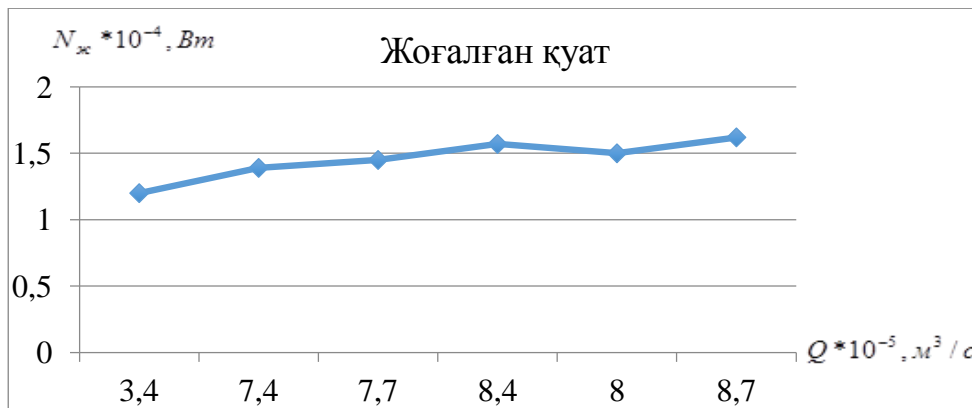
4-кесте. Алынған нәтижедерді келесі көрсетілген.

Параметрлер	Режимдер			
	1	2	3	4
Кіреберістегі қысым көрсеткіші $p_{\text{кір}}$ , МПа	2,3	2,3	2,3	2,29
Шығаберістегі қысым көрсеткіші $p_{\text{шығ}}$ , МПа	0,4	0,4	0,4	0,4
Уақыт $t$ , с	30	30	30	30
Көлем $W_c$ , м <sup>3</sup> бастапқы көрсеткіш: 7,2051	7,207	7,2102	7,2125	7,214
Тұтқырлық коэффициенті $\nu$ , Па*с	0,28	0,13	0,13	0,13
Сұйықтың температурасы $T$ , °С	27	28	28	28
Үлестіргіштен өткен сұйық шығыны $Q$ , м <sup>3</sup> /с	0,000064	0,000074	0,000076	0,000083

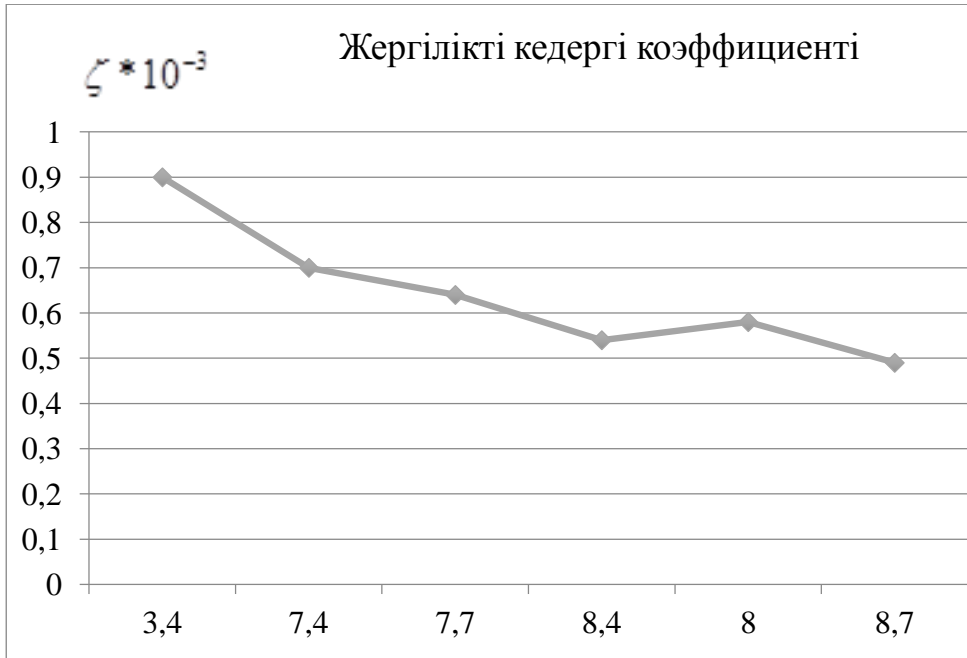
(4-кестенің жалғасы)

