

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Ш.ЕСЕНОВ АТЫНДАҒЫ КАСПИЙ МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ

МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ ИНСТИТУТЫ

«ЭНЕРГЕТИКА» КАФЕДРАСЫ

ГУСМАНОВА О.М., ЕПЕНОВА Ж.А.

ГИДРАВЛИКА. ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАР.

050708-«Мұнай-газ ісі», 050724-«Технологиялық машиналар мен қондырғылар», 050608-«Экология», 050717-«Жылуэнергетика», 050715-«Теңіз техника және технологиясы» мамандықтары үшін «Жалпыгидравлика», «Гидромеханика», «Сұйық және газ механикасы» пәндері бойынша зертханалық жұмысты орындауға арналған

ОҚУ ҚҰРАЛЫ

УДК 621.22(075.8)
ББК 30.123я73

Рецензенттер: к.т.н. доцент Ержанов Қ.Ш., д.т.н.проф. Кулиев Ю.М.,
ЖШС «Жобалау» бастығы Гусманов Г.Х.

Гидравлика. Зертханалық жұмыстар/Құрастырушы: аға оқытушы
О.М.Гусманова, ассистент Ж.А.Епенова. 050708-«Мұнай-газ ісі», 050724-
«Технологиялық машиналар мен қондырғылар», 050608-«Экология», 050717-
«Жылуэнергетика», 050715-«Теңіз техника және технологиясы» мамандықтары
үшін «Жалпыгидравлика», «Гидромеханика», «Сұйық және газ механикасы»
пәндері бойынша зертханалық жұмысты орындауға арналған оқу құралы.-
Ақтау: КМТЖИУ, 2011- 55бет.

ISBN 978-601-7349-05-9

Бұл зертханалық жұмыс: «Жалпыгидравлика», «Гидромеханика», «Сұйық және газ механикасы» пәндеріне арналған. Зертханалық жұмыс пәннің барлық тарауларын толығымен қамтиды және бұл жұмыста студент тәжірибе жасап, оны теория жүзінде есептеп үйренуге толық мүмкіншілік алады. Зертханалық жұмыс: тақырып, жұмыс мақсаты, теориялық анықтамалары, тапсырмалар, бақылау сұрақтар мен әдебиеттер тізімен тұрады. Зертханалық жұмыс әдістемесін 050708-«Мұнай-газ ісі», 050724-«Технологиялық машиналар мен қондырғылар», 050608-«Экология», 050717-«Жылуэнергетика», 050715-«Теңіз техника және технологиясы» мамандықтарының сырттай және күндізгі оқитын студенттер пайдалана алады.

УДК 621.22(075.8)
ББК 30.123я73

Ш.Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университетінің Оқу әдістемелік кеңесінің шешімімен баспаға ұсынылды

ISBN 978-601-7349-05-9

©Ш.Есенов атындағы КМТЖИУ, 2011 ж.

Кіріспе

Бұл оқу құралы «Жалпы гидравлика», «Гидромеханика», «Сұйық және газ механикасы» пәндерін оқитын студенттерге арналған және оқу құрал жоспарында зертханалық жұмыстың орындалу тәртібі көрсетілген. Оқу құралы мынадай тақырыптарды қамтиды: кинематика және сұйық динамикасы, гидродинамика және сұйықтықтың ағу режимі, жергілікті гидравликалық кедергі, тұрақты және айнымалы қысымдағы саптамалар мен тетіктерден сұйықтықтың ағып өтуі.

Оқу құралындағы зертханалық жұмыстың негізгі мақсаты сұйықтықтың ағып өтуін оқып үйрену және оның параметрлерін тәжірибе жүзінде анықтау. Сұйықтықтың қысымын, шығынын, сұйықтықтың ағу ағысын, құбырдың пьезометрлік биіктігін, жергілікті гидравлика кедергісінің коэффициентін, гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтау.

Зертханалық жұмыстың негізгі мақсаты- зертханалық қондырғысымен танысу, оның орындалу жолдарымен танысу және студент өз бетімен тәжірибені істей білу болып табылады.

Әрбір зертханалық жұмысқа студент мынадай қорытынды жасау қажет:

- Жұмыс атауы және мақсаты;
- Теориялық анықтамасы;
- Тапсырма ;
- Қондырғы сұлбесі;
- Кестелер мен графиктер;
- Тәжірибе есептеулері;
- Жұмысты қорытындылау.

Зертханалық жұмыс №1

Тақырыбы: «Қысымды және шығынды өлшеу, сұйықтықтың ағысын анықтау»

1. Жұмыстың мақсаты:

1. Гидравликаның негізгі шамалар мен өлшем бірліктерін анықтау.
2. Табиғатта сұйықтықтың қозғалысын тәжірибе жүзінде анықтау.
3. Тәжірибе жүзінде алынған шамаларды есептеп үйрену.

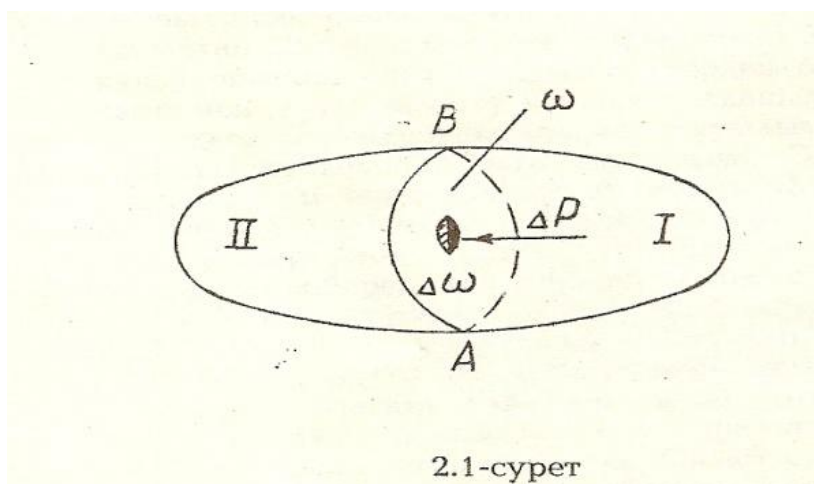
2. Теориялық анықтама:

Сұйық дегеніміз ағатын қасиеті бар материал (орта). Ағын–үзіліссіз деформацияланатын қозғалыстың түрі. Қозғалыс әрине күш әрекетімен болады. Сұйық ағыны, өте аз күштің әсерімен, шексіз деформацияланатын тұтас ортаның көрінісі.

Табиғаттағы заттың бәрі қатты, сұйық және газ күйінде кездеседі. Олардың молекулаларының қозғалу ерекшеліктері және молекулааралық күштері әртүрлі болады. Қатты заттардың молекулалары тұрақты орталықтарда тербеліс жасап тұрады. Ал газ молекулалары бір-бірімен соқтығысып, үздіксіз орын ауыстырып отырады. Сұйықтар белгілі жағдайда қатты зат күйіне де өте алады. Сондықтан оның молекулалары лездік орталықта тербеліс жасап тұрып, секіріп басқа орталыққа ауыса алады. Сұйық молекулаларының осы қозғалу ерекшелігі сұйыққа аққыштық қасиет дарытады.

Сұйыққа сыртқы күш әсері еткенде, ол ширайды, әрекеттілікке түселі. Тыныштық күйдегі сұйыққа пайда болатын, сығатын әрекетті, гидростатикалық қысым деп атайды.

Гидростатикалық қысымды математикалық өрнекпен жазайық. Ол үшін тепе-теңдік күйдегі сұйықтың кез келген бір көлемін қарастырайық (2.1.-сурет). Оны АВ



Жазықтығы арқылы I және II бөліктерге бөлейік. Бірінші бөліктегі сұйық екінші бөліктегі сұйыққа АВ жазықтығы бойынша әсер етеді делік. Жазықтықтың ауданын ω деп белгілеп, бірінші бөлікті ойша алып тастайық. Олай болса, қалған екінші бөліктің тепе-теңдік күйін сақтау үшін, ойша алып тасталған бірінші бөліктің, екінші бөлікке әсерін P күшімен алмастыру керек болар еді. Бұл күш ω ауданына түсіп тұр. Сондықтан P күшін ауданның

шамасына бөліп орташа гидростатикалық қысымды табуға болады.

$$p = \frac{P}{\omega} \quad (1.1)$$

Егер аудан шексіз аз шама болса ($\Delta\omega$), онда оған әсер етуші күш те ΔP аз болады. Осыған байланысты нүктедегі гидростатикалық қысым былай жазылады:

$$p = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta\omega} \quad (1.2)$$

Гидростатикалық қысымның өлшем бірлігі ретінде Паскаль ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$), килопаскаль ($1 \text{ кПа} = 10^3 \text{ Па}$), мегапаскаль ($1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$) қолданылады.

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

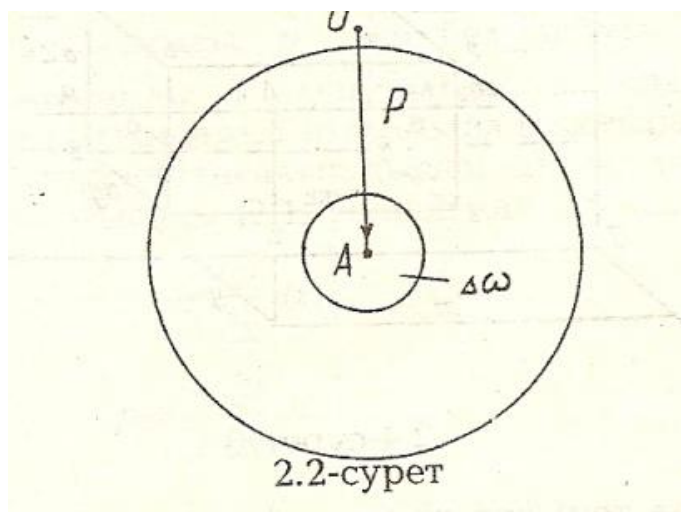
$$1 \text{ ат} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10\,000 \text{ кгс/м}^2;$$

$$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па} = 1,02 \text{ ат}$$

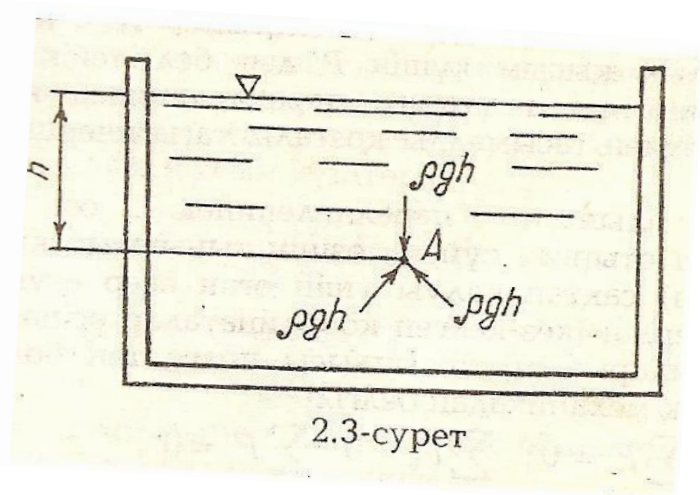
$$1 \text{ Па} = 0,102 \text{ кгс/м}^2 \text{ немесе } 1 \text{ кгс/м}^2 = 9,81 \text{ Па}.$$

Гидростатикалық қысымның мынандай үш қасиеті бар.

Бірінші қасиеті: гидростатикалық қысым әрқашан өзі әсер ететін ауданға ішкі тіктеме бойымен бағытталады. (2.2.-сурет).



Екінші қасиеті: сұйықтың кез-келген нүктесіне түсірілген гидростатикалық қысымның шамасы, сол нүктеден өтетін барлық бағыт бойынша өзгермейді, бірдей болады (2.3.-сурет).



2.3-сурет

Үшінші қасиеті: берілген нүктедегі сұйық қысымы сол нүктенің координаталарына және сұйық тығыздығына тәуелді

$$p = f(x, y, z, \rho). \quad (1.3)$$

Қысымды сұйық және пружинді манометрлермен және пьезометрлермен өлшейді.

Сұйық тығыздығы. Біртекті сұйық тығыздығы деп сұйық массасының (M) оның көлеміне(W) қатынасын айтады.

$$\rho = \frac{M}{V}. \quad (1.4.) \text{ Біртекті}$$

сұйықтың барлық нүктелерінде тығыздық бірдей болады. Ал біртекті емес сұйықтың кез-келген A нүктесіндегі тығыздығы

$$\rho_A = \lim_{\Delta W \rightarrow 0} \frac{\Delta M}{\Delta V} = \frac{dM}{dV} \quad (1.5.)$$

Бұл жерде ΔM көлемінің (ΔV) азайып A нүктесіне айналғандағы массасы. Жалпы тығыздық сұйық көлемінің әр нүктесінде әртүрлі болуы мүмкін және уақыт өткен сайын өзгеруі ықтимал. Мысалы: өзен тасығанда, сен жүргенде, түптік ағындарда, т.б. Сұйықтың тығыздығы ρ мен оның меншікті салмағы γ өзара байланысты

$$\gamma = \rho g, \quad (1.6.)$$

Немесе
$$\gamma = \frac{Mg}{W} = \frac{G}{W}. \quad \left[\frac{H}{m^3} \right]$$

Айта кетейік: g экваторда $9,781 \text{ м/с}^2$, ал полюсте -90831 м/с^2 ;

G -сұйықтың салмағы.

Сұйық тығыздығы негізінен температураға байланысты. Сұйыққа үлкен қысым түсірілгенмен тығыздық мейлінше аз өзгереді. Судан басқа сұйықтың бәрінде температура көбейген сайын олардың тығыздығы (атмосфералық қысымда) азаяды, ал судың ең үлкен тығыздығы ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$) 4°C болады. Температура 0°C болғанда судың тығыздығы $\rho = 999.87 \text{ кг/м}^3$. Ал $T = 20^\circ \text{C}$ болғанда $\rho = 998,2 \text{ кг/м}^3$. Таза сынаптың тығыздығы 13596 кг/м^3 . ($T = 0^\circ \text{C}$). Гидравлика лабораториясында сынап бағаналы манометрлерді жиі пайдаланады. Оны Э.Торричелли ойлап тапқан.

Сығылу. Сұйық қысымның (P) әсерінен, өзінің көлемін (V) аз да болса өзгертеді, сығылады. Оның шамасын көлемдік сығылу коэффициенті арқылы сипаттайды

$$\beta_c = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dP} \cdot \left[\frac{M^2}{H} \right] \quad (1.7.)$$

Бұл формуладағы минус таңбасы қысым көбейгенде сұйық көлемінің азаятынын көрсетеді. Егер массасы тұрақты сұйықты сықса

$$-\frac{dV}{V} = \frac{d\rho}{\rho}.$$

Сонда (1.7.) былай жазылар еді:

$$\beta_c = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dP}. \quad (1.8.)$$

Сұйық көлемінің сығылу коэффициенті арқылы сұйыққа түсірілген қысым бірлігіне байланысты тығыздықтың салыстырмалы өзгеруін табуға болады.

Сұйықтың көлемдік сығылу коэффициентіне кері шаманы сұйықтың серпімділік модулі деп атайды.

$$E_c = \frac{1}{\beta_c}, \quad (1.9.)$$

Сұйық тұтқырлығы. Сұйық қабаттарының өзара салыстырмалық қозғалысына кедергі жасайтын қасиетін тұтқырлық дейді. әртүрлі жылдамдықпен қозғалып бара жатқан екі қабаттың арасында ішкі үйкеліс күші, немесе тұтқырлық күші пайда болады.

Кейде тұтқырлықты, сұйық тығыздығының бірлік үлесіне байланысты қарастырады да оны кинематикалық тұтқырлық коэффициенті (кинематикалық бірліктермен өлшенгендіктен) деп атайды:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \cdot \left[\frac{M^2}{c} \right] \quad (1.10.)$$

$$1 \frac{M^2}{c} = 1 \cdot 10^4 \text{ cm} \quad (\text{стокс})$$

Сұйық көлемінің жылулық ұлғаю.

Сұйық көлемі температураға байланысты өзгеріп отырады. Оның шамасын көлем ұлғаюының температуралық коэффициенті арқылы сипаттайды :

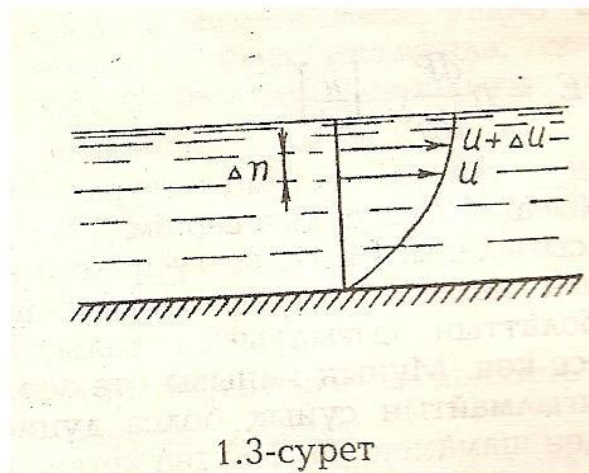
$$\beta_t = \frac{1}{W} \frac{dW}{dT^\circ}.$$

Бұл коэффициент сұйық температурасы бір градусқа өзгергендегі (қысым тұрақты) көлемнің салыстырмалы өзгеруін көрсетеді. Мысалы, бір атмосфералық қысым әсеріндегі температурасы 20°C су үшін $\beta_t = 0,00015 \frac{1}{^\circ C}$.

Сұйық тұтқырлығы. сұйық қабаттарының өзара салыстырмалық қозғалысына кедергі жасайтын қасиетін тұтқырлық дейді. әртүрлі жылдамдықпен қозғалып бара жатқан екі қабаттың арасында ішкі үйкеліс күші, немесе тұтқырлық күші пайда болады. Оны бірінші болып Ньютон ашқан. Кейін Н.П.Петров оған мынадай математикалық түр берген.

$$\tau = \frac{F}{S} = \pm \mu \frac{du}{dn} \quad (1.11.)$$

Бұл жерде F – сұйықтың ішкі үйкеліс күші;
 S – жанасу бетінің аудану;
 τ – бірлік ауданға тиісті үйкеліс күші, немесе жанама жүктену;
 μ – динамикалық тұтқырлық коэффициенті, немесе абсолют тұтқырлық. Оның бірлігін /1.11/
 Формуладан табуға болады. $[Па \cdot с]$, $1 Па \cdot с = 10 П / пуаз /$;
 $\frac{\Delta u}{\Delta n}$ – салыстырмалы ығысу, жылдамдық градиенті (1.3-сурет).



1.3-сурет

Кейде тұтқырлықты, сұйық тығыздығының бірлік үлесіне байланысты қарастырады да оны кинематикалық тұтқырлық коэффициенті (кинематикалық бірліктермен өлшенгендіктен) деп атайды:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \left[\frac{м^2}{с} \right] \quad (1.12.)$$

$$1 \frac{м^2}{с} = 1 \cdot 10^4 ст$$
 (стокс)

Жылдамдық градиентінің таңбасы өзгеруіне қарамай, үйкеліс күші әруақта оң сан болуы тиіс, сондықтан теңдеудің оң жағына қажет таңбану қолдану керек. Мысалы, егер құбырдың көлденең қимасындағы ара қашықтықты қабырғадан өске қарай есептесе, жылдамдық градиенті оң сан $\left(\frac{du}{dn} > 0 \right)$ болады да (1.11.) формула былай жазылады:

$$\tau = \mu \frac{du}{dr}$$

Керісінше, өстен қабырғаға қарай есептесек $\frac{du}{dr} < 0$, сондықтан $\tau = -\mu \frac{du}{dr}$

Практикада сұйық тұтқырлығы Энглер градусы (°Е) арқылы өлшенеді. Судың шартты тұтқырлығы 1°Е. Сұйық тұтқырлығын вискозиметр деген аспаппен өлшейді.