Жергілікті кедергі коэффициенті $\zeta$	0,00094	0,0007	0,00064	0,00054
Жоғалған қуат $N_{\text{жоғ}}$ , Вт	0,000012	0,000014	0,0000145	0,0000157
Үлестіргіштегі қысымның жоғалуы $\Delta p$ , Мпа	1,9	1,9	1,9	1,89

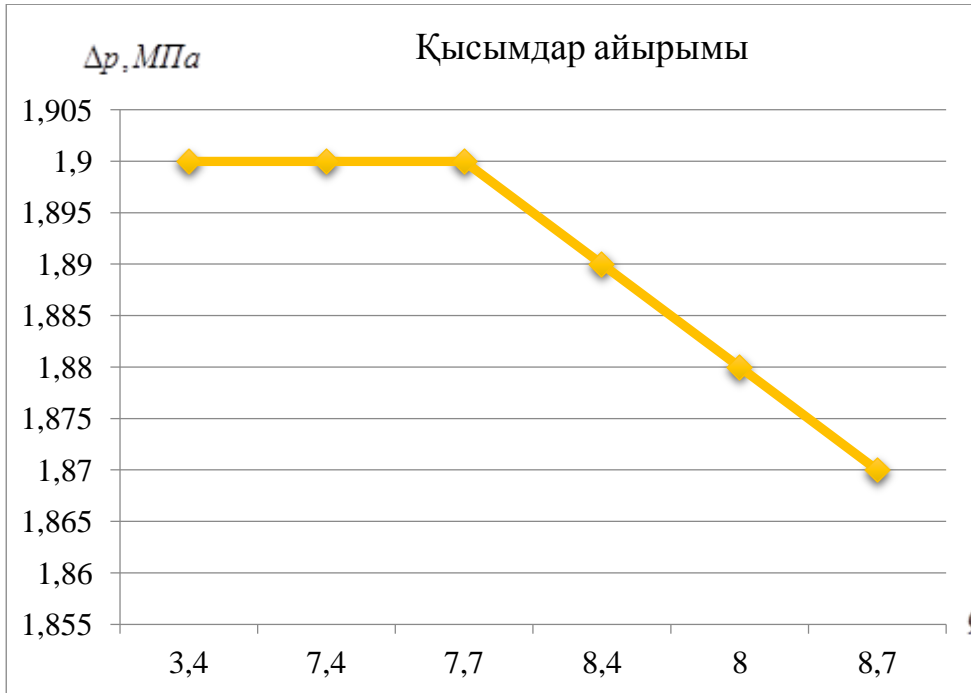
5-кесте. Жоғалған қуаттың шығынның өзгерісіне байланысты өзгерісі көрсетілген.



6-кесте. Жергілікті кедергі коэффициентінің шығынға байланысты өзгерісі көрсетілген.



7-кесте. Қысымдар айырымының шығынға қатысты өзгерісі келесідей болады.



### ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл тәжірибелік зерттеу жұмыста гидроүлестіргіш құрылысымен танысып зерттелді. Оның қай салаларда қолданылатына және схемалар түріне көз жеткізілді. Керекті мәліметтерді жазып алып, есептеу жүргізілді. Тәжірибелік зерттеу жұмысы шығынның әртүрлі мәндеріне сәйкес бірнеше рет қайталанып жүргізіледі. Зерттеу нәтижесінде гидроүлестіргіштің жергілікті кедергі коэффициенті, жоғалған қуат, үлестіргішке кіре берістегі және шыға берістегі қысымдардың айырымы шығынға тәуелді анықталады. Сұйықтың тығыздығына және темепературасына байланысты тұтқырлық коэффициентін табылды. Алынған нәтижелерді кесте түрінде көрсетіліп, графиктері сызылды. Шығынға



байланысты  $N_{ж}$  жоғалған қуаттың артатыны,  $\zeta$  жергілікті кедергі коэффициенті мен  $\Delta p$  қысымдар айырымының кемітіні байқалды. Гидроүлестіргіштің тиімділігі және кемшілігі байқалды.

Бұл тәжірибелік зерттеу жұмысы Алматы қаласында 2016 жылы 11 сәуірде Студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби әлемі» атты халықаралық ғылыми конференциясында баяндалды.

## №8 - зертханалық жұмыс.

### Кері клапанды блок дроссельдің шығынды-ауыспалылығын зерттеу және құрылғыны сипаттау

Жұмыстың мақсаты

- Кері клапанды блок дроссельдің конструкциясын зерттеу
- Шығынды-ауыспалылығын тәжірибелік зерттеу

#### 10.1 Қысқаша теориялық мағлұмат

Кері клапанды блок дроссельді гидроқұбырларда қолданады. Оны қолдану кері қайтарда жоғары жылдамдыққа ие болады.

Зерттелінетін ДКМ-6/3 дроссель блогы А және В сызықтарында майдың шығынын реттейді. Зерттелінетін гидравликалық құрылғының белгіленуі 10.1 суретте келтірілген.

Зерттелінетін құрылғы модульді монтаж құрылғысына жатады. Кері клапанды дроссельдер А және В сызықтарында орналасқан.

Кері клапанды дроссель блогының құрылысы [6.203] жұмыста көрсетілген. Сызбада тек бір А басқару сызығы көрсетілген. Сұйық Р каналы арқылы Р2 гидроүлестіргішке келеді. Р2 гидроүлестіргіші Т каналымен жалғанған. Жұмыс басталғанда Р2 А мен жалғанады.

Дроссельдің қимасының ауданын өзгерту олардың әртүрлі сипаттамасын береді.

#### 10.2 Зерттеу жүргізу

Зерттеу жүргізбес алдында 1-2 тараумен танысу қажет.

Зерттеу объектісі ретінде Z2FDS6 типті кері клапанды дроссель блогы алынды.

Қондырғыны қосар алдында:

- Р1, Р3, Р4, Р5 гидроүлестіргіштері жабық болуын тексер

- Шығынды реттегіш РР ең аз шығынды көрсеткенін тексер
- Р2 үлестіргішін жұмыс позициясына қой

Одан кейін

- Электрді “Сеть” батырмасымен қос
- Сорғыны қос
- Секундомер өлшегішін қолмен басқару режиміне қой
- Стенд 3-5 минут жұмысқа дайындалсын

Осылардан кейін дроссельдің әртүрлі баптауларында екі рет тәжірибе жаса

Тәжірибені әртүрлі шығында жаса

Әр тәжірибеде мыналарды жаз

- Р3 қысымды
- Р2 қысымды

Сұйықтың ағып шығу уақытын

Нәтижелерді кестеде көрсет

№	Р3 қысым МПа	Р2 қысым МПа	Уақыт t, с	Қысымдар айырымы МПа	Шығын
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Тәжірибені жасағаннан кейін сорғыны және электрді өшіру керек.

### 10.3 Нәтижелерді талдау

Сұйықтың шығыны

$$Q = \frac{W_{\text{жс}}}{t}$$

Дроссельдегі қысымдар айырымы

$$\Delta p = p_3 - p_2$$

Зерттеу нәтижесін  $\Delta p = f(Q)$  графигі түрінде сал

Бақылау сұрақтары

1 Зертханалық тақта құрылысы

2 Кері клапанды дроссельдің қолданылуы

3 Шығынды –ауытқудың сипаттамасын анықтай әдістемесі

4 Зерттеу нәтижелерін талдау

Мысал ретінде кейбір жасалған зертханалақ жұмыстар бойынша орындалған студенттердің есеп беруі ұсынылады

1 кестеде сорғының жұмыс сипаттамаларын, қысым анықтау тәжірибесінің нәтижелері көрсетілген. Тәжірибе 6 режимде жасалды. Тәжірибе барысында режим ауысатындықтан, тісті доңғалақты сорғының кіре берістегі қысымы және сұйықтың шығыны өзгеріп отырады. Сорғының қысымының, сұйықтың шығынының өзгерісі сорғының көлемдік пайдалы әсер коэффициентінің және толық пайдалы әсер коэффициентінің өзгерісіне алып келеді.