Динамикалық тұтқырлық коэффициентіне кері шаманы аққыштық

коэффициенті, немесе аққыштық деп атайды.

Аққыштық сұйықтың шексіз деформациялана алатын қасиеті. Ньютонның заңы тура сызықты ламинарлық режимдегі біртекті сұйық қозғалысына тән. ал ерітінділері мол, немесе тасындысы көп, сұйық қоспалары үшін жанама жүктену басқа теңдеулермен өрнектеледі. Ондай сұйықтарды ньютондық емес сұйықтар деп атайды. Біз тек ньютондық сұйықтардың ғана қозғалысын қарастырамыз.

Г а з д ы ң с ұ й ы қ т а е р у і. Барлық сұйықтың өзіне газды сіңіріп, оны ерітетін қасиеті бар. Генри-Дальтонның заңы бойынша оны ерігіштік коэффициенті арқылы ажыратады.

$$K_e = \frac{W_G}{W_c}, \quad (1.13.)$$

Мұндағы W_G – еріген газдың көлемі;

W_c – сұйық көлемі;

K_e – ерігіштік коэффициенті, ол температураға байланысты.

Бұл заң сұйық температурасы тұрақты, түсірілген қысымның шамасы 30мПа дейін сақталады. Ал жалпы заң мына түрде жазылады

$$\frac{(W_G)_{p_1}}{(W_c)_{p_2}} = K_e^* \frac{p_2}{p_1}, \quad (1.14.)$$

Бұл жерде p_1 – эталонды қысым/мысалы атмосфералық/;

p_2 – сұйыққа түсірілген қысым;

$(W_G)_{p_1}$ – қысымы p_1 , температурасы T° – болғанда ерітілген газдың көлемі;

$(W_c)_{p_2}$ – қысымы p_2 , температурасы T° – болғандағы сұйық көлемі;

K_e^* – сұйық температурасы T° – кезіндегі газдың ерігіштік коэффициенті.

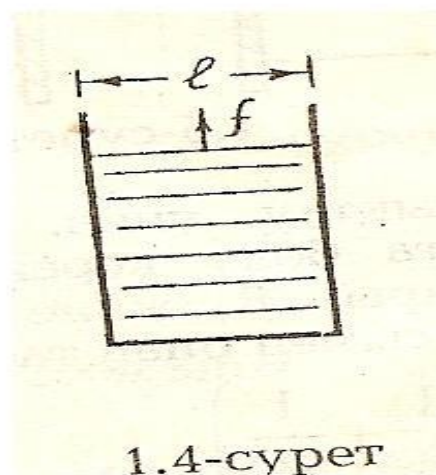
Температурасы 20°C , атмосфералық қысым түсірілген суда 1,6% ($K_e^* = 0,016$) ерітілген ауа (көлемі жағынан) болады. Температурасы көбейген сайын (0° тан 30° дейін) ауаның суда ерігіштік коэффициенті азаяды. Оттегінің суда ерігіштігі ауаға қарағанда жоғары. Сондықтан сұйық ауада атмосфералық ауаға қарағанда жоғары. Сондықтан сұйық ауада атмосфералық ауаға қарағанда, оттегінің мөлшері 50% көп. сұйыққа түсірілген қысым азайғанда, одан бөлініп шығатын газдың көлемі (1.14.) формула бойынша табылады. Бірақ газдың Судан бөліну процесі, оның суда еру процесінен қарқындылау.

Қ а й н а у. сұйықтың газ күйіне өту процесін қайнау деп атайды. Қайнауның екі түрі болады. Біріншісі: сұйыққа түсірілген қысымды сақтай отырып, температураны жоғарылату арқылы сұйықты газға айналдыру. Мысалы, атмосфералық қысымдағы су температурасын 100°C көтеріп, оны “ысытып қайнату”. Екіншісі: сұйық температурасын сақтай отырып, оған түсірілген қысымды кемсіту (қаныққан су қысымынан да ($P_{к.б}$) төмен) арқылы. Мысалы, 20°C суды жер бетінен жоғары көтеру арқылы оған түсірілген қысымды азайтсақ, онда h биіктіктен бастап ($P_{к.б} = 2,33\text{кПа}$)” салқын

қайнау” басталар еді. Басқа сөзбен айтқанда, сұйық қысымы $P_{к.б}$ дейін кемігенде ($T^{\circ}C = \text{const}$), сұйық ішінде бу мен газ түйіршіктері пайда болады, қайнайды.

Сұйықтың “салқын қайнау” процесі су машиналарында жиі кездеседі және өте зиянды. Өйткені кейбір жағдайларда (су сорғыштарда, су турбиналарында, су элеваторларында) су үлкен жылдамдықпен ағып, жергілікті жерде қысым азайып, газ бен бу түйіршіктері пайда болады. Сәлден соң ол түйіршіктер қысымы көп ортаға тап болып, тез арада, бу суға айналып, түйіршік көлемі күрт азаяды, жергілікті жерді жиі-жиі үлкен қысыммен соққылайды. Бұл құбылысты кавитация деп атайды. Мұндай соққы өте жиі және қарқынды болған жағдайда машина бөлшектері беріктілік жағынан шаршап, қотырланады, кедір-бұдырлары арып, кейде мүлдем істеп шығады, кавитациялық эрозияға ұшырайды. Болашақ инженер су машиналарын, тағы басқа су құрылымдарын жобалағанда кавитациялық эрозияны болдырмау жағын қарастыруы керек. Ол үшін су құрылымдарын және машиналарын гидравликалық есептеудің тиімді әдістерін толық игері ләзім.

Б е т т і к ж и ы р ы л у ж әне к а п и л л ы р л ы қ. Сұйық әрқашан өзінің еркін бетінің ауданын азайтуға тырысады, оны беттік жиырылу деп атайды. Сұйық бетіндегі жұқа қабатқа тіктеме бойымен, сұйық ішіне бағытталған, молекулалық қысым деп аталатын қорытқы, қысым әсер етеді. Оның табиғатын Ашу үшін сұйықтың еркін бетін жиыруға тырысатын жұқа, қатты бет қабыршақпен қапталған деп есептейік. Осы қабыршақ сұйық бетіне қалай әсер етсе, сұйықты сфералық формаға келтіретін молекулалық қысым күштері де сұйыққа солай әсер етеді делік. Осы тұрғыдан қарап, көптеген су құбылыстарын терең түсінуге болады. Мысалы, сабын көбігіне батырылған рамада (1.4-сурет.) жұқа қабыршақ пайда болады. Егер осы



1.4-сурет

Қабыршақты жоғары жағынан ұзындығы l сымтемірге тіркелген f күшімен тартып тұрмаса, ол жиырылып төмен жағына жылжиды.

Жиырылған қабыршақты тепе-теңдік қалыпта ұстап тұру үшін сұйық бетіне жанама бағытпен оның шекара сызығына f күш түсіру керек; бұл күш беттік жиырылу күші деп аталады.

Қабыршақтың шекара сызығы l неғұрлым ұзын болса, бұл күш те соғұрлым

үлкен

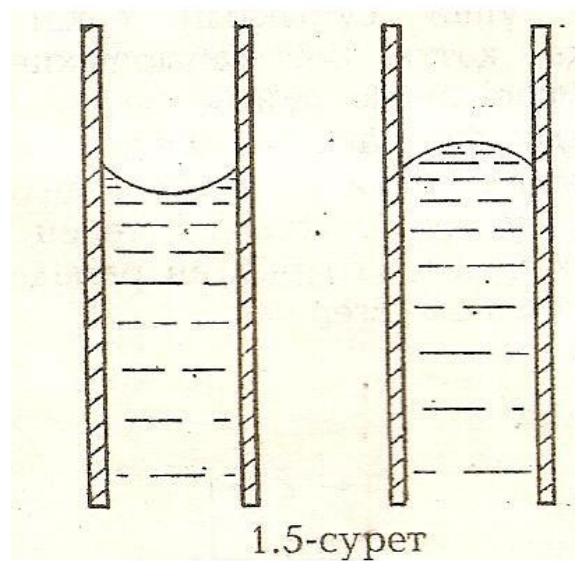
$$f = a\ell \quad (1.15.)$$

Мұндағы a - беттік жиырылу коэффициенті;оның шамасы сұйықтың температурасына байланысты

$$a = a_0 - \beta\Delta T \quad (1.16.)$$

Температурасы 0°C су үшін $a_0 = 0,076 \frac{n}{m}$; $\beta = 0,00015 \frac{n}{m^\circ\text{C}}$

Сұйыққа жұқа жазық сызықты қабыршақтың түсіретін қысымынан гөрі беті имек қабыршақтар көбірек қысым түсіреді; бет дөңес болса,бұл қосымша қысым сұйықт ыжоғары көтереді (1.5-сурет). өйткені беттік жиырылу күші сұйықтың еркін бетінің ауданын азайтуға,горизонтальды қалыпқа түсіруге тырысады.



1.5-сурет

Бұл қысымды анықтау үшін (1.15.) формуланың екі жағында беттік ауданға бөлу керек. Егер сұйықтың еркін қысық бетінің радиустарын R_1 және R_2 деп белгілесек,онда қысым Лаплас формуласымен оңай табылады:

$$p = a \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (1.17.)$$

Цилиндрлі құбыр үшін $R_1 \rightarrow \infty, R_2 = R$. сондықтан (1.17.) формула мына түрге енеді:

$$p = \frac{a}{R}.$$

Сфералық шар үшін $R_1 = R_2 = R$. онда

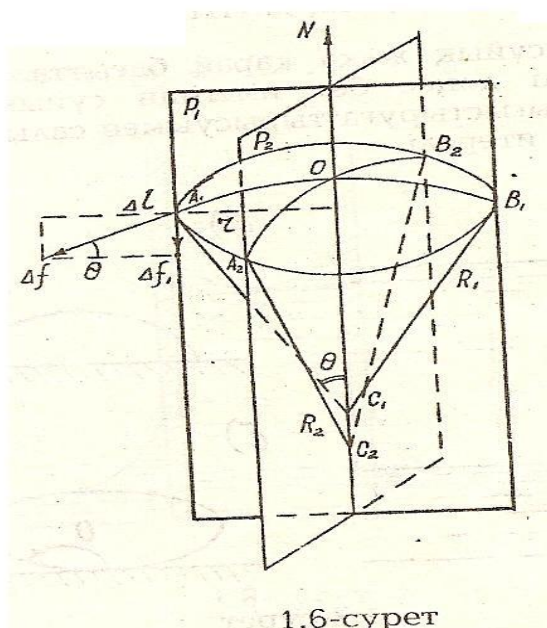
$$p = \frac{2a}{R}. \quad (1.18.)$$

Бұл формуланы басқа жолмен де алуға болады. Ол үшін түтік ішіндегі сұйық бетін қарастырайық(1.6-сурет).

Сұйық беті дөңес болғандықтан Δf_1 күші түтік қимасының ауданына (ΔS)

қосымша қысым түсіреді:

$$p = \frac{f_1}{\Delta S} = \frac{f_1}{\pi r^2}. \quad (1.19.)$$



Мұнда

$$f_1 = 2a\pi r \sin \theta,$$

Өйткені

$$\Delta f_1 = \Delta f \sin \theta = a l \sin \theta,$$

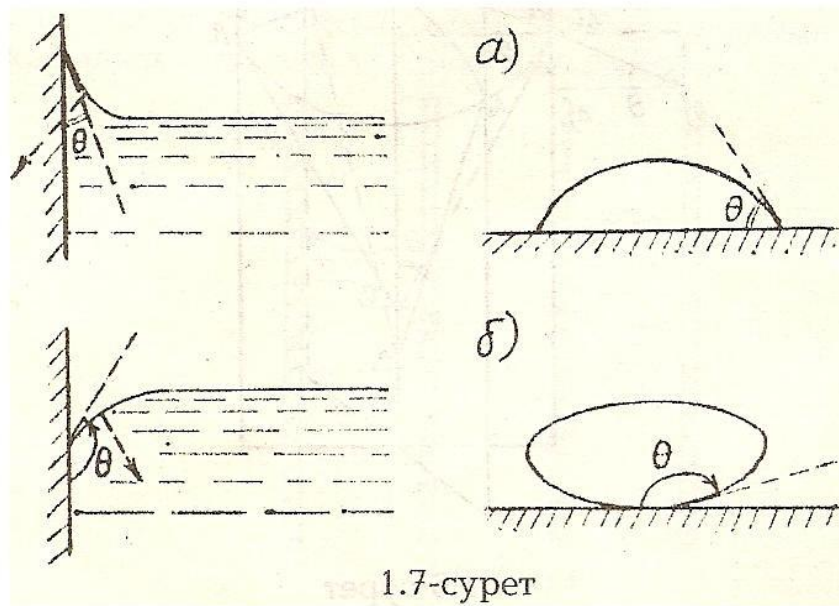
$$\sin \theta = r/R_1$$

Енді f_1 дің мәнін (1.19.) формулаға қойсақ ,қайтадан (1.18.) формуланы алар едік.

Сұйықтың бетік жиырылу күшімен оның капиллярлығы тығыз байланысты.

Капиллярлық –сұйық пен қатты дене шекарасында болатын құбылыс. Оның табиғатын түсіну үшін қатты дене ме сұйық арасындағы молекулааралық қатынастың екі түрі болатынын еске алайық: 1)сұйық молекулаларының арасындағы өзара әсер күштері сұйық пен қатты дене молекулаларының арасындағы өзара әсер күштерінен артық;2)сұйық молекулаларының арасындағы өзара әсер күштері сұйық пен қатты дене молекулаларының арасындағы өзара әсер күштеріне кем.

Бірінші жағдайда сұйық қатты дене жұқпайды $\left(\theta \geq \frac{\pi}{2}\right)$, қорытқы күш сұйық жаққа қарай бағытталған (1.7,а-сурет). Мұны серіппелі дөңес бет имегінің сұйықты горизонталь деңгейге дейін ығыстыруға тырысуымен салыстыруға болады. Сұйықты төмен итереді.



1.7-сурет

Екінші жағдайда сұйық қатты денеге жұғады $\left(\theta \leq \frac{\pi}{2}\right)$ (1.7,б-сурет), қорытқы күш қатты денеге қарай бағытталады. Серіппелі ойыс бет имегі горизонталь деңгейге дейін көтеріледі, орнықтылыққа тырысады, сондықтан сұйық жоғары көтеріледі. Кең ыдыстағы сұйықтың жазық бетінің астында қосымша қысым болмайтындықтан сұйық түтіктің бойымен қосымша қысымды теңестіретіндей биіктікке (h) ріледі. Биіктің h сұйық бағанасының салмағы $|\rho gh\omega|$ қосымша қысым күшімен $|\rho\omega|$ тепе тең болуы шарт,

Яғни

$$\frac{2a}{R} = \rho gh.$$

Түтіктің радиусын r деп, жиектің бұрышты θ деп белгілесек (1.8,-сурет),

$$R = \frac{r}{\cos \theta}$$

Радиустың бұл мәнін алдыңғы формулаға қойып сұйықтың көтерілу биіктігін табамыз

$$h = \frac{4a \cos \theta}{\rho gh}, \quad (1.20.)$$

Мұндағы d -түтік диаметрі, $d=2r$.

(1.20.) формуладан түтіктің диаметрі неғұрлым кішкене болса, сұйық соғұрлым биігірек көтерілетіндігі көрінеді. Сондықтан сұйықтың көтерілу биіктігі әсіресе өте жіңішке түтіктерде жақсы байқалады.

Осындай жіңішке түтіктер капилляр түтіктер деп аталады, бұл латынның шаш-сарillus деген сөзінен шыққан. Сұйықтың жіңішке түтіктегі деңгей биіктігінің өзгеріс құбылысы-капиллярлық деп аталады.

Сұйық түтікке толық жұғатын жағдайда $(\theta = 0^\circ)$ (1.20.) формула мына түрге өнеді:

$$h = \frac{2a}{\rho g r} \quad (1.21.)$$

Бұл формуланың маңызы өте зор. Мысалы жер аст ысулары осы капилляр түтіктері арқылы жоғары көтеріледі; өсімдіктер мен ағаштардың ұшына дейін ылғал капилляр түтіктері арқылы тарайды. әр өсімдіктің, ағаш түрлерінің капилляр түтіктерінің диаметрлерінің, беттік жиырылу коэффициенттерінің табу келелі мәселе.

Су ерекшеліктері. Әдетте суды H_2O молекулаларынан құралатын зат деп есептейді. Егер біз сутегі мен оттегінің әртүрлі изотоптарының ($H^1, H^2, H^3, O^{16}, O^{17}, O^{18}$) барын ескерсек, олардың әртүрлі молекулалық құрамы болатынына көзіміз жетеді. Судың 36 түрі болуы мүмкін. Табиғаттағы судың 99,7 пайызы $H_2^{16}O$ молекулаларынан тұрса, қалған 0,3 пайызы басқа молекулаларының үлесіне тиеді.

Су кәдуілгі қарапайым зат емес, оның қасиеттері де алуан. Температура мен қысымға байланысты ол мұз (қатты) сұйық және бу (газ) күйінде кездеседі. Судың ең үлкен тығыздығы $4^\circ C$ -болады. Су температурасы $4^\circ C$ -ден көп болған сайын көлемі көбейіп, тығыздығы азая береді, ал температурасы $4^\circ C$ -ден $0^\circ C$ -дейіназайғанда көлемі азаймайды. Су мұз болып қатқанда оның көлемі 10 пайыздай көбейеді. Сондықтанданда қыста құбырдағы судың қатып қалмауының жағдайын жасау керек. Суға түсірілген қысымды 19,6 мПа дейін көбейтіп судың қату температурасын түсіруге болады, ал қысым 19,6 мПа-дан көп болса, қату температурасы көтеріледі.

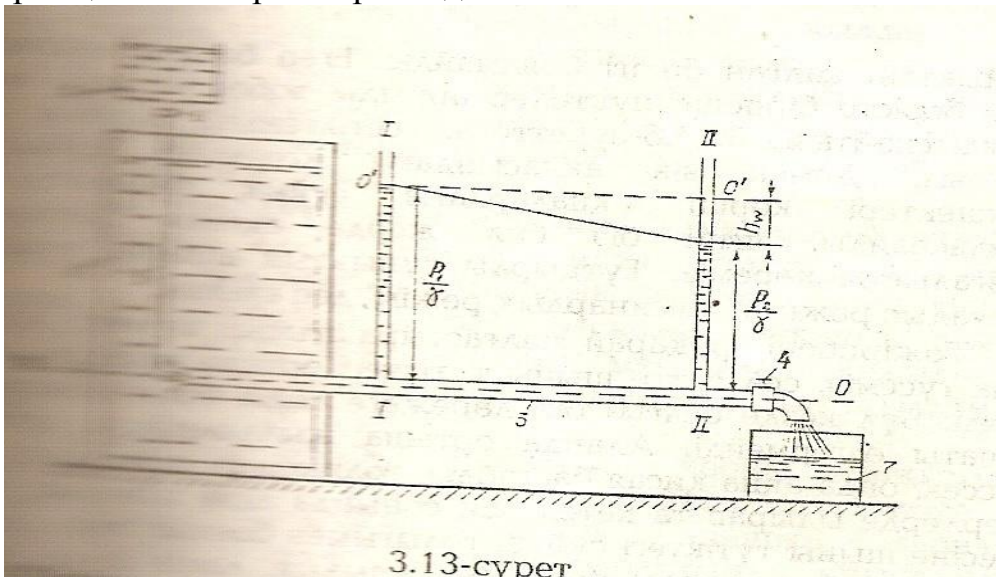
Тұщы сулы сусақтағыштарда $4^\circ C$ -де конвекция тоқтайды, өйткені судың астыңы қабаттарында тығыздық үстіңгі қабаттарындағыдан көп. теңіз суы $1,9^\circ C$ -қатады, ал жер асты капиллярларларында су кейде $+4,4^\circ C$ -қатып қалады.