1 кесте. Есептеу нәтижелері

№	1	2	3	4	5
	«4» режим	«5» режим	«6» режим	«7» режим	«8» режим
$P_2$ қысым, МПа	1,2	1,18	1,15	1,12	1,1
$N_3$ ваттметр көрсеткіші, Вт	0,21	0,23	0,24	0,25	0,26
$n$ сорғының білігінің айналу жиілігі, айн/с	23,95	23,95	23,95	23,95	23,95
$t$ шығын өлшегіш арқылы $W_{ж}$ сұйықтың өту уақыты,	60	60	60	60	60

с				
$W_{ж}$ шығын өлшегіш арқылы өтетін сұйықтың көлемі, м <sup>3</sup>	0,0135	0,0137	0,014	0,0143
$Q_H$ сорғыны ң (нақты) шығыны, м <sup>3</sup> /с	0,000225	0,0002 28	0,000233	0,000238
$Q_T$ сорғының теориялық немесе идеальды шығыны; м <sup>3</sup> /с	0,000244	0,0002 44	0,000244	0,000244
$P_H$ сорғыны ң қысымы, Па	1200000	11800 00	1150000	1120000

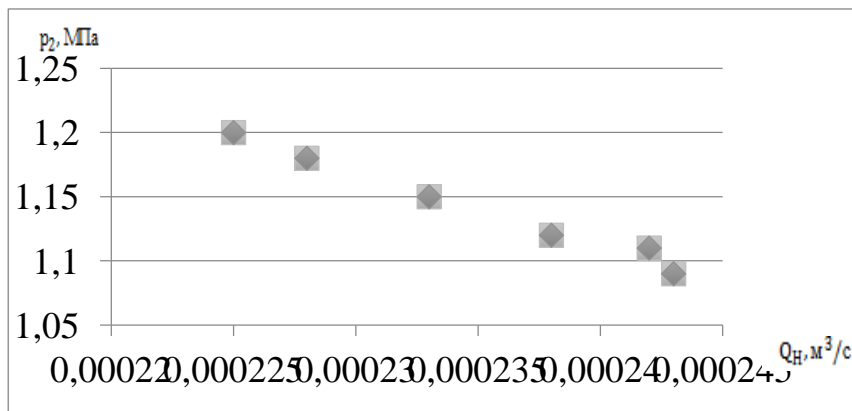
1 кесте жалғасы

$\eta_0$ көлемдік ПЭК-і	0,921036	0,934681	0,955149	0,975616
$M$ айналу моменті, Нм	1,949045	1,916561	1,867834	1,819108
$N_H$ сорғының куаты, Вт	293,148	288,2622	280,9335	273,6048
$N_P$ сорғының пайдалы куаты,	270	269,4333	268,3333	266,9333

Вт				
$\eta_H$ сорғының толық ПӘК-і	0,921036	0,934681	0,955149	0,975616
t, температура көрсеткіші, °С	34	34	35	35

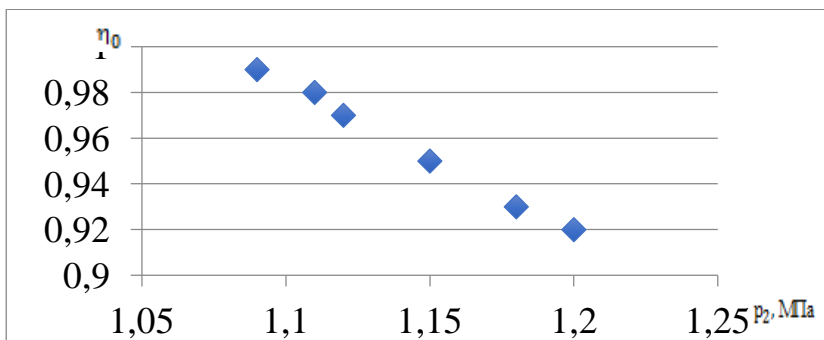
Кестеде көрсетілгендей тісті доңғалақ сорғының шығыны артып, қысымы кеміп, пайдалы әсер коэффициенті артып отыр. Кестеде жұмыс орындалған температура көрсеткіші де енгізілген. Тәжірибелік жұмыс барысында температура артуы байқалды. Температураның артуынан тұтқырлығы кемиді, сұйық жылдамдығы артады. Қысымның кемуі, шығынның артуы, осы өзгерістер пайдалы әсер коэффициентінің артуына әкеледі.

Сорғының қысымына байланысты сорғының нақты шығының өзгеріс графигі 10 суретте көрсетілген. Графикте көрсетілгендей, қысымның артуы, шығынның кемуіне әкелді. Одан келесі суреттерде қысымның өзгерісінің пайдалы әсер коэффициенттерге әсерін график түрінде көрсетілген.



10 сурет. Сорғының қысымына байланысты сорғының нақты шығының өзгерісі

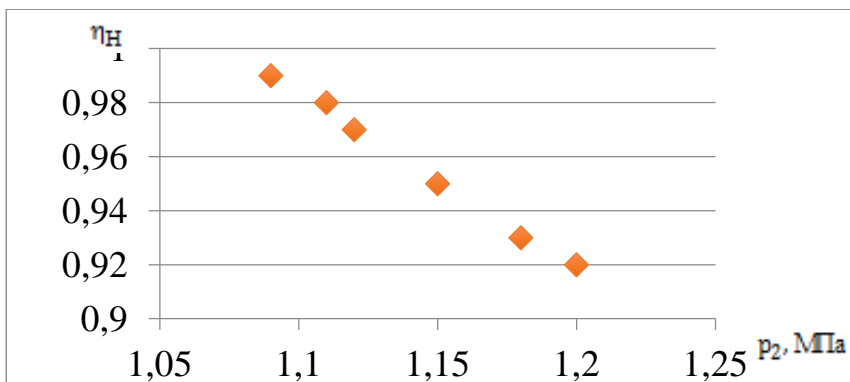
Сорғының қысымының өзгерісіне байланысты көлемдік пайдалы әсер коэффициентінің өзгерісі 11 суретте көрсетілген. Көлемдік пайдалы әсер коэффициенті нақты және теориялық шығындардың қатынастарына тең болғандықтан, шығынның өзгерісі көлемдік пайдалы әсер коэффициентінің өзгеруіне әсер етеді, яғни қысым артқан сайын, көлемдік пайдалы әсер коэффициентінің кеміп отыр.



11 сурет. Сорғының қысымына байланысты көлемдік ПӘК-тің өзгерісі

Сорғының қысымының өзгерісіне байланысты толық ПӘК-тің өзгерісі 12 суретте көрсетілген. Толық ПӘК-і сорғының пайдалы қуатының толық қуатына қатынасына тең, ал толық қуатының өзгеруіне қысым мен шығын әсер етеді. Сондықтан қысым, шығын өзгерсе, сорғының толық ПӘК-і де өзгереді. Қысым артқан сайын, толық ПӘК-і артады.





12 сурет. Сорғының қысымына байланысты толық ПӘК-тің өзгерісі

Зертханалық тақтаның дұрыстығына және тәжірибелік нәтижелердің дұрыстығын көрсету үшін алты режимде бірнеше рет тағы да тәжірибе жасалды. Ол тәжірибе бір режимнің өзінде үш рет жасалды. Бұл тәжірибенің нәтижелері 2 кестеде көрсетілген. Кестеде көрсетілгендей ең соңында көлемдік және толық пайдалы әсер коэффициентінің орташа мәндері алынды.

2 кесте. Есептеу нәтижелері

№	№	1	2	3	4	5	6
		«4» режи м	«5» режи м	«6» режи м	«7» режи м	«8» режи м	«9» режи м
$P_2$ қысым, МПа	1	1,63	1,44	1,32	1,22	1,18	1,08
	2	1,56	1,4	1,28	1,2	1,15	1,07
	3	1,5	1,38	1,24	1,19	1,1	1,05

N <sub>3</sub> ваттметр көрсеткіші, Вт	1	0,09	0,16	0,2	0,25	0,3	0,34
	2	0,08	0,18	0,22	0,27	0,3	0,34
	3	0,13	0,19	0,23	0,29	0,32	0,34
п сорғының білігінің айналу жиілігі, айн/с		23,95	23,95	23,95	23,95	23,95	23,95
t шығын өлшегіш арқылы W <sub>ж</sub> сұйықтың өту уақыты, с		60	60	60	60	60	60
W <sub>ж</sub> шығын өлшегіш арқылы өтетін сұйықтың көлемі, м <sup>3</sup>	1	0,0107	0,0119	0,0125	0,0133	0,0138	0,0141
	2	0,0116	0,012	0,0129	0,0135	0,0138	0,0142
	3	0,0115	0,0124	0,013	0,0135	0,014	0,0144
Q <sub>H</sub> сорғының	1	0,000	0,000198	0,000208	0,000222	0,00023	0,000235