Судың жылу сиымдылығы өте үлкен, мысалы темірден 10 есе көп, сынаптан 33 есе, спирт пен глицериннен 3,3 есе көп. су өте күшті еріткіш. Оны күнделікті мірден білеміз, сол үшін затты сумен жуып тазарту кеңінен қолданылады. Бірақ судың бұл қасиеті гидротехникалық құрылымдарда, су машиналарында, құбырларда кері әсер етеді. Оның мәнісі мында. Суда әртүрлі ерітілген заттар болады. Мысалы ауа құрамында оттегі мол, ол металдарды коррозияға ұшыратады, ал тұз ерітінділері мен қатты түйіршектер құбырдың қалыңдығын өсіріп жібереді. Мұның бәрі түбінде құбырдың су өткізгіштік қабілетін түсіреді. Осы мәселелерді ғылыми тұрғыдан дұрыс шешу күн тәртібінен әлі түскен жоқ. Және бір айта кететін нәрсе, ол су қасиеттерінің магнит өрісінің әсерімен өзгеруі. магнит өрісінен ағып өтен судың тұтқырлығы азаяды, сондықтан су фильтрациясының жылдамдығы артады, су өтімі көбейеді. Ондай суды әртүрлі қондырғыларда коррозияны азайту үшін пайдаланады. Соңғы жылдары магнит өрісімен өңделген суды ауыл шаруашылығында егістік өнімділігін арттыру үшін пайдаланып жүр.

Табиғатта сұйық қозғалысының екі түрлі режимі бар: ламинарлық және тұрбуленттік. Ламинарлық режимдегі ағын, ақпалар жиынтығы, немесе қабаттар жиынтығы, түрінде қозғалады. Кейбір жеке бөлшектердің

траекториялары арна қабырғасы бойымен бағытталады. Түрбуленттік режимде ағынның «ақпалық» тұрпаты бұзылады, барлық ақпалар араласып, қозғалыстағы бөлшектердің траекториялары аса күрделі пішінге ие болады.

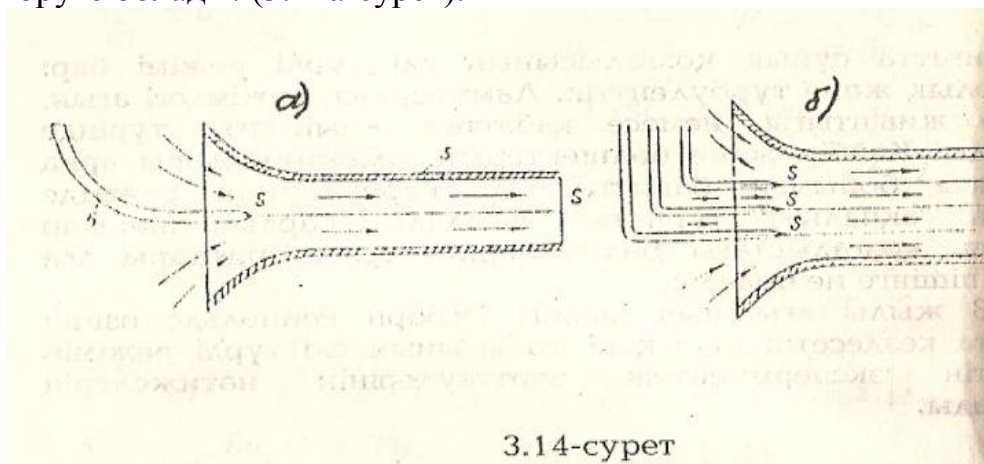
1883 жылы ағылшын физигі Осборн Рейнольдс өзінің табиғатта кездесетін сұйық қозғалысының екі түрлі режимін көрсететін эксперименттік зерттеулерінің нәтижелерін жариялады.



3.13-сурет

О.Рейнольдс зерттеулері үш нүкте 13-суретте көрсетілген арнайы құрылымда жүргізілген нүкте. Құрылым зерттелінетін сұйық толтырылған үлкен бактан (1) және бояйтын зат құйылған кішкене ыдыстан (2) тұрады. Үлкен бактан тұрақты диаметрлі дөңгелек шыны түтікше (3) шығады. Осы түтікшеде ағып шығатын сұйықтың өтімін реттеу үшін оның сол жағына шүмек (4) орнатылған. Сұйық өтімін өлшеуіш ыдыс (7) арқылы өлшейді. Сұйық жатық енуі үшін шыны түтікшенің кіре берісі құйғыш тәрізді етіп жасалынған. Құйғышқа кіші ыдыстан жіңішке түтікше (5) арқылы бояғыш зат жеткізіліп, тәжірибе кезінде сұйықты бояйды.

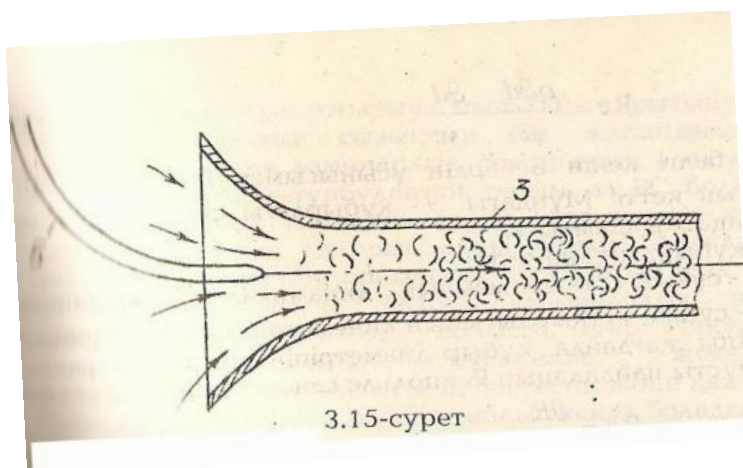
Тәжірибені әдетте аз жылдамдықтан бастайды. Ол үшін шүмекті сәл ғана ашып, бір мезгілде түтікше арқылы бояғыш затты да қоса жібереді. Сол кезде, үш түтіктен (қозғалыстағы сұйық ішінен) айқын байқалатын боялған $s-s$ ақпасын көруге болады. (3.14а-сурет).



3.14-сурет

Сұйықтың қалған бөлігі боялмайды. Егер бояуды құйғышқа кіре берісте бірнеше нүктелер арқылы жіберсек, онда өзара қиылыспайтын, 3.14.б-суретте көрсетілгендей, ақпалар ($s-s$) аламыз. Демек $s-s$ ақпасындағы қозғалған сұйықтың бөлшектері көрші ақпалардағы сұйық бөлшектермен араласпайды, яғни біз бұл жерде ақпалы (қатпарлы) қозғалысты көреміз. Тұтқырлы сұйықтың ақпалар түріндегі қозғалыс режимін ламинарлық режим * деп атайды.

Тәжірибені әрі қарай жалғастыра отырып шүмекті көбірек аша түсеміз, сол сәтте шыны түтіктегі орташа жылдамдық та өседі. Бұл жерде белгілі бір дәрежеге дейін боялған ақпаның сипаты өзгермейді. Алайда орташа жылдамдықты арттыра түссек, онда ақпа қисая бастайды, толқындық сипат алып, қай жерлерде ыдырап таетеді. Ең соңында ақпа жоғалып, оның есесіне шыны түтіктегі сұйық толығымен боялып шыға келеді. Бұл жағдайда ақпалы қозғалыс бұзылып, ламинарлық режим тұрбуленттік режим, сұйық бөлшектерінің аса күрделі траекторияларымен қозғалуы салдарынан болақтың, сұйықтың қарқынды араласуымен сипатталады. Бөлшектер ағынға көлденең бағытта араласып, өзінің жалпы алға қарай қозғалысында, қым-қиғаш күрделі жолдарды жүріп өтеді.



Бұл тәжірибе қозғалыстың ламинарлық режимінің, орташа жылдамдық белгілі бір шамаға жеткенде тұрбуленттік режимге өтуін көрсетеді. Тәжірибені кері бағытта да жасап көруге болады, ол үшін бақылауды орташа жылдамдықтың үлкен мәнінен бастап, кейін біртіндеп кеміте түсу керек. Басында сұйық түгелдей боялып, тұрбуленттік режимді байқаймыз. Жылдамдық кеміген сайын толқын тәрізді ақпа дараланып көріне бастайды, соңында ламинарлық режимге тән орныққан айқын ақпаны аңғарамыз .

Алайда бір айта кететін жәйт, ламинарлық режимнің тұрбуленттікке өтуі үшін қажетті орташа жылдамдық турбуленттік режимнен ламинарлық режимге өтуге қажетті орташа жылдамдықтан артық. Басқаша айтқанда ағынды ламинарлық режимнен ауытқытудан гөрі қозғалыстың турбуленттік режимін «тыныштандыруға» аз жылдамдық қажет.

Ламинарлық режим практикада көбіне тұтқырлығы жоғары сұйықтардың (мұнай, бетум, майлар, мазот және т.б) қозғалысында, сандай-ақ судың жіңішке

каплляр түтікшелерінде және жер-топырақтың қуыстарынан жылжығанда байқалады.

Турбуленттік режим өмірде жиі кездеседі. Мысалы, құбырларда, түрлі арынды су жеткізетін жүйелерде каналдармен өзендерде, күнделікте судын практикада кездесетін судың кәдімгі жылдамдықпен қозғалысында, турбуленттік режим орын алады.

$$Re = \frac{\rho \mathcal{R} d}{\mu} = \frac{\mathcal{R} d}{\nu} \quad (1.11)$$

Бұл белгі кейін Вебердің ұсынысымен Рейнольдс саны деп аталып кетті. Мұндағы ν – құбырдағы сұйық қозғалысының орташа жылдамдығы;

d – құбырдың диаметрі;

μ – сұйық тұтқырлығының динамикалық коэффициенті

ν – сұйық тұтқырлығының кинематикалық коэффициенті.

Дөңгелек құбыр қиылысы үшін $Re_{кр} \approx 2300$.

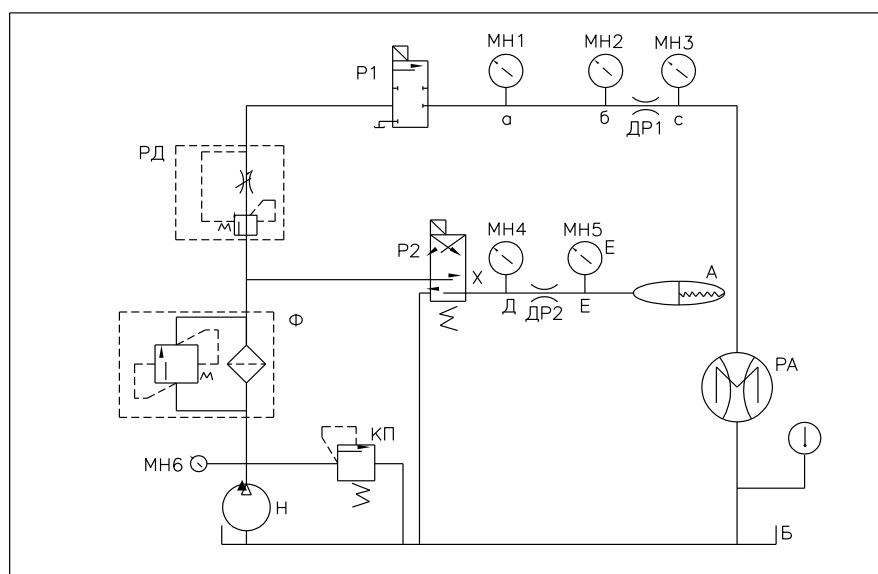
$Re < Re_{кр}$ кезде ағыс ламинарлы болады, $Re > Re_{кр}$ - кезде турбулентті, егер $Re=2300-4000$ онда критикалық ауданның өтпелі кезеңі.

Нұсқа	1			2			3			4			5			6			7			8			9		
Q, айналым (шығын реттегіш)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
τ , мин	3			3			3			4			4			4			5			5			5		

3. Зертханалық қондырғының сипаттамасы.

Стенд сұйықтықтың ағу режимін тәжірибе жүзінде анықтауға арналған.

Зсуретте гидравликалық стендтің сұлбесі көрсетілген.



3 Сурет. Гидравликалық стендтің сұлбесі

Стендтің құрамына Б гидробок кіреді, шестеренчатый үрлегіш Н, сүзгі Ф, сақтандырғыш клапан КП, шығын реттегіш РР, екі гидроорналастырғыш Р1 и Р2, пружинді аккумулятор А, екі гидродроссель ДР1 және ДР2, құбырлар (соның ішінде анықтайтын учаске авс құбыры ДР2 дроссельмен орнатылған). Үрлегіш электроқозғалтқышпен жіске қосылады.

Стендтің ақпараттық-өлшеуіш жүйесі 6 манометрмен қосылады (МН1-МН6, МН5-электроконтакты манометр), шапшаң типтегі шығын өлшегіш РА, термометр Т және электронды секундомер.

Гидроорналастырғыш Р1 және Р2 тумблерлермен іске қосылады.

Электронды секундамер екі режимде жұмыс істейді- қолмен қосатын және автоматты (көрсетілген режимдер тумблердің жоғарғы панелінде орналасқан). «РУЧН» күйде тұрған секундамер РА қандайда бір анықталған уақытта құбырдан өткен сұйықтықтың шығынын анықтайды.

Секундамердің қосылуы тумблердегі «ВКЛ» қоспасымен қосылады, тәжірибе басталғанда «Счет» бастапқы уақытты қосамыз. Анықтайтын уақытымыз берілген секундқа жеткенде, жаңа тәжірибеге «Сброс» кнопкасын басып жаңадан уақытты анықтаймыз.

«АВТ» күйдегі тумблер кезінде секундомерді пружинды аккумулятордың уақытын анықтау үшін қолданылады (сонымен қатар тумблердегі Вкл) и «Счет» қосылып тұруы қажет). Секундамердің қосылуы және өшіруі МН5 электроконтакты манометрмен іске асады.

Жүйеде номиналды қысым 1 МПа (1,1 МПа дейін рұқсат етіледі). Қысымды сақтандырғыш клапанда орнатылған реттеуіш винт көмегімен орнатады. Винт контргайка көмегімен сенімді орнатылуы тиіс.

Назаар аударыңыздар! Стендтке жоғарғы қысымды орнататын болсаңдар манометрлер істен шығуы мүмкін.

Стенд 380 В кернеумен қоректенеді, айнымалы тоқ жиілігі 50 Гц. Электромагниттік гидроорналастырғыш 24 В кернеуімен қоректенеді (тоқ тұраулықты).

Жұмыс істеуге болатын сұйықтықтар: минералды май МГЕ – 46 В, МГ – 30 У, М – 8 В. Жұмыста минералды веретенный май М-8В қолданылады, 20°C май қысымы $\rho=885 \text{ кг/м}^3$, ал оның кинематикалық тұтқырлығы $\nu=8,5 \text{ сСт}$.

Гидробактың сыйымдылығы – 70 дм³ (литров).

4. Жұмыстың орындалу тәртібі..

Тәжірибені өткізу үшін қажетті:

- стендті тоққа қосу қажет;
- электроқозғалтқышты қосу («ПУСК» қоспасымен):
- гидроорналастырушыны қосу (Р1 тумблері «Вкл» күйінде);
- стендке 5-6 минут жұмыс істеп тұру қажет.
- авс құбыры арқылы өтетін сұйықтықтың көлемінің мәнін өлшеп, жазып алу қажет. Сұйықтықтың көлемін РР шығын өлшеуішпен анықтаймыз және уақытын секундамермен анықтаймыз.

Тәжірибені түрлі шығында өлшеп анықтаймыз

Әрбір тәжірибеде сұйықтықтың ыстықтығын анықтаймыз.

Анықталған мәндерді таблицаға енгіземіз.

Барлық тәжірибелерді орындағаннан кейін секундамерді өшіріп, электроқозғалтқыш пен стенді тоқтан өшіреміз.

Тәжірибе көрсеткіші

№ n/n	Берілген сұйықтың көлемі V, л	Сұйықты қтың ағып өту уақыты τ, сек	Қысым P, МПа			Сұйықтық ыстықтығы t°С	Сұйы қтық тың қозға лу жылд амды ға v, м/с ек	Re	Сұйықтық тың қозғалыс режимі	Сұйықт ықтың кинемат икалық тұтқырл ығы v · 10 ⁻⁴ , м ² /с
			P a	P b	P c					
1										
2										
3										

Жалпы жағдайда сұйықтың қозғалыс режимі сұйықтың қозғалу жылдамдағана, өлшеміне, тығыздығына және сұйықтың тұтқырлығына тәуелді болады. Сұйықтың қозғалыс режимі Рейнольдс санымен сипатталады:

$$Re = \frac{\rho v R}{\mu}, \quad (1.22)$$

мұндағы:

R – ағыстың гидравликалық радиусы (дөңгелек құбыр үшін R=d/4);

μ - динамикалық тұтқырлық;

ρ - сұйықтың тығыздығы, кг/м³;

v - сұйықтың қозғалу жылдамдығы, м/с.

$$v = V/S\tau, \quad (1.23)$$

мұндағы:

V- сұйықтың көлемі, л;

S- құбыр ауданы, м²;

$$S = \pi r^2$$

$$(1.24)$$

мұндағы:

r- құбырөткізгіш радиусы, мм.

1. ν тан $t^{\circ}\text{C}$ тәуелді таблицасы

$t^{\circ}\text{C}$	$\nu \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с}$
0	0,0178
5	0,0152
10	0,0131
12	0,0124
15	0,0114
20	0,0101
30	0,0080
50	0,0055
100	0,0028

Рейнольдс саны шексіз өлшем бірлік. Дөңгелек цилиндралы құбыр үшін, d -ішкі диаметрімен:

$$\text{Re}_d = \frac{\nu d}{\nu} \text{ және } \text{Re} = 4 \text{Re}_{d_d} \quad (1.25)$$

ν - сұйықтықтың кинематикалық тұтқырлығы

$$1 \text{ литр} = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ сСт} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$$

6. Бақылау сұрақтары:

1. Гидроститикалық қысым деп қандай қысымды атаймыз?
2. Қысымның өлшем бірліктері және өлшеуіш құралдары қандай?
3. Сұйықтың қандай қасиеттерін білесіз?
4. Табиғатта сұйық қозғалысының неше түрі бар?

7. Зертханалық жұмысты дайындау талаптары:

1. Тақырыбы және жұмыстың мақсаты.
2. Теориялық анықтамасы.
3. Тапсырма.
4. Стенд сұлбесі.
5. Сұлбелер мен графиктер.
6. Есептеулер.
7. Қорытынды.

Әдебиеттер:

1. Ә.Әбдіраманов. Гидравлика, Тараз-2000 жыл
2. Башта Т.М. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы. М, Машиностроение, 1970 г.
3. В.Е. Егорушкин., Б.И. Цеплович Основы гидравлики и теплотехники. М. Машиностроение 1981 г.

4. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередат. Под ред. С.С. Руднева и Л.Г. Подвиза.- М..1974 г.

№ 2 Зертханалық жұмыс

Тақырыбы: «Құбырдың пьезометрлік еңістік пен қысымын құру»

1. Жұмыстың мақсаты:

1. Пьезометрлік биіктікті анықтау.
2. Физикалық геометриялық және пьезометрлік қысымын толық мәнін анықтау.
3. Тәжірибе жүзінде құбырдың пьезометрлік еңістігі мен қысымын анықтау.

2. Теориялық анықтама:

Бірқатар практикалық есептерді шешу үшін гидростатиканың негізгі дифференциалдық теңдеуін (2.9) төмендегі түрге келтіріп жазайық

$$dp = \rho \left(\frac{\partial \Pi}{\partial x} dx + \frac{\partial \Pi}{\partial y} dy + \frac{\partial \Pi}{\partial z} dz \right) \quad (2.1)$$

Немесе

$$dp = \rho d\Pi$$

Бұл теңдеудің интегралы

$$p = \rho \Pi + C \quad (2.2)$$

Мұндағы C -тұрақты шама. Оны табу үшін шекаралық шартты пайдалану керек, басқа сөзбен айтқанда, сұйықтың қандай да бір нүктесіндегі қысымның шамасы P_0 және соған сәйкес потенциалдық функцияның мәні Π_0 белгілі болуы керек. Сондықтан (2.12)-ден

$$C = p_0 - \rho \Pi_0 \quad (2.3)$$

Енді осы C -ның мәнін /2.12/ теңдеуіне апарып қойсақ,

$$p - p_0 = \rho(\Pi - \Pi_0) \quad (2.4)$$

Демек, тыныштық күйдегі біртектес сұйыққа қысымның таралуы потенциалдық функцияның өзгеру заңына сай болады.

Бұданшықты, (2.14) теңдеудің көмегімен, потенциалдық функцияның мәндері Π мен шекаралық шарттар (P_0, Π_0) белгілі болған жағдайда, кез-келген нүктедегі гидростатикалық қысымдары бірдей ($p = const$) нүктелерді теріп алып, олар арқылы бет жүргізсек, онда ол бет тең қысымдар, немесе тең потенциалдар беті (кейде деңгей беті) деп аталады. тек қысымдар бетін математикалық түрде (2.11) байланыстылығы арқылы жазуға болады, тек ол үшін ($p = const$) болғандықтан dp -ның орнына нөл қою керек. Онда тең қысымдар бетінің дифференциалдық теңдеуі төмендегідей болар еді:

$$\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = 0 \quad (2.5)$$

Мысал ретінде сұйықтың еркін бетін келтіруге болады: бұл беттің барлық нүктелеріндегі қысым бірдей, ол атмосфералық қысымға тең ($p = p_a$), ал $dp=0$.

Практикалық маңызы бар сұйық тепе-теңдігінің ауырлық күш әсеріндегі

дербес жағдайын қарастырайық. Айталық сұйық жабық ыдыстың ішінде болсын (2.6-сурет). Сұйық бетіне түсіп тұрған қысымның атмосфералық қысымнан айырмасы бар делік ($p \neq p_a$). Онда масса бірлігіне шаққандағы көлемдік күштің (біздің жағдайымызда ауырлық күшінің) x және y өстеріне проекциялары нөлге тең болады

$$X = \frac{\partial \Pi}{\partial x} = 0, \quad Y = \frac{\partial \Pi}{\partial y} = 0,$$

Ауырлық күшінің (масса бірлігіне келтірілген) z өсіне проекциясы

$$Z = \frac{\partial \Pi}{\partial z} = -g.$$

Демек, гидростатиканың негізгі дифференциалдық теңдеуі (2.11), қарастырып отырған жағдай үшін, мынадай түрге енеді

$$dp = -\rho g dz, \quad (2.6)$$

Немесе

$$dz + \frac{1}{\rho g} dp = 0 \quad (2.7)$$

Бұл теңдеу тек ауырлық күшінің ғана әрекетімен болатын сұйық тепе-теңдігінің дифференциалдық теңдеуі. Ол (2.8) теңдеулер жүйесінің үшіншісінен оңай шығып тұр. (2.17) теңдеудің интегралы

$$z + \frac{p}{\rho g} = C. \quad (2.8)$$

Сұйық бетіндегі шекаралық шарттар бізге белгі: $z = z_0$, болғанда, қысым. Ендеше

$$C = z_0 + \frac{p_0}{\rho g}. \quad (2.9)$$

Енді C -ның мәнін (2.18)-ге қойсақ

$$z + \frac{p}{\rho g} = z_0 + \frac{p_0}{\rho g},$$

Немесе

$$p = p_0 + \rho g(z_0 - z) \quad (2.10)$$

Сұйық ішіндегі кез келген A нүктесі (2.6-сурет) үшін $h = z_0 - z$ екенін ескеріп, (2.20) тәуелділікті былай жазуға болады

$$p = p_0 + \rho gh. \quad (2.11)$$

Бұл теңдеуді (2.16)-дан тікелей интегралдау әдісімен оңай алуға болады. (2.21) гидростатиканың негізгі теңдеуі деп аталады. мұндағы p дегеніміз A нүктесіндегі абсолюттік гидростатикалық қысым. Ол сұйық бетіндегі қысым P_0 мен сұйықтың өз салмағынан туындайтын салмақтық қысымды ρgh қоса есептегендегі шамаға тең. Басқаша айтқанда, сұйық бетіне түсірілген сыртқы қысымның өзгеруі, тыныштық күйдегі сұйықтың барлық нүктелеріндегі қысымды дәл сондай шамаға өзгертеді. Бұл нәтиже Паскаль заңы деген атпен белгілі. Абсолюттік гидростатикалық қысым мен атмосфералық қысымның айырмасын артық гидростатикалық, немесе манометрлік қысым деп атайды, ол

атмосфералық қысыммен салыстырғандағы артық қысымды танытады. Егер абсолюттік қысымды $p_{абс}$ деп белгілесек, онда мынадай теңдік жазуға болады:

$$P_{абс} = P_{AT} + P_{ар} \quad (2.12)$$

Немесе

$$P_{ар} = P_{абс} - P_{AT} \quad (2.13)$$

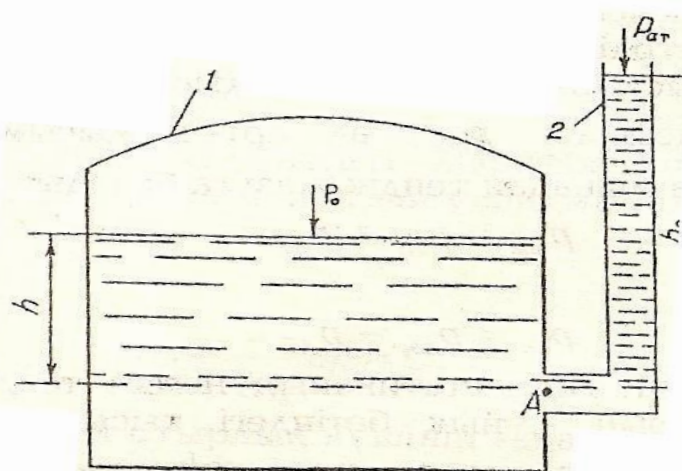
(2.22) тәуелділігін гидростатиканың негізгі теңдеуімен (2.21) салыстыра отырып, сұйық бетіндегі қысым атмосфералық қысымға тең болған кезде, $p_{ар} = \rho gh$ екенін анықтаймыз. Демек, осы жағдайда, сұйық ішіндегі гидростатикалық қысым, қарастырып отырған нүктенің үстіндегі ρgh су бағанасынан ғана тұрады, сондықтан артық қысым салмақтық қысымға тең болады.

Егер, сұйық бетіндегі қысым, атмосфералық қысымнан көп болса, $p_0 = P_{AT} + \Delta p_0$ онда

$$P_{ар} = \Delta p_0 + \rho gh. \quad (2.14)$$

Сонымен бұл жердегі артық қысым $p_{ар}$ сұйық бағанасы (ρgh) мен қысым айырмасынан (Δp_0) құралады. Практикада “артық қысым” көп қолданылатындықтан, алдағы уақытта, оны жәй ғана p деп “ар” индексінсіз белгілейтін боламыз.

Сұйық бетіне атмосфералық қысымнан (p_{AT}) артық қысым P_0 түсіп тұрған жабық ыдысты (1) қарастырайық (2.7-сурет). Ыдыстың А нүктесінен тесік жасалынып, оған, жоғарғы жағы ашық түтікше (2) жалғанған. Әлбетте, сұйық оның бойымен h_p биіктікке көтеріледі. Өйткені сұйық бетіндегі қысым атмосфералық қысымнан көп ($p_0 > p_{AT}$).



2.7-сурет

Сұйық көтерілетін түтікшені пьезометрлік биіктік деп атайды. А нүктесіндегі гидростатикалық қысымды тәуелділігі арқылы табамыз

$$P_{a\bar{b}c} = P_{AT} + \rho gh_p, \quad (2.15)$$

Немесе

$$h_p = \frac{P_{a\bar{b}c} - P_{AT}}{\rho n} \quad (2.16)$$

А нүктесіндегі абсолюттік қысымды ($p_{a\bar{b}c}$) басқа жолменде табуға болады. Шынында, А нүктесіне ыдыстағы сұйық бағанасы мен сұйық бетіне түсіп тұрған P_0 қысымы әсер етіп тұрған жоқ па?

Олай болса

$$P_{a\bar{b}c} = P_0 + \rho gh$$

Тыныштық күйдегі сұйықтың А нүктесіне пьезометр жағынан да, ыдыс жағынан да қысым бірдей түседі, сондықтан

$$P_{AT} + \rho gh_p = p_0 + \rho gh.$$

Бұл теңдіктен

$$h_p = h + \frac{P_0 - P_{AT}}{\rho g} \quad (2.17)$$

Демек, пьезометрлік биіктік, А нүктесіндегі артық қысымды көрсетеді.

Енді пьезометр жалғанған ыдыс ашық болсын делік. Онда сұйық бетіндегі қысым атмосфералық қысымға тең болады ($p_0 = p_{AT}$), және де (2.3) өрнек мынандай қарапайым түрге енеді

$$h_p = h \quad (2.18)$$

Бұл жағдайда, пьезометрлік биіктік, сұйық ішіндегі қарастырылып отырған нүкте терендігіне тең болады. Инженерлік практикада, әртүрлі себептермен, қысымы атмосфералық қысымнан аз (вакуум) болатын облыстар (сиреген ауа, жылдамдығы кенет өсіп кеткен жағдайда) жиі ұшырасып отырады. Вакуум-атмосфералық қысым мен абсолюттік қысымның айырмасы.

$$P_{вак} = P_{AT} - P_{a\bar{b}c} \quad (2.19)$$

Басқа сөзбен айтқанда, вакуум-атмосфералық қысым мәніне жетпей тұрған абсолюттік қысымның шамасы.

Қалыптасқан қозғалыстағы идеал сұйықтың элементар ақпасы үшін энергияның сақталу мүмкіндігін қарастырамыз. Ол үшін теңдеулер жүйесінің бірінші теңдеуін dx -қа, екіншісін dy -ке және үшіншісін dz -ке көбейтеміз

$$\begin{aligned} \frac{du_x}{dt} dx &= Xdx - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} dy; \\ \frac{du_y}{dt} dy &= Ydy - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} dy; \\ \frac{du_x}{dt} dz &= Zdz - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial xz} dz; \end{aligned} \quad (2.20)$$

Енді теңдеулердің екі жағын да өзара қосып жазамыз

$$\frac{du_x}{dt} dx + \frac{du_y}{dt} dy + \frac{du_z}{dt} dz = Xdx + Ydy + Zdz - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) \quad (2.21)$$

Қалыптасқан қозғалыста ағын сызығы сұйық бөлшектерінің траекториясы болып табылады.

Сондықтан теңдеулерден

$$dx = u_x dt; \quad dy = u_y dt; \quad dz = u_z dt;$$

Осыны ескеріп, (4.2) теңдеуінің сол жақ бөлігін былай түрлендірейік

$$\frac{du_x}{dt} dx + \frac{du_y}{dt} dy + \frac{du_z}{dt} dz = u_x du_x + u_y du_y + u_z du_z = \frac{1}{2} d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) = \frac{1}{2} d(u^2). \quad (2.22)$$

Мұндағы $u^2 = u_x^2 + u_y^2 + u_z^2$.

Енді (1.2) теңдеуінің оң жағындағы $Xdx + Ydy + Zdz$ өрнегін қарастырайық. Ол 2.2-параграфта айтылғандай, күштік функцияның (Π) толық дифференциалы болып табылады

$$Xdx + Ydy + Zdz = d\Pi. \quad (2.23)$$

Қалыптасқан қозғалыста гидродинамикалық қысым (p) уақытқа тәуелсіз, сондықтан (2.7) теңдеуіндегі, жақша ішіндегі үшмүшелік қысымның толық дифференциалы

$$\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = dp. \quad (2.24)$$

Сонымен (7) теңдеуі мына түрге енеді

$$-d\Pi + \frac{\partial p}{\rho} + d\left(\frac{u^2}{2}\right) = 0. \quad (2.25)$$

Бұл дифференциалдық теңдеу сұйық ақпаның кез келген қимасы үшін жылдамдықтың (u), қысымның (p) және күштік функцияның (Π) өзара байланыстығын анықтайды. Алынған (2.11) дифференциалдық теңдеуді интегралдасақ мынадай қорытындыға келер едік

$$-\Pi + \frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2} = const. \quad (2.26)$$

(үш мүшенің өзара қосындысы ақпа бойындағы кез келген қима үшін тұрақты шама болғандықтан, 1-1 және 2-2 қималар үшін (4.1-сурет) оны былай жазуға болады

$$-\Pi_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = -\Pi_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2}, \quad (2.27)$$

Мұндағы $u_1, p_1, \Pi_1, u_2, p_2, \Pi_2$ - ақпанның 1-1 және 2-2 қималарындағы жылдамдықтар, қысымдар және күштік функциялар.

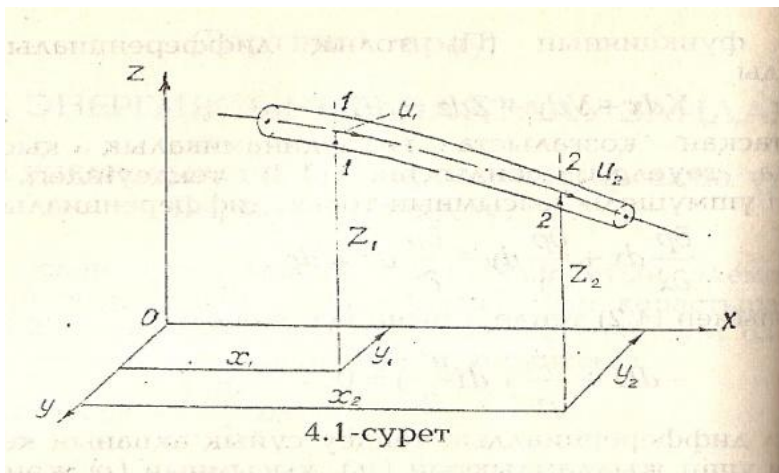
Енді 4.1-суреттерте көрсетілген элементар ақпаның гравитациялық өрісте қозғалысын қарастырайық.

Ол үшін координаталар жүйесін, атап айтқанда, z өсін жоғары бағытталатындай етіп орналастырайық. Сонда сұйыққа сыртқы күштер ретінде тек қана ауырлық күші әсер етеді, ал оның күштік функциясы (9)-ке сәйкес мынандай болады

$$\Pi = -gz. \quad (2.28)$$

Демек (4.8) тәуелділігі мына түрге енеді

$$gz_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = gz_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2}. \quad (2.29)$$



Жоғарыда айтылғандай теңдеудегі барлық қосылғыштар сұйық массаның бірлігіне келтірілген. Осы қосылғыштарды енді сұйық салмағының бірлігіне келтіріп жазайық (g-ға бөлейік)

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} \quad (2.30)$$

Бұл тәуелділік идеал сұйықтың элементар ақпасы үшін жазылған Бернулли теңдеуі деп аталады. оны ең алғаш 1738 жылы Санкт-Петербург ғылым Академиясының мүшесі Даниил Бернулли энергияның сақталу және бір түрден екінші түрге өту заңын, сұйық қозғалысына қолдану нәтижесінде тапқан болатын. Жоғарыда бұл теңдеу Эйлер теңдеулерінен қортып шығарылды. Бернулли теңдеуінің дүниеге келуі гидравликаны өз бетінше және ғылым ретінде дамуын жана гидравликаның көптеген практикалық есептерін шешуге мүмкіндік туғызады.

3. Тапсырма

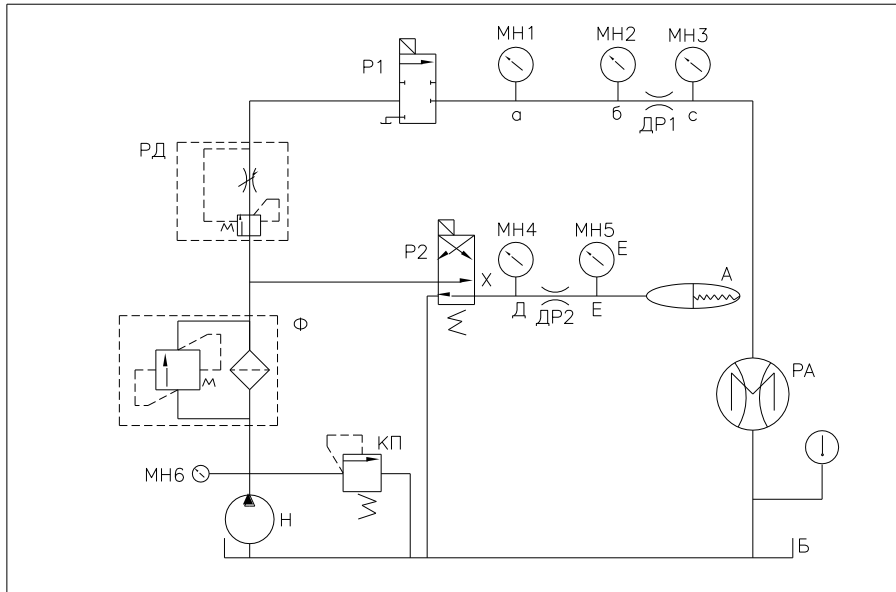
1. Қысымды өлшеу.
2. Ағып өтетін сұйықтықтың көлемін анықтау.
3. Белгілі бір көлемде ағып өтетін сұйықтықтың уақытын өлшеу.
4. Сұйықтықтың ыстықтығын өлшеу.
5. Өлшеніп анықталған мәндерді кестеге енгізу.

Нұсқа	1			2			3			4			5			6			7			8			9		
Қ.айналым (шығын реттегіш)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
τ, мин	3			3			3			4			4			4			5			5			5		

4. Зертханалық қондырғының сипаттамасы.

Стенд сұйықтықтың ағу режимін тәжірибе жүзінде анықтауға арналған.

Зсуретте гидравликалық стендтің сұлбесі көрсетілген.



3 Сурет. Гидравликалық стендтің сұлбесі

Стендтің құрамына Б гидробок кіреді, шестеренчатый үрлегіш Н, сүзгі Φ, сақтандырғыш клапан КП, шығын реттегіш РР, екі гидроорналастырғыш Р1 и Р2, пружинді аккумулятор А, екі гидродроссель ДР1 және ДР2, құбырлар (соның ішінде анықтайтын учаске авс құбыры ДР2 дроссельмен орнатылған). Үрлегіш электрокозғалтқышпен жіске қосылады.