(нақты) шығыны, м <sup>3</sup> /с		178					
	2	0,000 193	0,000 2	0,000 215	0,000 225	0,000 23	0,000 237
	3	0,000 191	0,000 207	0,000 217	0,000 225	0,000 233	0,000 24

2 кесте жалғасы

Q <sub>T</sub> сорғының теориялық немесе идеальды шығыны; м <sup>3</sup> / с	1	0,000244	0,000244	0,000244	0,000244
	2	0,000244	0,000244	0,000244	0,000244
	3	0,000244	0,000244	0,000244	0,000244
P <sub>H</sub> сорғының қысымы, Па	1	1630000	1440000	1320000	1220000
	2	1560000	1400000	1280000	1200000
	3	1500000	1380000	1240000	1190000
η <sub>0</sub> көлемдік ПЭК-і	1	0,730006	0,811877	0,852812	0,907312
	2	0,791409	0,818699	0,880102	0,921012

	3	0,784586	0,845989	0,886924	0,9210
$\eta_0$ көлемдік ПӘК-і		0,768667	0,825522	0,873279	0,9164
М айналу моменті, Нм	1	2,647452	2,338854	2,143949	1,9815
	2	2,533757	2,273885	2,078981	1,9490
	3	2,436305	2,241401	2,014013	1,9328
$N_H$ сорғының қуаты, Вт	1	398,1927	351,7776	322,4628	298,03
	2	381,0924	342,006	312,6912	293,1
	3	366,435	337,1202	302,9196	290,70
$N_{II}$ сорғының пайдалы қуаты, Вт	1	290,6833	285,6	275	270,43
	2	301,6	280	275,2	2
	3	287,5	285,2	268,6667	267

2 кесте жалғасы

$\eta_H$ сорғының толық ПӘК-і	1	0,730006	0,811877	0,852812	0,9073
	2	0,791409	0,818699	0,880102	0,9210

	3	0,784586	0,845989	0,886924	0,9210
$\eta_H$ сорғының толық ПЭК-і		0,768667	0,825522	0,873279	0,9164
t, температура көрсеткіші, °C	1	27,8	30	32	
	2	28	30	32	
	3	29	31	32	

Кестеде көрсетілгендей тісті доңғалақ сорғының шығыны, пайдалы әсер коэффициенті артып, қысым кеміп отыр. Бұл жұмыс орындалған температура көрсеткіші де енгізілген. Жұмыс барысында температура артады.

#### Қорытынды

Бұл тәжірибелік зерттеу жұмысында тісті доңғалақ сорғы құрылғысымен танысып зерттелді. Сорғының техникалық көрсеткіштері зерттеліп, жұмыс істеу сипаттамалары анықталды. Сорғының негізгі жұмыс істеу принципімен танысып, қолданылуы қарастырылды. Тәжірибелік зерттеу зертханалық тақтада 6 режимде орындап, қажетті мәліметтерді алып, есептеу жүргізілді. Сорғының негізгі жұмыс істеу сипаттамалары, сорғының нақты және теориялық шығыны, тісті доңғалақ сорғының пайдалы және толық қуаты, көлемдік және толық пайдалы әсер коэффициенті анықталды. Осы алынған нәтижелер кесте түрінде көрсетіліп, шамалар арасындағы өзгеріс графиктері салынды. Алынған нәтижелер арқылы өзгеріс зерттелді,  $p_2$  сорғының кіре берістегі қысым кеміген сайын,  $Q_H$  сорғының нақты шығыны артатыны,  $\eta_0$  көлемдік және  $\eta_H$  толық пайдалы әсер коэффициенттері артатыны байқалды.

## Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

### Негізгі оқулықтар

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учебник для вузов. 7-е изд. испр. - М.:Дрофа, 2003.-840с.
2. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. - М.: Наука, 1972.– 430с.
3. Горлин С.М., Слезингер И.И. Аэромеханические измерения.- М.: Наука, 1964. - 423с.
4. Горлин С.М. Экспериментальная аэромеханика. -М.: Высшая школа, 1970. - 423 с
5. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. М.- Л.: Госэнергоиздат, 1978г.
6. Руководство к лабораторным работам по аэрогазодинамике: Уч.пособие / Белова А.В., и др.-СПб: Изд-во С.-Петербург. Ун-та, 2004.- 344 с.
7. Туралина Д.Е.. Лабораторный практикум по экспериментальной аэромеханике.- Алматы: «Қазақ университеті». 2003.- 96с.
8. Туралина Д.Е. Тәжірибелік аэромеханика бойынша зертханалық жұмыстар.- Алматы: «Қазақ университеті». 2011.- 86с.
9. Cameron Tropea, Alexander L.Yarin, John F.Foss. Springer Handbook of Experimental Fluid Mechanics. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg. 2007-
10. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы:учебник для вузов/ Под ред.С.П.Стесина.-3-е изд.,стер.-М.:Академия,2007.- 336с.
11. Қалтаев А., Бекбауов Б.Е., Алибаева Қ.А. Сұйық және газ механикасынан есептер жинағы: Оқу құралы. Алматы: Қазақ университеті, 2016.-178 бет.

12. Туралина Д.Е. Сұйықтар мен газдар механикасы бойынша зертханалық жұмыстар.- Алматы: «Қазақ университеті». 2016.-107 б.

### **Қосымша оқулықтар**

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учебник для вузов. 7-е изд. испр. - М.:Дрофа, 2003.-840с.

2. Фабер Т.Е. Гидроаэродинамика. - М.: Постмаркет. - 2011. -560 с.

3. Robert W. Fox, Alan T. McDonald, Philip J. Pritchard Introduction to Fluid Mechanics, International Student Version, 8th Edition.-USA: John Wiley&Sons Inc. 2011.- 896 p.

4. J. H. Spurk. Fluid mechanics. Problems and solutions. – Springer, 1997-600 p.

5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа, М., Наука, 1987.-736с.

6. Кубышкина В.Д. Основные методы математической обработки результатов физического эксперимента (уч. пособие).-А-Ата, 1974г.

7. Прикладная аэродинамика (под. ред. Краснова Н.Ф.) - М.: Высшая школа, 1974г.

8. Механика. Общий физический практикум для студентов высших учебных заведений / С.И.Исатаев и др. Алматы.: Қазақ университеті, 2002.-207 с.

9. В.Н.Метревели.Сборник задач по курсу гидравлики.-М.: Высш.шк.,2008.-192 с.

10. Сборник задач по гидравлике: учеб.пособие для вузов/ под ред. В.А.Большакова. -4-е изд., - Киев: Вища школа,1979.-336 с.

11. Раинкина Л. Н. Гидромеханика. Учебное пособие по решению задач (2-ое издание) – Москва, РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2005. – 119 с., ил.

1 Медведев, В.Ф. Гидравлика и гидравлические машины: учеб. пособие/ В.Ф. Медведев.—Минск: Выш.шк., 1998.-311 с.

12. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроит. вузов/Т.М. Башта [и др]; отв. ред. Т.М. Башта.- 2-е изд., перераб.-М.: машиностроение, 1982.-423 с.:ил.

13. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Под. общ. ред. Б.Б. Некрасова.-2-е изд., перераб. и доп.-Минск: Выш.шк., 1985.-382 с.:ил.

14. Вачильченко, В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: справочник.-М.: Машиностроение, 1983.-301 с.:ил.

15. Свечников, В.К. Станочные гидроприводы: справочник/ В.К. Свечников, А.А. Усов.-М.: Машиностроение, 1988.-512 с.

16. Методические указания к выполнению лабораторных работ на стенде НТЦ-11.17.2 (НТЦ-17.200) «Гидравлика.-Могилев: НТП «Центр», 2013.-65 с



*Оқу басылымы*

ТӘЖІРИБЕЛІК ГИДРОМЕХАНИКА  
БОЙЫНША  
ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАР

*Оқу құралы*

*Д.Е. Туралина*

Алматы  
«Қазақ университеті»  
2016