Стендтің ақпараттық-өлшеуіш жүйесі 6 манометрмен қосылады(МН1-МН6, МН5-электроконтакты манометр),шапшаң типтегі шығын өлшегіш РА, термометр Т және электронды секундомер.

Гидроорналастырғыш Р1 және Р2 тумблерлермен іске қосылады.

Электронды секундамер екі режимде жұмыс істейді- қолмен қосатын және автоматты(көрсетілген режимдер тумблердің жоғарғы панелінде орналасқан). «РУЧН» күйде тұрған секундамер РА қандайда бір анықталған уақытта құбырдан өткен сұйықтықтың шығынын анықтайды.

Секундамердің қосылуы тумблердегі «ВКЛ» қоспасымен қосылады, тәжірибе басталғанда «Счет» бастапқы уақытты қосамыз. Анықтайтын уақытымыз берілген секундқа жеткенде, жаңа тәжірибеге «Сброс» кнопкасын басып жаңадан уақытты анықтаймыз.

«АВТ» күйдегі тумблер кезінде секундомерді пружинды аккумулятордың уақытын анықтау үшін қолданылады(сонымен қатар тумблердегі Вкл) и «Счет» қосылып тұруы қажет). Секундамердің қосылуы және өшіруі МН5 электроконтакты манометрмен іске асады.

Жүйеде номиналды қысым 1 МПа (1,1 МПа дейін рұқсат етіледі). Қысымды сақтандырғыш клапанда орнатылған реттеуіш винт көмегімен орнатады. Винт контргайка көмегімен сенімді орнатылуы тиіс.

Назаар аударыңыздар! Стендтке жоғарғы қысымды орнататын болсаңдар манометрлер істен шығуы мүмкін.

Стенд 380 В кернеумен қоректенеді, айнымалы ток жиілігі 50 Гц. Электромагниттік гидроорналастырғыш 24 В кернеуімен қоректенеді (ток тұраулықты).

Жұмыс істеуге болатын сұйықтықтар: минералды май МГЕ – 46 В, МГ – 30 У, М – 8 В. Жұмыста минералды веретенный май М-8В қолданылады, 20°C май қысымы $\rho=885 \text{ кг/м}^3$, ал оның кинематикалық тұтқырлығы $\nu=8,5 \text{ сСт}$.

Гидробактың сыйымдылығы – 70 дм³ (литров).

5. Жұмыстың орындалу тәртібі..

Тәжірибені өткізу үшін қажетті:

- стендті тоққа қосу қажет;
- электроқозғалтқышты қосу («ПУСК» қоспасымен):
- гидроорналастырушыны қосу (Р1 тумблері «Вкл» күйінде);
- стендке 5-6 минут жұмыс істеп тұру қажет.

- авс құбыры арқылы өтетін сұйықтықтың көлемінің мәнін өлшеп, жазып алу қажет. Сұйықтықтың көлемін РР шығын өлшеуішпен анықтаймыз және уақытын секундамермен анықтаймыз.

Тәжірибені түрлі шығында өлшеп анықтаймыз

Әрбір тәжірибеде сұйықтықтың ыстықтығын анықтаймыз.

Анықталған мәндерді таблицаға енгіземіз.

Барлық тәжірибелерді орындағаннан кейін секундамерді өшіріп, электроқозғалтқыш пен стендті тоқтан өшіреміз.

1. Тәжірибе көрсеткіші

№ п/п	Берілген сұйықтықтың көлемі $V_{л}$	Қысым Р, МПа		Сұйықтықты ң ағып өту уақыты τ , сек	Сұйықтық ыстықтығы, $t^{\circ}\text{C}$	Сұйықтың қысымы, ρ , кг/м ³	Сұйықтықтың кинематикалық тұтқырлығы $\nu \cdot 10^{-4}$, м ² /с
		P_a	P_c				
1							
2							
3							

Жалпы жағдайда сұйықтықтың қозғалыс режимі сұйықтықтың қозғалу жылдамдағана, өлшеміне, тығыздығына және сұйықтықтың тұтқырлығына тәуелді болады. Сұйықтықтың қозғалыс режимі Рейнольдс санымен сипатталады:

$$Re = \frac{\rho g R}{\mu}, \quad (2.31)$$

мұндағы:

R – ағыстың гидравликалық радиусы (дөңгелек құбыр үшін $R=d/4$);

μ - динамикалық тұтқырлық;

ρ - сұйықтықтың тығыздығы, кг/м³;

ν - сұйықтықтың қозғалу жылдамдығы, м/с.

$$v = V/S\tau, \quad (2.32)$$

мұндағы:

V- сұйықтық көлемі, л;

S- құбыр ауданы, м²;

$$S = \pi r^2 \quad (2.33)$$

мұндағы:

r- құбыр өткізгіш радиусы, мм.

3. ν тан $t^\circ\text{C}$ тәуелді таблицасы

$t^\circ\text{C}$	$\nu \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с}$
0	0,0178
5	0,0152
10	0,0131
12	0,0124
15	0,0114
20	0,0101
30	0,0080
50	0,0055
100	0,0028

Рейнольдс саны шексіз өлшем бірлік. Дөңгелек цилиндралы құбыр үшін, d- ішкі диаметрімен:

$$\text{Re}_d = \frac{vd}{\nu} \text{ және } \text{Re} = 4 \text{Re}_d \quad (2.34)$$

ν - сұйықтықтың кинематикалық тұтқырлығы

$$1 \text{ литр} = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ сСт} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$$

2. Есептелген мәндер

№	Сұйықтықтың жылдамдаға $v = V/S\tau, \text{ м/с}$	Рейнольдс саны $\text{Re}_d = \frac{vd}{\nu}$	Пьезометрлік биіктік (пьезометрлік қысым) $\frac{P}{\rho g}$	Жылдамдық биіктігі $\frac{g^2}{2g}$	Сұйықтықтың қозғалыс режимі
1					
2					
3					

Сұйықтықтың ағыс, жылдамдық, қысыммен ағуды анықтайтын гидравликаның негізгі теңдеуі Бернулли теңдеуі болып табылады.

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} \quad (2.35)$$

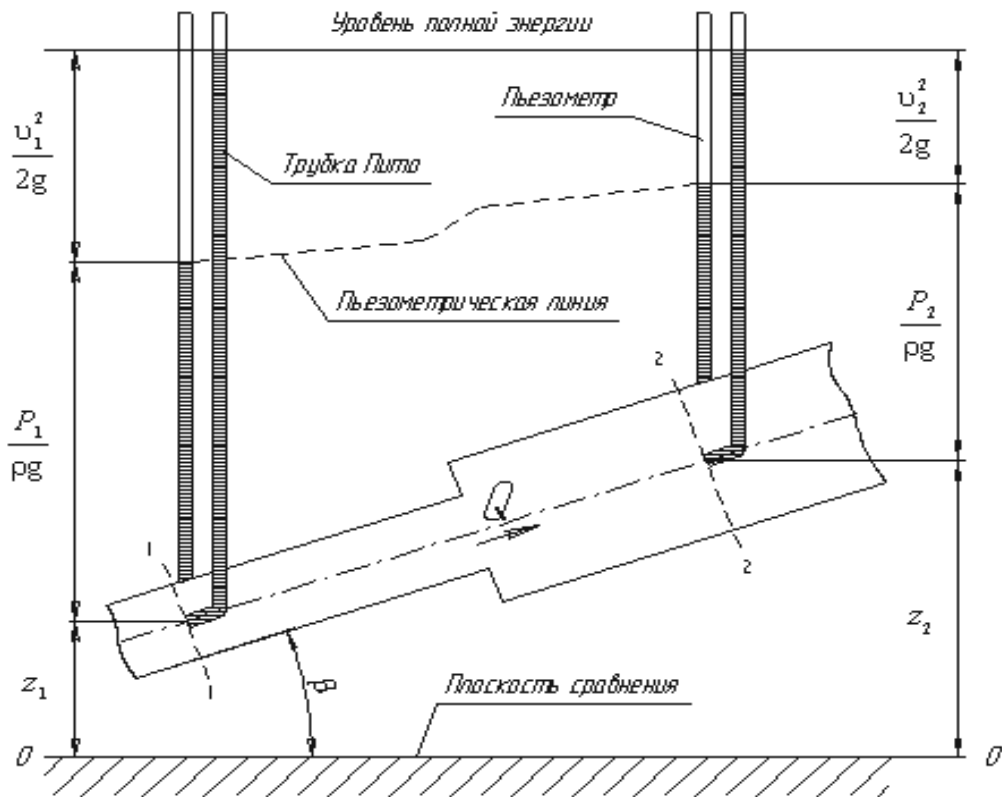
Бұл тәуелділік идеал сұйықтың элементар ақпасы үшін жазылған Бернулли теңдеуі деп аталады.

Мұндағы:

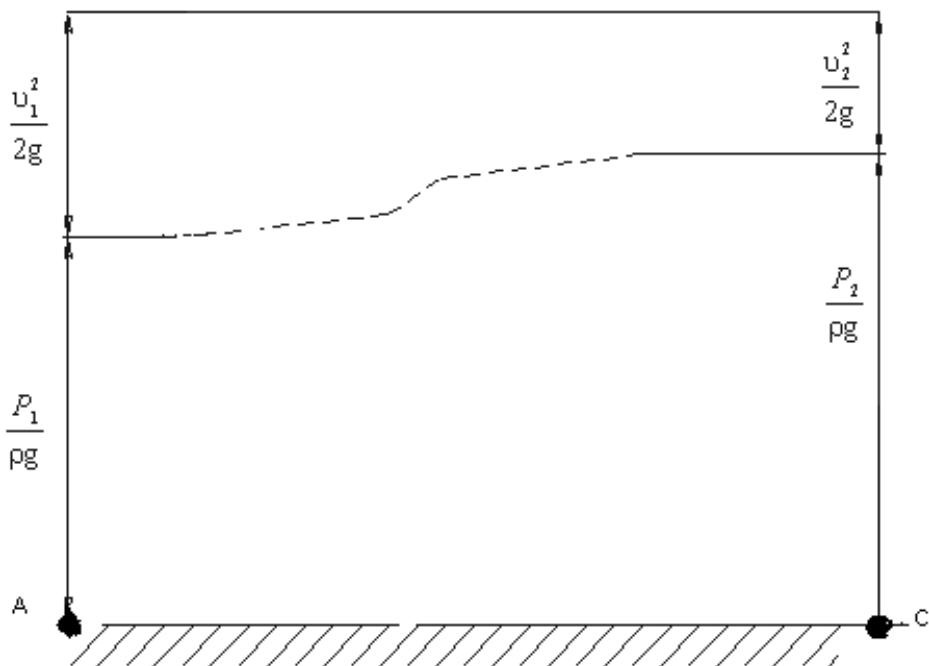
Z – геометриялық қысым, м;

$P/(\rho g)$ – пьезометрлік қысым, м;

$g^2/(2g)$ – жылдамдық қысымы, м.



3-сурет. Идеал сұйықтық үшін арналған Бернулли теңдеуінің қорытындысы



4-сурет. АС құбырының пьезометрлік еңістігін тұрғызу сұлбесі.

6.Бақылау сұрақтары:

1. Бернулли теңдеуін идеал сұйық ақпаның масса бірлігіне және ақпа салмағының бірлігіне келтіріп жазыңыз.
2. Бернулли теңдеуінің геометриялық және энергиялық мағынасы қандай?
3. Пьезометрлік және гидравликалық еңістіктердің айырмасы неде?
4. АС құбырының пьезометрлік еңістікті қалай тұрғызады?

7. Зертханалық жұмысты дайындау талаптары:

- 1.Тақырыбы және жұмыстың мақсаты.
- 2.Теориялық анықтамасы.
- 3.Тапсырма.
- 4.Стенд сұлбесі.
- 5.Сұлбелер мен графиктер.
6. Есептеулер.
7. Қорытынды

Әдебиеттер:

1. Ә.Әбдіраманов. Гидравлика, Тараз-2000 жыл
2. Башта Т.М. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы. М, Машиностроение, 1970 г.
- 3.В.Е. Егорушкин., Б.И. Цеплович Основы гидравлики и теплотехники. М. Машиностроение 1981 г.
4. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидropередач. Под ред.С.С. Руднева и Л.Г. Подвиза.- М..1974 г.

№ 3 Зертханалық жұмыс

Тақырыбы: «Жергілікті гидравликалық кедергілердің коэффициенттерін анықтау»

1. Жұмыстың мақсаты:

1. Қозғалыс режиміне байланысты гидравликалық кедергілердің түрлерін анықтау.
2. Жергілікті гидравликалық кедергілердің энергия жоғалуының себептері мен методикасын үйрену.
4. Жергілікті гидравликалық кедергілердің коэффициенттерін эксперимент жүзінде анықтау

2. Теориялық анықтамасы.

Өзендер мен каналдарда, құбырларда, тағы басқа өткізгіштерде сұйық энергиясының біршамасы кедергілерді жеңу үшін шығын болады, оны арын шығыны немесе үлесті энергия шығыны (сұйықтың бірлік салмағына тиісті) деп атайды. Жалпы түрде, арын шығынын Бернуллидің шынайы сұйықтар ағыны үшін шығарған теңдеуінен табуға болады:

$$h_w = \left(z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right) \quad (3.1)$$

Практикада гидравликалық кедергілерді екі түрге бөліп қарастырған, көп жағдайларда, ыңғайлы. Оның біріншісі бойлық (өзен, құбыр учаскелеріндегі) үйкеліс кедергілері (сұйықтың қатты бетке үйкелісі және сұйық қабаттары арасындағы үйкеліс); екіншісі жергілікті кедергілер: арнаның (құбырдың) кенет кенюі немесе тарылуы, бұрылуы, шүмек, диафрагма, ысырма тағы басқа жергілікті кедергілердің әсерімен сұйық оларды орап ағады, иірім пайда болады, масса алмасу процесі жүреді. Осының бәріне энергия ысырап болады, арын шығындалады.

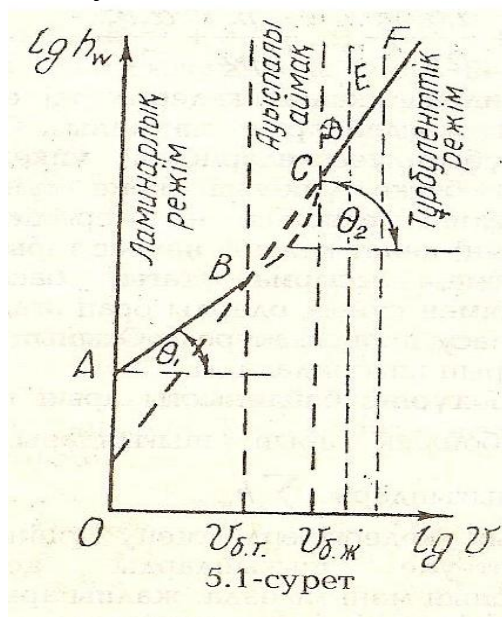
Кедергінің екі түріне байланысты арын шығыны да екі түрлі болады: бойлық арын шығындары, $\sum h_\delta$ және жергілікті арын шығындары, $\sum h_{жс}$.

Гидравликалық кедергілерді жеңу үшін кететін арын шығынын есептеуде шығындарды қосу принципі пайдаланылады, оның мәні мынада: жалпы арын шығыны - әр кедергіні жеке-жеке жеңу үшін кететін арын шығындарының қосындысына тең:

$$h_w = \sum h_\delta + \sum h_{жс} \quad (3.2)$$

Ескерте кететін бір нәрсе, жақын жеде орналасқан бірнеше жергілікті кедергілердің бір-біріне әсері осы күнге дейін толық зерттелмеген, кейбір жағдайларда, жалпы арын шығыны жергілікті арын шығындарының жай қосындысына тең емес.

Рейнольдс жүргізген тәжірибелер арын шығындары мен құбырдағы қозғалыс жылдамдықтары арасындағы байланысты айқындауға мүмкіндік береді, яғни эксперименттік жолмен $h_w = f(V)$ тәуелділігін табуға болады. Эксперимент былай жасалынады: құбырдағы сұйық қозғалысы жылдамдығының түрлі мәндері үшін пьезометрлердің $\frac{p_1}{\rho g}$ және $\frac{p_2}{\rho g}$ көрсетулері өлшенеді. Алынған мәліметтерге сәйкес $1gh_w = f(1gV)$ түрінде график (5.1-сурет) сызылады. Одан мынадай қорытындылар жасауға болады.



Қозғалыстың ламинарлық режімі облысында (АВ түзуі) ұзындық бойынша арын шығыны сұйық қозғалысының орша жылдамдығының бірінші дәрежесіне пропорционал

$$h_w = k_1 V, \quad (3.3)$$

мұндағы k_1 - АВ түзуінің бұрыштық коэффициенті.

Сұйық қозғалысының тұрбуленттік режімі облысында (СF сызығы) арын шығыны жылдамдықтың n дәрежесіне тура пропорционал.

$$h_w = k V^n \quad (3.4)$$

мұндағы k - бұрыштық коэффициент;

n - дәреже көрсеткіші, ол Рейнольдс санының өсуіне (демек жылдамдықтың да өсуіне) қарай шамамен 1,75-тен 2,0-ге дейін өзгереді. Бұл аралықта кедергінің үш түрі орын алады:

- 1) жылтыр арналарға тән кедергі облысы (СД);
- 2) бұжыр арналардағы кедергінің өтпелі облысы (ДЕ);
- 3) бұжыр арналардағы кедергінің квадраттық облысы (ЕF).

Гидравликалық жылтыр құбырлар үшін жылдамдықтың дәреже көрсеткіші шамамен 1,75-ке тең; кедергінің квадраттық облысына дейінгі аралықта n айнымалы, ол 1,75 пен 2,0 арасында өзгеріп отырады; кедергінің квадраттық облысында $n=2,0$. сондықтан сұйық қозғалысының дамыған тұрбуленттік режімде арын шығыны орташа жылдамдықтың квадратына тәуелді.

$$h_w = k_2 V^2 \quad (3.5)$$

яғни парабола бойынша өзгереді.

Бірқалыпты тұрбуленттік қозғалысы үшін формуланы былай жазып алайық

$$\frac{\tau_0}{\rho g} = RJ,$$

немесе $R = \frac{d}{4}$, $J = \frac{h_w}{l}$ екенін ескерсек

$$\frac{\tau_0}{\rho g} = \frac{d}{4} \frac{h_w}{l}. \quad (3.6)$$

Осы формуладан бойлық арын шығыны

$$h_w = \frac{4l}{d} \frac{\tau_0}{\rho g}. \quad (3.7)$$

$T \cdot R = A_w$ - үйкеліс күшінің жұмысы;

$\rho g \chi l R = \gamma W$ - қарастырылып отырған участкадегі сұйық самағы;

яғни $\frac{\tau_0}{\rho g}$ - үйкеліс күшінің салмақ бірлігіне шаққандағы жұмысы.

Бұл жұмыстың орындалуы үшін үлесті кинетикалық энергияның біршамасы шығын болады

$$\frac{\tau_0}{\rho g} = k_0 \frac{V^2}{2g}. \quad (3.8)$$

Сондықтан (8) тәуелділікті ескеріп және $4k_0 = \lambda$ деп белгіліп (7) формуланы

мына түрде жазамыз

$$h_w = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}. \quad (3.9)$$

(9) Вейсбах-Дарси формуласы деп, ал λ – гидравликалық үйкеліс коэффициенті немесе Дарси коэффициенті деп аталады. сұйықтың дөңгелек құбырдағы ламинарлық арынды қозғалысы жағында, λ коэффициенті үшін, $(\lambda = \frac{64}{Re})$ формула алынған болатын. Сұйық қозғалысының тұрбуленттік режимдегі λ коэффициенті эмперикалық формулалар бойынша табылады.

Жалпы жағдайда үйкеліс коэффициенті (λ) Рейнольдс санына және арна бетінің бұжырлығына тәуелді.

Вейсбах-Дарси формуласы ұзындық бойынша, арын шығынын анықтау үшін кедергінің кез келген облысында қолданыла береді (сондай-ақ ламинарлық режим кезінде де; 5.8-параграфтағы 5.1-кестені қара), ал λ коэффициенті болса кедергінің әрбір облысы үшін арнайы формулалармен анықталады.

Егер құбыр бойында $\xi_1, \xi_2, \xi_3 \dots \xi_n$ кедергі коэффициенттерімен сипатталған бірнеше жергілікті кедергілер болса (ысырмалар, конфузорлар, диффузорлар, айналмалар, диафрагмалар, кері қақпақ, т.б.), онда өтімі тұрақты құбыр бөлікшесі үшін барлық жергілікті кедергілерден өтуге жұмсалынатын жалпы арын шығыны, жеке-жеке кететін жергілікті шығындардың қосындысы ретінде табылады.

Айталық, ұзындығы l құбырдың диаметрі (d) тұрақты және сұйық өтімі Q болсын. Құбырда n жергілікті кедергі бар делік. Жергілікті кедергілер коэффициенттерінің мәндерін $\xi_1, \xi_2, \xi_3 \dots \xi_n$ айқындап алып, $V^2/2g$ мәнін біле отырып, жергілікті арын шығындарының есептеп табуға болады

$$\begin{aligned} h_{w1} &= \xi_1 \frac{V^2}{2g}; \\ h_{w2} &= \xi_2 \frac{V^2}{2g}; \\ &\dots\dots\dots \\ h_{wn} &= \xi_n \frac{V^2}{2g}. \end{aligned} \quad (3.10)$$

Құбыр ұзындығында болатын арын шығыны

$$h_w = \xi_n \frac{V^2}{2g}.$$

Осы теңдеулер жүйесінің сол жақ және оң жақтарын қосып ұзындығы l құбырдың жалпы энергия шығындарын табуға болады

$$h_w = \left(\xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{V^2}{2g} = \left(\sum_{i=1}^n \xi_i + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{V^2}{2g}. \quad (3.11)$$

Жақша ішіндегі өрнек барлық жергілікті кедергілер коэффициенттерінің және

ұзындық бойынша арын шығынын сипаттайтын $\lambda \frac{\rho}{g}$ коэффициентінің қосындысын білдіреді. Бұл қосынды жүйенің кедергі коэффициенті деп аталады,

$$\xi_{жс} = \left(\xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n + \lambda \frac{1}{d} \right) \quad (3.12)$$

Демек

$$h_w = \sum_{i=1}^n h_{жс_i} + h_{б},$$

немесе

$$h_{жс} = \xi_{жс} \frac{V^2}{2g}. \quad (3.13)$$

Жоғарыда баяндалған шығындарды қосу принципі жергілікті кедергілердің арасы айтарлықтай алшақ болған жағдайда ғана толық орындалады.

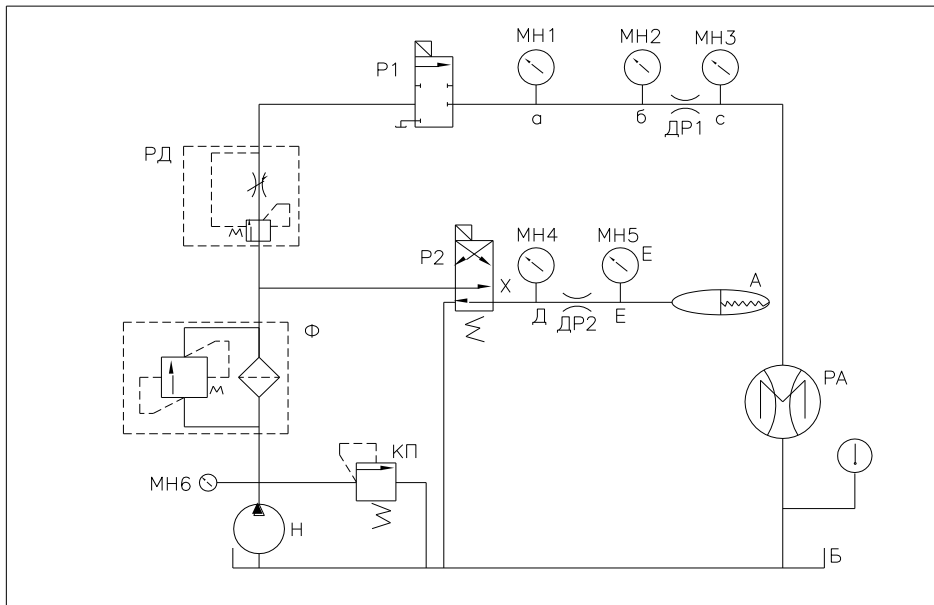
3. Тапсырма

1. Қысымды өлшеу.
2. Ағып өтетін сұйықтықтың көлемін анықтау.
3. Белгілі бір көлемде ағып өтетін сұйықтықтың уақытын өлшеу.
4. Сұйықтықтың ыстықтығын өлшеу.
5. Өлшеніп анықталған мәндерді кестеге енгізу.

Нұсқа	1			2			3			4			5			6			7			8			9		
Q, айналым (шығын реттегіш)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
τ , мин	3			3			3			4			4			4			5			5			5		

4. Зертханалық қондырғының сипаттамасы.

Стенд сұйықтықтың ағу режимін тәжірибе жүзінде анықтауға арналған. Зсуретте гидравликалық стендтің сұлбесі көрсетілген.



3 Сурет. Гидравликалық стендтің сұлбесі

Стендтің құрамына Б гидробок кіреді, шестеренчатый үрлегіш Н, сүзгі Ф, сақтандырғыш клапан КП, шығын реттегіш РР, екі гидроорналастырғыш Р1 и Р2, пружинді аккумулятор А, екі гидродроссель ДР1 және ДР2, құбырлар (соның ішінде анықтайтын учаске авс құбыры ДР2 дроссельмен орнатылған). Үрлегіш электроқозғалтқышпен жіске қосылады.

Стендтің ақпараттық-өлшеуіш жүйесі 6 манометрмен қосылады(МН1-МН6, МН5-электрoконтакты манометр), шапшаң типтегі шығын өлшегіш РА, термометр Т және электронды секундомер.

Гидроорналастырғыш Р1 және Р2 тумблерлермен іске қосылады.

Электронды секундамер екі режимде жұмыс істейді- қолмен қосатын және автоматты(көрсетілген режимдер тумблердің жоғарғы панелінде орналасқан). «РУЧН» күйде тұрған секундамер РА қандайда бір анықталған уақытта құбырдан өткен сұйықтықтың шығынын анықтайды.

Секундамердің қосылуы тумблердегі «ВКЛ» қоспасымен қосылады, тәжірибе басталғанда «Счет» бастапқы уақытты қосамыз. Анықтайтын уақытымыз берілген секундқа жеткенде, жаңа тәжірибеге «Сброс» кнопкасын басып жаңадан уақытты анықтаймыз.

«АВТ» күйдегі тумблер кезінде секундомерді пружинды аккумулятордың уақытын анықтау үшін қолданылады(сонымен қатар тумблердегі Вкл» и «Счет» қосылып тұруы қажет). Секундамердің қосылуы және өшіруі МН5 электрoконтакты манометрмен іске асады.

Жүйеде номиналды қысым 1 МПа (1,1 МПа дейін рұқсат етіледі). Қысымды сақтандырғыш клапанда орнатылған реттеуіш винт көмегімен орнатады. Винт контргайка көмегімен сенімді орнатылуы тиіс.

Назаар аударыңыздар! Стендтке жоғарғы қысымды орнататын болсаңдар манометрлер істен шығуы мүмкін.

Стенд 380 В кернеумен қоректенеді, айнымалы ток жиілігі 50 Гц. Электромагниттік гидроорналастырғыш 24 В кернеуімен қоректенеді (ток тұраулықты).

Жұмыс істеуге болатын сұйықтықтар: минералды май МГЕ – 46 В, МГ – 30 У, М – 8 В. Жұмыста минералды веретенный май М-8В қолданылады, 20°C май қысымы $\rho=885 \text{ кг/м}^3$, ал оның кинематикалық тұтқырлығы $\nu=8,5 \text{ сСт}$.

Гидробактың сыйымдылығы – 70 дм³ (литров).

5. Жұмыстың орындалу тәртібі..

Тәжірибені өткізу үшін қажетті:

- стенді тоққа қосу қажет;
- электроқозғалтқышты қосу («ПУСК» қоспасымен):
- гидроорналастырушыны қосу (Р1 тумблері «Вкл» күйінде);
- стендке 5-6 минут жұмыс істеп тұру қажет.
- авс құбыры арқылы өтетін сұйықтықтың көлемінің мәнін өлшеп, жазып алу қажет. Сұйықтықтың көлемін РР шығын өлшеуішпен анықтаймыз және уақытын секундамермен анықтаймыз.

Тәжірибені түрлі шығында өлшеп анықтаймыз

Әрбір тәжірибеде сұйықтықтың ыстықтығын анықтаймыз.

Анықталған мәндерді таблицаға енгіземіз.

Барлық тәжірибелерді орындағаннан кейін секундамерді өшіріп, электроқозғалтқыш пен стенді тоқтан өшіреміз.

1. Тәжірибе көрсеткіші

№ п/п	Берілген сұйықтықтың көлемі V, л	Қысым Р, МПа		Сұйықтықты ң ағып өту уақыты τ, сек	Сұйықтық ыстықтығы, t°C	Сұйықтың қысымы, ρ, кг/м ³	Сұйықтықтың кинематикалық тұтқырлығы $\nu \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с}$
		Р _в	Р _с				
1							
2							
3							

Жалпы жағдайда сұйықтықтың қозғалыс режимі сұйықтықтың қозғалу жылдамдағана, өлшеміне, тығыздығына және сұйықтықтың тұтқырлығына тәуелді болады. Сұйықтықтың қозғалыс режимі Рейнольдс санымен сипатталады:

$$Re = \frac{\rho g R}{\mu}, \quad (3.14)$$

мұндағы:

R – ағыстың гидравликалық радиусы (дөңгелек құбыр үшін $R=d/4$);

μ - динамикалық тұтқырлық;

ρ - сұйықтықтың тығыздығы, кг/м³;

ν - сұйықтықтың қозғалу жылдамдығы, м/с.

$$\nu = V/S\tau, \quad (3.15)$$

мұндағы:

V- сұйықтық көлемі, л;

S- құбыр ауданы, м;

$$S = \pi r^2$$

(3.16)

мұндағы:

r- құбыр өткізгіш радиусы, мм.

5. ν тан $t^\circ\text{C}$ тәуелді таблицасы

$t^\circ\text{C}$	$\nu \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с}$
0	0,0178
5	0,0152
10	0,0131
12	0,0124
15	0,0114
20	0,0101
30	0,0080
50	0,0055
100	0,0028

Рейнольдс саны шексіз өлшем бірлік. Дөңгелек цилиндралы құбыр үшін, d- ішкі диаметрімен:

$$\text{Re}_d = \frac{\nu d}{\nu} \text{ және } \text{Re} = 4 \text{Re}_d \quad (3.17)$$

ν - сұйықтықтың кинематикалық тұтқырлығы

$$1 \text{ литр} = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ сСт} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$$

Құбырдағы арынды қозғалыста кедергі коэффициентінің Рейнольдс саны мен салыстырмалы бұжырлық шамасына байланыстылығында:

1) ламинарлық режімді облыста (1) $\lambda_n = f(\text{Re}^{-1}); h_w = k_1 V$;

2) өтпелі (ламинарлық режімнен тұрбулентті режімге) облыста (AB)

$$\lambda_n = f(\text{Re} \delta \frac{d}{\Delta}); h_w = k V^n \quad (n-1,75...2)$$

3) тұрбулентті режімді облыста:

а) гидравликалық жылтыр бетті аймақта ($\lambda = f(\text{Re}^{-0,25})$);

б) гидравликалық бұжыр бетті (гидравликалық жылтыр бетті тұрбуленттік режімнен кедергінің квадраттық тұрбулентті режіміне ауысатын), аумалы аймақта $\lambda = f(\text{Re}, \frac{d}{\Delta})$. I-II сызықтар арасы;

в) абсолют бұжыр бетті, квадраты аймақта $\lambda = f(\frac{d}{\Delta}); h_w = k_2 V^2$.

Гидравликалық жылтыр кедергі облысында Дарси коэффициенті Рейнольдс санына тәуелді, ал арна қабырғасының бұжырлығына тәуелсіз. Кедергінің аумалы облысында, арна қабырғасының салыстырмалы

бұжырлығына да тәуелді. Ал квадраттық кедергі облысында Дарси коэффициенті тек қана қабырғасының салыстырмалы бұжырлығына тәуелді де, Рейнольдс санына тәуелсіз.

Төменде әртүрлі кедергі облыстарында λ мәнін есептеуге практикада кең таралған формулалар келтірілген.

Егер құбыр жылтыр болса ($\frac{\Delta \varepsilon}{d} \ll \frac{68}{Re}$), онда Альтшуль формуласы Шифринсонның квадраттық зона үшін ұсынған формуласына өтеді. Жуықтап есептеулерде $\lambda = 0,02 \dots 0,025$ деп алынады.

Ұзындық бойынша арын шығынын анықтауға арналған (5.49) формуладағы гидравликалық үйкеліс коэффициенті (λ) жылтыр құбырлар үшін $\lambda = f(Re)$ түрінде эмпирикалық жолмен табылады. Мысалы $2300 \leq Re \leq 10^5$ ағын үшін Блазиус ұсынысы бойынша

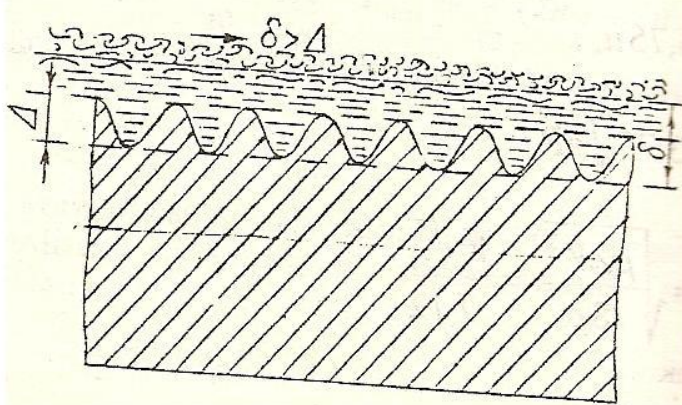
$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad (3.18)$$

П.Н.Конаков Рейнольдс санының шамасы екі жағынан да шектелмейтін жалпы формула ұсынған

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,5)^2} \quad (3.19)$$

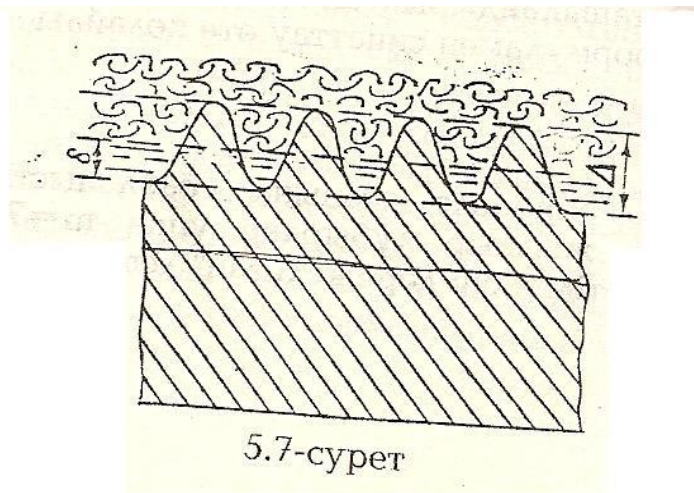
Дөңгелек құбырды мысалға келтіре отырып сұйық өтетін құбыр бетінің гидравликалық жылтыр, немесе гидравликалық бұжыр жеп қалай бөлінетінін көрсетейік.

Айталық құбырдағы бұжырлық дөңестерінің биіктігі Δ болсын. Егер қалыңдығы δ ламинарлық (тұтқырлы) қабыршақ дөңестердің барлығын жауып алса ($\delta > \Delta$, 5.6-сурет), онда арын шығындары құбыр қабырғасының бұжырлығына тәуелді емес, ағын қалыңдағы δ ламинарлық қабыршақ бетімен сырғанайтын болады және де сұйықтың сұйықпен үйкелісі орын алады.



5.6-сурет

Ал егер бұжырлықтың дөңестері ламинарлық қабыршақтың қалыңдығынан үлкен болса ($\delta > \Delta$, 5.7-сурет), онда арын шығындары құбыр қабырғасының бұжырлығына тәуелді болады, өйткені бұл жағдайда сұйық қабыршақ бұжыр бетпен үйкеліп ағатын болады. Осыған сәйкес беттерді екі категорияға бөледі: гидравликалық жылтыр ($\delta > \Delta$) және гидравликалық бұжыр ($\delta < \Delta$) бет деп.



Енді ламинарлық қабыршақтың қалыңдығын (δ) анықтайық. Ол үшін ламинарлық қабыршақ шегіндегі жылдамдық градиентін мына түрде жазып алайық

$$\frac{du}{dz} = \frac{u_k}{\delta}, \quad (3.20)$$

мұндағы u_k - қабыршақ шегіндегі орташа жылдамдық.

Олай болса қабырғаның жанама жүктенуінің шамасы

$$\tau_0 = \mu \frac{du}{dz} = \mu \frac{u_k}{\delta} \quad (3.21)$$

Бұл теңдеудің екі жағында ρ -ға бөлейік

$$\frac{\tau_0}{\rho} = \frac{\mu}{\rho} \frac{u_k}{\delta} = \nu \frac{u_k}{\delta},$$

немесе

$$u_*^2 = \nu \frac{u_k}{\delta}. \quad (3.22)$$

Демек, ламинарлық тұтқырлық қабыршақтың қалыңдығы

$$\frac{\delta u_*}{\nu} = \frac{u_k}{u_*}, \quad (3.23)$$

Никурадзе тәжірибелері бойынша $\frac{\delta u_*}{\nu}$ гидравликалық жылтыр құбырлар облысы үшін тұрақты шама $Ni = \frac{\delta u_*}{\nu} = 11,6$ (Никурадзе саны).

Олай болса ламинарлық қабыршақ қалыңдығы

$$\delta = \frac{\nu Ni}{u_*} = 11,6 \frac{\nu}{u_*} \quad (3.24)$$

Жоғарыда “динамикалық жылдамдықтың” гидравликалық радиус пен еңістікке тәуелділігі (5.28) арқылы байланыста екендігін анықтаған болатынбыз

$$u_* = \sqrt{gRJ} = \frac{1}{2} \sqrt{gdJ}. \quad (3.25)$$

Бұл формуладағы гидравликалық радиус (R) құбырдың диаметрі арқылы

өрнектелген $\left(R = \frac{r}{2} = \frac{d}{4}\right)$. Сол сияқты гидравликалық еңістік (5.24) қатынасы арқылы анықталады $J = \frac{\lambda V^2}{d 2g}$.

Осы өрнекті (5.42) тәуелділігіне апарып қойсақ “динамикалық жылдамдықтың” үшін тағы бір байланыстылықты табамыз

$$u_* = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{\lambda}{2}} = V \sqrt{\frac{\lambda}{8}}. \quad (3.26)$$

Демек, (5.41) өрнегін былай жазуға болады

$$\delta = \frac{11,6\sqrt{8\nu}}{V\sqrt{\lambda}} \approx \frac{30\nu}{V\sqrt{\lambda}}. \quad (3.27)$$

Орташа жылдамдық $V = \frac{vRe}{d}$ болғандықтан, $\frac{v}{V} = \frac{d}{Re}$, сондықтан

$$\delta = \frac{30}{Re\sqrt{\lambda}} = \frac{60r}{Re\sqrt{\lambda}} \quad (3.28)$$

Ламинарлық қабыршақтың қалыңдығы құбырдың радиусына тура пропорционал, Рейнольдс саны мен гидравликалық кедергі коэффициентінің квадрат түбірі көбейтіндісіне кері пропорционал.

Кейінгі зерттеулердің нәтижесі бойынша құбыр қабырғасының маңындағы тұтқырлы (қабыршақтағы) сұйық қозғалысы таза ламинарлық режимді емес, сондықтан “Ламинарлық қабыршақ” деген ұғым шартты түрде қабылдануы керек. Сол сияқты “гидравликалық жылтыр”, “гидравликалық бұжыр” бет (арна) деген ұғымдар да белгілі дәрежеде шартты. Өйткені (5.45) формуласы бойынша жылдамдық көбейсе (Рейнольдс саны көбейеді) тұтқырлы қабыршақ қалыңдығы азаяды, сондықтан бұрынғы гидравликалық жылтыр бет, енді гидравликалық бұжыр бетке айналды. Басқа сөзбен айтқанда бұжыр бет дөңестерінің биіктігі тұтқырлы қабыршақтың қалыңдығынан көп болып кетеді де қозғалыс режиміне әсер етіп, арын шығынын өзгертеді.

2. Есептелетін мәндер

№	Сұйықтықтың жылдамдаға $v=V/St$, м/с	Рейнольдс саны $Re_d = \frac{vd}{\nu}$	Ламинарлық сұйықтық қозғалысы үшін Дарси коэффициенті $\lambda = \frac{64}{Re}$	Тұрбулентті сұйықтық қозғалысы үшін Дарси коэффициенті $\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$	Гидравликалық арын шығын $h_w = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$	
					ламин сұйық қозғ	тұрбул сұйық қозғ
1						
2						
3						

6.Бақылау сұрақтары:

1. Гидравликалық кедергілердің қандай түрлері болады, соған байланысты арын шығындарын қалай атайды?

2. Гидравликалық жылтыр және гидравликалық бұжыр беттер деген не?

3. Гидравликалық үйкеліс коэффициенті немесе Дарси коэффициенті деген не?

7. Зертханалық жұмысты дайындау талаптары:

1. Тақырыбы және жұмыстың мақсаты.
2. Теориялық анықтамасы.
3. Тапсырма.
4. Стенд сұлбесі.
5. Сұлбелер мен графиктер.
6. Есептеулер.
7. Қорытынды.

Әдебиеттер:

1. Ә.Әбдіраманов. Гидравлика, Тараз-2000 жыл
2. Башта Т.М. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы. М, Машиностроение, 1970 г.
3. В.Е. Егорушкин., Б.И. Цеплович Основы гидравлики и теплотехники. М. Машиностроение 1981 г.
4. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередач. Под ред. С.С. Руднева и Л.Г. Подвиза.- М..1974 г.

№ 4 Зертханалық жұмыс

Тақырыбы: «Гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтау (Дарси коэффициенті)».

1. Жұмыстың мақсаты:

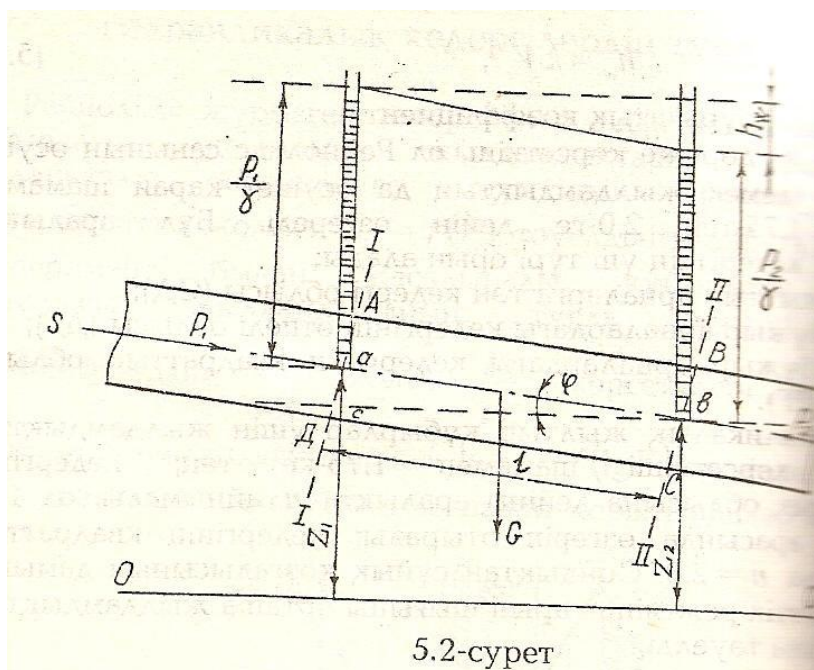
1. Гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтау жолдарын үйрену.
2. Гидравликалық үйкеліс коэффициентін тәжірибе жүзінде анықтау.
3. Гидравликалық үйкеліс коэффициентінің мәні және сұйық режиміне байланысы қандай?

2. Теориялық анықтамасы.

Сұйықтың бірқалыпты қозғалысы деп арна бойында өтім қимасы мен су тереңдігі өзгермейтін және де қималардың сәйкес нүктелеріндегі жылдамдықтар бірдей болатын қозғалысты айтады. Осыған орай бірқалыпты қозғалысты негізгі теңдеуін қорытып шығарайық. Ұзындық бойымен өтім қимасы (ω) зонтқа көлбеу бұрыш (φ) жасай қозғалатын сұйық ағынын қарастырайық, ағынның I-I және II-II қималары арасындағы, ұзындығы l -ге тең, ABCD бөлігін (5.2-сурет) бөліп алайық. өтім қималарының ауырлық орталықтарындағы қысымдарды тиісінше p_1 және p_2 деп, ал ауырлық орталықтарындағы геометриялық биіктіктерін 0-0 салыстыру жазықтығына қарағанда z_1 және z_2 деп белгілейік.

5.2.-суреттен көрініп тұрғанындай арна түбінің еңістігі

$$i = \sin \varphi = \frac{z_1 - z_2}{l}$$



Ағын бірқалыпты болу үшін сұйыққа (АВСД) түсірілген сыртқы күштер кедергі күштеріне тең болуы тиіс, өйткені механиканың негізгі заңы бойынша күштер қосындысы нөлге тең болғанда ғана ағын жылдамды тұрақты болады. Сондықтан сыртқы күштердің кез келген өске түсірілген проекцияларының қосындысы кедергі күштерінің сол өске түсірілген проекцияларының қосындысына тең болуы шарт. Егер де өс ретінде ағын өсін қабылдасақ, онда теңдеуге мына күштер енеді: I-I және II-II қималардағы қысым күші, қарастырылып отырған сұйық бөлігінің ауырлық күші және қозғалысқа кедергі жасаушы үйкеліс күштері.

Сыртқы күштер. Бірінші және екінші қималарға сырттан әсер етуші қысым күштері (p_1 және p_2) ілгеріректе табылған, жазық фигураларға түсірілген гидростатикалық қысымға арналған тәуелділік бойынша анықталады

$$P_1 = p_1 \omega \text{ және } P_2 = p_2 \omega$$

II-II өтім қимасы жазықтығына нормаль бағытта әсер етуші p_2 күші қозғалысқа қарсы бағытталады. АВСД сұйық бөлігінің ауырлық күші $G = \rho g \omega l$ болады.

Қозғалысқа кедергі жасаушы үйкеліс күштері. Бұл күштер АВСД бөлігінің қабырғалары мен түптік ауданында пайда болады. Үлесті үйкеліс күшін (АВСД бөлігіндегі қабырғаның ішкі бетінің аудан бірлігіне келтіріліген) τ_0 арқылы, ал сулану периметрін, өтім қимасы контурының ұзындығын χ арқылы белгілейік. Сонда толық үйкеліс күші

$$T = \tau_0 \chi \quad (4.1)$$

Енді АВСД бөлігіне әсер етуші күштердің қосындысын нөлге теңгерейік

$$P_1 - P_2 + G \sin \varphi - T = 0 \quad (4.2)$$

Теңдеудегі күштердің орнына олардың алдын ала анықталған мәндерін қойып $\rho g \omega$ көбейтіндісіне бөлейік.

Сонда

$$z_1 - z_2 + \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} = \frac{\tau_0 \chi l}{\rho g \omega},$$

Немесе

$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\rho g}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g}\right) = \frac{\tau_0 \chi l}{\rho g \omega} \quad (4.3)$$

I-I және II-II қималардағы сұйықтың кинетикалық энергиялары бірдей болғандықтан, теңдеудің сол жақ бөлігі толық арындар айырмасы болып табылады және ABCD бойындағы арын шығынын өрнектейді. Олай болса

$$H_1 - H_2 = \frac{\tau_0 \chi l}{\rho g \omega}$$

немесе

$$h_w = \frac{\tau_0 \chi l}{\rho g \omega} \quad (4.4)$$

(5.9) сұйықтың бірқалыпты негізгі теңдеуі деп аталады және ағын бойындағы арын шығынын анықтауға арналған. Бұл теңдеу құбырлардағы арынды қозғалыс үшін де, сол сияқты ашық арналардағы арынсыз қозғалыс үшін де пайдаланылады.

Тұтқырлы сұйықтың бірқалыпты қозғалысында пайда болатын кедергі ағын ұзындығына, сулану периметріне, жанама жүктену шамасына тура пропорционал және ағынның өтім қимасы ауданына кері пропорционал болады.

Кейде (5.9) тәуелділігін гидравликалық радиус ($R = \frac{\omega}{\chi}$) арқылы мына түрде жазылады

$$h_w = \frac{\tau_0 l}{\rho g R} \quad (4.5)$$

немесе бойлық арын шығыны

$$h_w = \frac{4l}{d} \frac{\tau_0}{\rho g}. \quad (4.6)$$

$T \cdot R = A_{vu}$ - үйкеліс күшінің жұмысы;

$\rho g \chi l R = \gamma W$ - қарастырылып отырған участкадағы сұйық самағы;

яғни $\frac{\tau_0}{\rho g}$ - үйкеліс күшінің салмақ бірлігіне шаққандағы жұмысы.

Бұл жұмыстың орындалуы үшін үлесті кинетикалық энергияның біршамасы шығын болады

$$\frac{\tau_0}{\rho g} = k_0 \frac{V^2}{2g}. \quad (4.7)$$

Сондықтан (8) тәуелділікті ескеріп және $4k_0 = \lambda$ деп белгіліп формуланы мына түрде жазамыз

$$h_w = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}. \quad (4.8)$$

(4.8) Вейсбах-Дарси формуласы деп, ал λ – гидравликалық үйкеліс

коэффициенті немесе Дарси коэффициенті деп аталады. сұйықтың дөңгелек құбырдағы ламинарлық арынды қозғалысы жағында, λ коэффициенті үшін, $(\lambda = \frac{64}{Re})$ формула алынған болатын. Сұйық қозғалысының тұрбуленттік режимдегі λ коэффициенті эмперикалық формулалар бойынша табылады.

Жалпы жағдайда үйкеліс коэффициенті (λ) Рейнольдс санына және арна бетінің бұжырлығына тәуелді.

Вейсбах-Дарси формуласы ұзындық бойынша, арын шығынын анықтау үшін кедергінің кез келген облысында қолданыла береді (сондай-ақ ламинарлық режим кезінде де; 5.8-параграфтағы 5.1-кестені қара), ал λ коэффициенті болса кедергінің әрбір облысы үшін арнайы формулалармен анықталады.

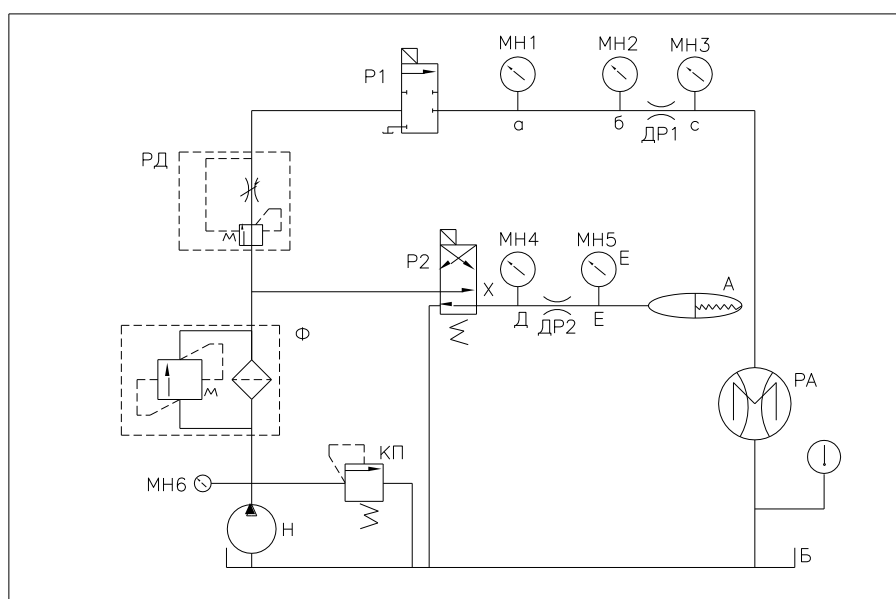
3. Тапсырма

1. Қысымды өлшеу.
2. Ағып өтетін сұйықтықтың көлемін анықтау.
3. Белгілі бір көлемде ағып өтетін сұйықтықтың уақытын өлшеу.
4. Сұйықтықтың ыстықтығын өлшеу.
5. Өлшеніп анықталған мәндерді кестеге енгізу.

Нұсқа	1			2			3			4			5			6			7			8			9		
Q, айналым (шығын реттегіш)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
τ , мин	3			3			3			4			4			4			5			5			5		

4. Зертханалық қондырғының сипаттамасы.

Стенд сұйықтықтың ағу режимін тәжірибе жүзінде анықтауға арналған. 3суретте гидравликалық стендтің сұлбесі көрсетілген.



3 Сурет. Гидравликалық стендтің сұлбесі

Стендтің құрамына Б гидробок кіреді, шестеренчатый үрлегіш Н, сүзгі Ф, сақтандырғыш клапан КП, шығын реттегіш РР, екі гидроорналастырғыш Р1 и Р2, пружинді аккумулятор А, екі гидродроссель ДР1 және ДР2, құбырлар (соның ішінде анықтайтын учаске авс құбыры ДР2 дроссельмен орнатылған). Үрлегіш электроқозғалтқышпен жіске қосылады.

Стендтің ақпараттық-өлшеуіш жүйесі 6 манометрмен қосылады(МН1-МН6, МН5-электроконтакты манометр),шапшаң типтегі шығын өлшегіш РА, термометр Т және электронды секундомер.

Гидроорналастырғыш Р1 және Р2 тумблерлермен іске қосылады.

Электронды секундамер екі режимде жұмыс істейді- қолмен қосатын және автоматты(көрсетілген режимдер тумблердің жоғарғы панелінде орналасқан). «РУЧН» күйде тұрған секундамер РА қандайда бір анықталған уақытта құбырдан өткен сұйықтықтың шығынын анықтайды.

Секундамердің қосылуы тумблердегі «ВКЛ» қоспасымен қосылады, тәжірибе басталғанда «Счет» бастапқы уақытты қосамыз. Анықтайтын уақытымыз берілген секундқа жеткенде, жаңа тәжірибеге «Сброс» кнопкасын басып жаңадан уақытты анықтаймыз.

«АВТ» күйдегі тумблер кезінде секундомерді пружинды аккумулятордың уақытын анықтау үшін қолданылады(сонымен қатар тумблердегі Вкл» и «Счет» қосылып тұруы қажет). Секундамердің қосылуы және өшіруі МН5 электроконтакты манометрмен іске асады.

Жүйеде номиналды қысым 1 МПа (1,1 МПа дейін рұқсат етіледі). Қысымды сақтандырғыш клапанда орнатылған реттеуіш винт көмегімен орнатады. Винт контргайка көмегімен сенімді орнатылуы тиіс.

Назаар аударыңыздар! Стендтке жоғарғы қысымды орнататын болсаңдар манометрлер істен шығуы мүмкін.

Стенд 380 В кернеумен қоректенеді, айнымалы тоқ жиілігі 50 Гц. Электромагниттік гидроорналастырғыш 24 В кернеуімен қоректенеді (тоқ тұраулықты).

Жұмыс істеуге болатын сұйықтықтар: минералды май МГЕ – 46 В, МГ – 30 У, М – 8 В. Жұмыста минералды веретенный май М-8В қолданылады, 20°С май қысымы $\rho=885 \text{ кг/м}^3$, ал оның кинематикалық тұтқырлығы $\nu=8,5 \text{ сСт}$.

Гидробактың сыйымдылығы – 70 дм³ (литров).

5. Жұмыстың орындалу тәртібі..

Тәжірибені өткізу үшін қажетті:

- стендті тоққа қосу қажет;
- электроқозғалтқышты қосу («ПУСК» қоспасымен):
- гидроорналастырушыны қосу (Р1 тумблері «Вкл» күйінде);
- стендке 5-6 минут жұмыс істеп тұру қажет.
- авс құбыры арқылы өтетін сұйықтықтың көлемінің мәнін өлшеп, жазып алу қажет . Сұйықтықтың көлемін РР шығын өлшеуішпен анықтаймыз және уақытын секундамермен анықтаймыз.

Тәжірибені түрлі шығында өлшеп анықтаймыз

Әрбір тәжірибеде сұйықтықтың ыстықтығын анықтаймыз.

Анықталған мәндерді таблицаға енгіземіз.

Барлық тәжірибелерді орындағаннан кейін секундамерді өшіріп, электроқозғалтқыш пен стенді тоқтан өшіреміз

1. Тәжірибе көрсеткіші

№ n/n	Берілген сұйықтықтың көлемі $V, л$	Қысым $P, МПа$		Сұйықтықтың ағып өту уақыты $\tau, сек$	Сұйықтық ыстықтығы $t^{\circ}C$	Сұйықтың қысымы, $\rho, кг/м^3$	l – құбыр ұзынды ғы	Сұйықтықтың кинематикалық тұтқырлығы $\nu \cdot 10^{-4}, м^2/с$
		P_{σ}	P_c					
1								
2								
3								

Жалпы жағдайда сұйықтықтың қозғалыс режимі сұйықтықтың қозғалу жылдамдағана, өлшеміне, тығыздығына және сұйықтықтың тұтқырлығына тәуелді болады. Сұйықтықтың қозғалыс режимі Рейнольдс санымен сипатталады:

$$Re = \frac{\rho g R}{\mu}, \quad (4.9)$$

мұндағы:

R – ағыстың гидравликалық радиусы (дөңгелек құбыр үшін $R=d/4$);

μ - динамикалық тұтқырлық;

ρ - сұйықтықтың тығыздығы, $кг/м^3$;

ν - сұйықтықтың қозғалу жылдамдығы, $м/с$.

$$\nu = V/S\tau, \quad (4.10)$$

мұндағы:

V - сұйықтық көлемі, л;

S - құбыр ауданы, $м$;

$$S = \pi r^2 \quad (4.11)$$

мұндағы:

r - құбырөткізгіш радиусы, $мм$.

1. ν тан $t^{\circ}C$ тәуелді таблицасы

$t^{\circ}C$	$\nu \cdot 10^{-4}, м^2/с$
0	0,0178
5	0,0152
10	0,0131
12	0,0124
15	0,0114
20	0,0101
30	0,0080
50	0,0055
100	0,0028

Рейнольдс саны шексіз өлшем бірлік. Дөңгелек цилиндралы құбыр үшін, d-ішкі диаметрімен:

$$Re_d = \frac{vd}{\nu} \text{ және } Re = 4 Re_{d_d} \quad (4.12)$$

ν - сұйықтықтың кинематикалық тұтқырлығы

$$1 \text{ литр} = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$1 \text{ сСт} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$$

2. Есептелетін мәндер

№	Сұйықтық ың жылдамда ға $v=V/S\tau$, м/с	Рейнольдс саны $Re_d = \frac{vd}{\nu}$	Үйкеліс күші үшін арын шығыны $h_w = \frac{4l}{d} \frac{\tau_0}{\rho g}$	Ламинарлық сұйықтық қозғалысы үшін гидравликалық үйкеліс коэффициенті немесе Дарси коэффициенті $\lambda = \frac{64}{Re}$	Тұрбулентті сұйықтық қозғалысы үшін гидравликалық үйкеліс коэффициенті немесе Дарси коэффициенті $\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$	Гидравликалық арын шығын $h_w = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$	
						ламинарлық сұйық қозғ	тұрбулентті сұйық қозғ
1							
2							
3							

6. Бақылау сұрақтары:

1. Гидравликалық кедергілері неге әкеп соғады?
2. Қозғалысқа кедергі жасаушы үйкеліс күштері дегеніміз не?
3. Гидравликалық үйкеліс коэффициенті немесе Дарси коэффициентінің формуласы қандай?

7. Зертханалық жұмысты дайындау талаптары:

1. Тақырыбы және жұмыстың мақсаты.
2. Теориялық анықтамасы.
3. Тапсырма.
4. Стенд сұлбесі.
5. Сұлбелер мен графиктер.
6. Есептеулер.
7. Қорытынды.

Әдебиеттер:

1. Ә.Әбдіраманов. Гидравлика, Тараз-2000 жыл
2. Башта Т.М. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы. М, Машиностроение, 1970 г.

3.В.Е. Егорушкин., Б.И. Цеплович Основы гидравлики и теплотехники. М. Машиностроение 1981 г.

4.Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередат. Под ред.С.С. Руднева и Л.Г. Подвиза.- М..1974 г.

№ 5 Зертханалық жұмыс

Тақырыбы: «Тұрақты және айнымалы қысымдағы саптамалар мен тетіктерден сұйықтың ағып өтуі (ыдыстың босауы)»

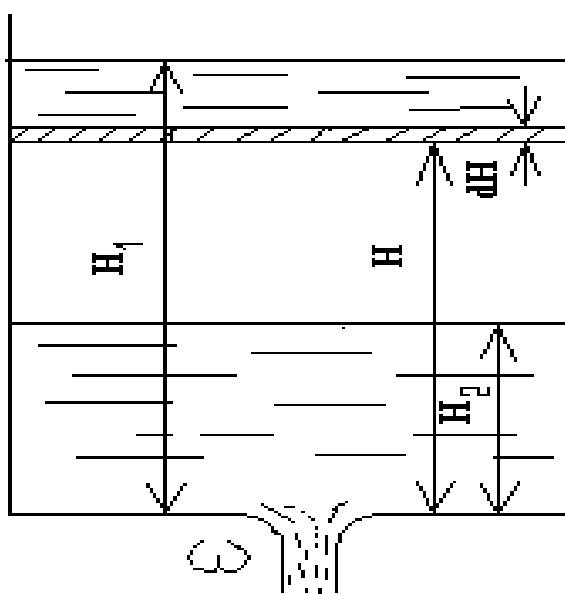
1. Жұмыстың мақсаты:

1. Орнатылған немесе орнатылмаған сұйық қозғаласаның ыдыстан ағып өтуін анықтау.
2. Ыдыстан ағып біткен сұйықтың тәжірибе және есептеу жүзінде уақытын анықтау.

2. Теориялық анықтамасы.

Айнымалы тегеурін әсерімен тесіктерден немесе қондырғалардан сұйықтың ағып шығуы қалыптаспаған қозғалыстың мысалы боп табылады. Жылдамдықтың уақыт бойынша өзгеруіне байланысты пайда болатын инерция күшін өте аз шама деп есептеп, қозғалыстың бірнеше қарапайым жағдайларын қарастырайық.

1.Резервуардың сұйықтан босауы. Көлденең қимасының ауданы тұрақты ($\Omega = const$) призмалық резервуардың сұйықтан босауын талдайық, Айталық резервуардың түбіне тесік орнатылған болсын, оның ауырлық орталығының үстіндегі бастапқы тегеурін H_1 де , соңғы тегеурін H_2 болсын (6.9-сурет) Резервуар босатылып жатқан уақытта оған сырттан сұйық құйылмайды делік.



6.9- сурет

Резервуардың сұйықтан босау есебі сол процестің уақытын анықтауға тіреледі. Тесік ашық болса, dt уақыт ішінде, резервуардан көлемі dW сұйық ағып шығды

$$dW = \mu\omega\sqrt{2gH} dt$$

Мұндағы H -тесіктің ауырлық орталығының үстіндегі, уақыт өткен сайын азаятын, тегеурін.

Бірдей уақыт аралығында резервуардағы деңгей

$$dH = \frac{dW}{\Omega}$$

шамасына төмен түседі

$$-\Omega dH = \mu\omega\sqrt{2gH} dt$$

Бұл жерде минус таңбасы арынның уақыт өткен сайын кемуіне байланысты алынған. Бұдан

$$dt = -\frac{\Omega dH}{\mu\omega\sqrt{2gH}}$$

Осы теңдеуді H_1 мен H_2 аралығында интегралдасақ

$$t = -\int_{H_1}^{H_2} \frac{\Omega dH}{\mu\omega\sqrt{2gH}} = \frac{\Omega}{\mu\omega\sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} \frac{dH}{\sqrt{H}}$$

Яғни

$$t = \frac{2\Omega(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\mu\omega\sqrt{2g}} \quad (5.1)$$

(5.1) формуласындағы $H_2 = 0$ деп есептеп, резервуардың толық босауына кететін уақытты табамыз

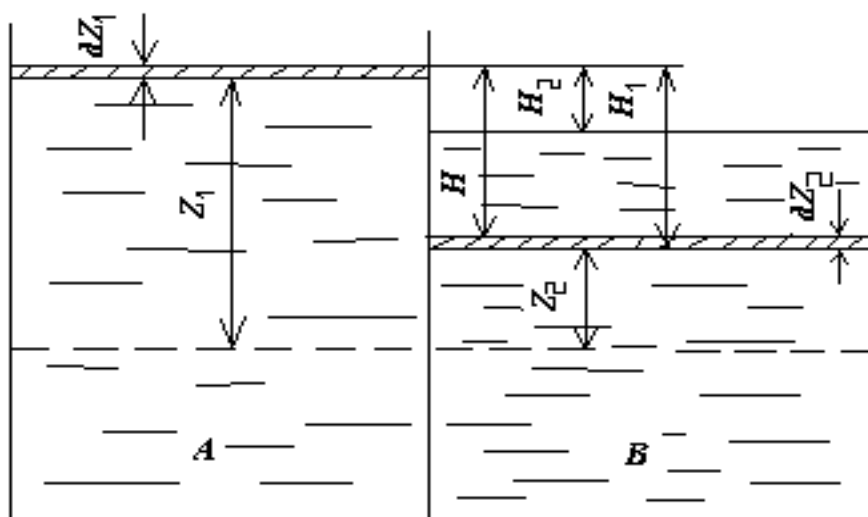
$$t = \frac{2\Omega\sqrt{H_1}}{\mu\omega\sqrt{2gH_1}} = \frac{2W}{Q}, \quad (5.2)$$

Мұндағы W -резервуардағы сұйықтың көлемі;

Q - бастапқы тегеурін (H_1) кезіндегі сұйық өтімі.

Сөйтіп, тегеурін бірте-бірте төмендегендегі резервуардың толық босау уақыты, бастапқы сұйық көлемінің, бастапқы тесік өтіміне қабынасын екі еселенген мәніне тең.

2. қатынас ыдыстардағы деңгейлердің теңесу уақыты. Айталық уақыттың бастапқы сәтінде А ыдыстағы деңгей В ыдыстағы деңгейден биік болсын. (6.10-сурет). Резервуардығы деңгейлердің теңесуіне кететін уақытты анықтайық. А және В резервуарлардың горизонталь қималары аудандарын Ω_1 және Ω_2 арқылы, тесіктің ауырлық орталығы үстіндегі арындары тиісінше z_1 және z_2 деп, ал олардың айырмасын H арқылы белгілейік. $H = z_1 - z_2$



6.10-сурет

Сұйықтың dt уақытта А резервуардан В резервуарға ағып өтуінің нәтижесінде тесіктің ауырлық орталығының үстіндегі арын бірінші резервуар жағында dz_1 шамасына кемиді, ал екінші резервуар жағында dz_2 шамаға артады. Сонымен қатар бірінші резервуардағы сұйықтың көлемі $\Omega_1 dz_1$ шамасына кемиді.

$$-\Omega_1 dz_1 = \mu \omega \sqrt{2gH} dt$$

Бұдан

$$dt = -\frac{\Omega_1}{\mu \omega \sqrt{2gH}} dz_1 \quad (5.3)$$

Екінші резервуардағы сұйық көлемі $-\Omega_2 dz_2$ шамаға артады.

$$-\Omega_1 dz_1 = \Omega_2 dz_2$$

Жоғарыда айтылғандай

$$H = z_1 - z_2$$

олай болса

$$dH = dz_1 - dz_2,$$

немесе

$$dH = dz_1 + \frac{\Omega_1}{\Omega_2} dz_1 = \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{\Omega_2} dz_1$$

демек

$$dz_1 = \frac{\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} dH$$

енді (5.3) теңдеуіне dz_1 -дің мәнін қоямыз.

$$dt = \frac{\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{dH}{\mu \omega \sqrt{2gH}}. \quad (5.4)$$

осы теңдеуді H_1 және H_2 аралығында интегралдасак:

$$t = \frac{1}{\mu\omega\sqrt{2gH}} \frac{\Omega_1\Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \int_{H_1}^{H_2} \frac{dH}{\sqrt{H}} = \frac{2\Omega_1\Omega_2}{\mu\omega\sqrt{2g(\Omega_1\Omega_2)}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (5.5)$$

(5.5) формула резервуарлардағы деңгейлер айырмасы орын алатын уақытты анықтауға мүмкіндік береді. Егер (5.5) формуладағы $H_2 = 0$ деп қабылдасак, онда А және В қатынас резервуарлардағы сұйық деңгейлерінің толық теңесуіне керекті уақытты табамыз

$$t = \frac{2\Omega_1\Omega_2\sqrt{H_1}}{\mu\omega\sqrt{2g(\Omega_1\Omega_2)}} \quad (5.6)$$

Ақпалы ағындар негізінен екіге бөлінеді, тура және бұралған болып. Тура ақпалар жылдамдықтың екі құрамымен сипатталады, өстік (V_z) және радиалдық (V_r). Өстік жылдамдық радиалдық жылдамдықтан ана ғұрлым артық ($V_z \gg V_r$) болады. Ал қысым ақпаның барлық жерінде өзек сыртында да, бірдей болады. Бұралған ақпалар тура ақпалардан күрделірек, сондықтан жылдамдықтың үш құрамымен сипатталады. Олар : жанама (тангенциалды - (V_ϕ)), радиалдық (V_r) және өстік (V_z) жылдамдықтар. Қысым ақпа көлемінің барлық нүктесінде шамасы жағынан, айналасындағы орта қысымнан кем болады. Бұралған ақпаның көлденең қималарында және бойлық қималарында қысым градиенттері пайда болады. Енді ақпалардың әрқайсысына жеке-жеке тоқталайық. Тура таралатын ақпалардың ең қарапайымы еркін ақпалар. Еркін ақпа деп қатты бетпен шектелмеген сұйықтың таралуын айтады. Еркін ақпалар әртүрлі белгілер бойынша жіктеледі:

а) тарайтын ортасына байланысты: көмілген және көмілмеген ақпалар.

Көмілген еркін ақпа деп ақпада да және оның таралатын ортасы да біртекті (тығыздығы бірдей) сұйықтар болғандағы құбылысы атайды. Мысалы, шелектегі суға ағып түсіп, тарап жатқан ақпа.

Көмілмеген еркін ақпа деп ауалы (газды) ортаға (тығыздығы кем) шапшып тұрған сұйықты таралуын айтады. Мысалы, егін суғаратын жаңбырлатқыш құрылымдардан ағып шығып жатқан ақпа, өрт сөндіретін ақпа, өрт сөндіретін ақпа, фонтандардан, гидромониторлардан шығатын арынды ақпалар.

б) қатты беттермен шектелуіне қарай: шектелмеген, шектелген, жартылай шектелген ақпалар деп бөлінеді.

Қатты бетпен басқарылмайтын ақпаны шектелмеген еркін ақпа дейді. Еркін ақпалар қатты беттермен шектеліп, басқарылып тұрады. Мысалы, құбыр ішіндегі ақпа - шектелген. Кейде ақпа бір жағынан шектеледі. Оны жартылай шектелген ақпалар дейді. Мысалы, жазық беттің (өзеннің, каналдың табандары) үстіндегі ақпалар.

в) көлденең қимасының формасына қарай: өске симметриялы (дөңгелек қималы) және жазық ақпалар болып бөлінеді.

Бұралған ақпалар ауқымды өте кең, жай ғана бір бұралған ақпалардан бастап, бір жерде қатты айналып тұрған сұйықтарға дейінгі диапазонды қамтиды. Табиғатта, техника салаларында бұралған ақпалар көптеп кездеседі. Айталық мұхиттағы үлкен иірімдер, су және жер бетіндегі құйындар, өзендер

мен канал айналмаларында болатын судың көлденең айналуы, құм-шағал тұтатын арықтардың жуатын қалталарындағы су мен құмның қозғалысы, терең шахталы суағытқыштардағы қозғалыс, сондай-ақ насосарда, ортадан ығыстырғыш форсункаларда, сепараторларда, центрифугаларда, гидроциклондарда, су электр станциялардың тұрбиналық камерасына су әкелетін құрылымда, су тозаңдатқыштарда, тағы басқа құрылымдарда кездеседі.

Бұралған ақпалар өзінің қозғалатын ортасына байланысты:

- а) бұралған еркін ақпалар;
- б) бұралған еріксіз ақпалар

болып екіге бөлінеді.

Егер бұралған еркін ақпа ауалы кеңістікте (ортада) қозғалса, онда ол бұралған еркін ақпа деп аталады.

Егер бұралған ақпаның қозғалатын ортасы сұйық болса, қаттықабырғамен шектелмесе, онда ақпа еркін бұралған көмбе ақпа деп саналады.

Егер бұралған ақпаның қозғалатын ортасы қатты беттермен шектелсе, онда ол бұралған еріксіз ақпа деп аталады.

Бұралған еріксіз ақпа қатты беттің ішінде, немесе сыртында таралуы мүмкін, сондықтан ішкі немесе сыртқы бұралған еріксіз ақпалар болып екіге бөлінеді. Бұралған ақпаның шығу бұрышы деген ұғым бпр. Бұл ұғым тура тарайтын ақпаға да тиісті. Өйткені ақпа шегі сызықтарының полюсте қиылысып бұрыш жасайтынын көрсетіп тұр. Ал бұралған ағымдар үшін бұл ұғымды шартты түрде пайдалануға болады, себебі ақпа шегі конус құрамайды, айналма гиперболоид құрайды. Бұрау қарқындылығы күшейіп, ақпа мен айнала ортаның тығыздық айырмасы азайған сайын айналма гиперболоидтың формасы конустан өзгешелеу болады. Сонда да болса, ақпаның бастапқы учаскесіндегі ақпа шектерін шамамен конус деп, ал оның төбесін ақпаның шығу бұрышы деп санайды. Бұралған ақпалардың шығу бұрышы тура тарайтын ақпалардың бұрышынан анағұрлым артық.

$\Delta G = 0,32 \frac{x}{d} \sqrt{\rho_1 / \rho_2}$. Әсіресе аралықта бұралған ақпаның сорғыш (ілестіргіш) қабілеті жоғары, оны Д.Н.Ляховскийдің формуласымен есептейді

$$\Delta G = 0,5\theta + 0,207(1 + \theta) \frac{x}{d}. \quad (5.7)$$

Мұндағы

Қатты бұралған ақпалардың өс айналасында негізгі қозғалысқа кері бағытталған ағын пайда болады. Негізгі ағын мен кері ағынның шек арасындағы бетте өстік жылдамдық нөлге тең. Кері ағын аймағының ұзындығын және диаметрін табу, қатты бұралған ағындарды есептеуде, үлкен мәні бар мәселе. Гидроциклонда, құйындатқыш құбырда, гидроциклонды сорма қондырғыларда кері ағынның гидравликалық параметрлері жақсы зерттелген. Мысалы гидроциклондық камераларда кері ағынның радиусы Ә.Әбдіраманов формуласы бойынша табылады

$$r_{\omega} = 0,7r_{\omega} \quad (5.8)$$

r_{ω} - гидроциклонның көлденең қимасының радиусы.

1. Тәжірибе көрсеткіші

№	Резервуардағы су деңгейі (су биіктігі) $H_1, м$	Резервуардың көлденең қимасының ауданы $\Omega, м^2$	Жылдамдық коэффициенті μ	Тесік ауданы $\omega, м^2$	Резервуардың толық босауына кететін уақыт $t = \frac{2\Omega\sqrt{H_1}}{\mu\omega\sqrt{2gH_1}}$
1					
2					
3					

Қондырмаларға арналған жылдамдық коэффициент мәні

Кесте-2

Қондырма түрі	μ
Дөңгелек тесік	0,62
Сыртқы цилиндрлі	0,82
Ішкі цилиндрлі (сұғындырма)	0,707
Конусша кеңейетін	0,45-0,50
Конусша тарылатын	0,96
Коноидалы	0,98

6. Бақылау сұрақтары:

1. Тесіктерден немесе қондырғалардан сұйықтың ағып шығуы қалыптаспаға қозғалыстың неше жағдайы бар?
2. Резервуардың сұйықтан босауы дегеніміз не?
3. Резервуардың толық босауына кететін уақытты қалай анықтайды?

7. Зертханалық жұмысты дайындау талаптары:

1. Тақырыбы және жұмыстың мақсаты.
2. Теориялық анықтамасы.
3. Тапсырма.
4. Сұлбе.
5. Сұлбелер мен графиктер.
6. Есептеулер.
7. Қорытынды.

Әдебиеттер:

1. Ә.Әбдіраманов. Гидравлика, Тараз-2000 жыл
2. Башта Т.М. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы. М, Машиностроение, 1970 г.
3. В.Е. Егорушкин., Б.И. Цеплович Основы гидравлики и теплотехники. М. Машиностроение 1981 г.
4. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередач. Под ред. С.С. Руднева и Л.Г. Подвиза.- М..1974 г.

Пішімі 60x84 1/12
Көлемі 55 бет 4,6 шартты баспа табағы
Таралымы 20 дана.
Ш.Есенов атындағы КМТЖИУ
Редакциялық - баспа бөлімінде басылды.
Ақтау қаласы, 32 ш/а.