

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Ауланбергенов Ә.А., Сейтасанов И.С., Жандаулетова Ф.Р.

ГИДРАВЛИКА

оқу құралы

Алматы-2011

УДК 532/075.8/

ББК

А

Ауланбергенов Ә.А., Сейтасанов И.С., Жандаулетова Ф.Р.

А . Гидравлика: Оқу құралы (жоғары ауыл шаруашылық оқу орындарына арналған оқулықтар мен оқулық жәрдемелері). - Алматы: ҚазҰАУ, 2011.- 206 б.

ISBN

Пікір жазғандар:

Зубаиров О.З.-ҚазҰАУ Л.Е. Тәжібаев атындағы
«Гидротехника және мелиорация» кафедрасының
профессоры, а.ш..ғ.д.
Қадірбаев А.Қ.- Алматы гуманитарлы-техникалық
университетінің профессоры.

Оқу құрал мамандығы 5В080600- «Аграрлық техника және технология», студенттеріне арналған. «Гидравлика» пәнінен оқу құралын Қазақ ұлттық аграрлық университетінің ғылыми кеңесі мақұлдап басуға ұсынған (Хаттама № 2011 ж.).

УДК 532/075.8/

ББК

ISBN

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	5
I. СҰЙЫҚ ЖӘНЕ ОНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ	7
1.1 Сұйық жөнінде анықтама. Сұйықтардың тұтастығы туралы жорамал. Шынайы және идеал сұйықтар	8
1.2 Нақты сұйықтың негізгі физикалық қасиеттері	10
1.3 Сұйыққа әсер ететін күштер	10
II. ГИДРОСТАТИКА	11
2.1 Гидростатика негіздері. Гидростатикалық қысым және оның қасиеттері	13
2.2 Э. Эйлер жасаған сұйықтың тепе-тендік қалпының негізгі дифференциалды теңдеуі	14
2.3 Тыныштықтың жағдайындағы сұйықтың гидростатикалық қысымының теңдеуі	15
2.4 Ауырлық күші әсеріне тұрған сұйықтың гидростатикалық қысымының теңдеуі	16
2.5 Жазық және қисық беттік қабатқа әсер ететін сұйықтықтың гидростатикалық қысымы	25
2.6 Гидростатикалық қысымның таралу жолдары. Қысым эпюрасы	27
2.7 Архимед күші. Денелердің жүзуі	32
III. ГИДРОДИНАМИКА	35
3.1 Сұйық қозғалысын зерттеу әдістері	35
3.2 Сұйық қозғалысының түрлері	36
3.3 Сұйықтың бөлшегінің қозғалу траекториясы, ағын сызығы, ағын құбыршасы, қарапайым толтырма, сұйық ағыны туралы түсінік	37
3.4 Ағынның гидравликалық элементтері	39
3.5 Дифференциалдық үлгідегі сұйықтың үзілмейтін ағын теңдеуі	41
3.6 Гидравликалық үлгідегі сұйықтың үзілмейтін ағын теңдеуі	42
3.7 Тұтқырсыз сұйық қозғалысының дифференциальды теңдеуі (Эйлер теңдеуі)	43
3.8 Бернулли теңдеуі. Бернулли теңдеуінің мағұлматтары. Идеалды сұйықтың элементарлы шаптырмаларына арналған Бернулли теңдеуі	45
3.9 Бернулли теңдеуінің геометриялық және энергетикалық мағынасы	49
3.10 Нақты сұйықтың, элементарлы шаптырмасы үшін Бернулли теңдеуі	50
3.11 Нақты сұйықтың ағыны үшін Бернулли теңдеуі	51
3.12 Гидравликалық кедергі. Сұйықтың бір қалыпты қозғалысын орнататын теңдеу. Сұйық қозғалысының режимі. Сұйық қозғалысының режимінің түрлері.	55
3.13 Сұйық қозғалысының түрлері. Сұйық қозғалысының ламинарлық және турбуленттік режимдері туралы түсінік	58

3.14	Сұйық қозғалысының ламинарлық режимі	60
3.15	Турбулентті ағыстар. Орташа жылдамдық және кернеу. Пульсациялық бөліктер	61
IV.	СУ ҚҰБЫРЛАРЫ, ОНЫҢ КЛАССИФИКАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУ	65
4.1	Құбырлардың классификациясы. Арынды құбырларды анықтау. Қысқа және ұзын арынды құбырлар.	65
4.2	Сұйықтың тесіктер мен саптамалар арқылы ағуы	64
V	ЖАСАНДЫ АРНАЛАРДАҒЫ /КАНАЛДАРДАҒЫ/ СҰЙЫҚТЫҢ ТҰРАҚТАЛҒАН АРЫНСЫЗ БІРҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫСЫ	76
5.1	Жасанды арналардың түрлері және оларға қойылатын талаптар. Бірқалыпты қозғалыс туралы ұғым	76
5.2	Жасанды арналардың /каналдардың/ көлденең қимасының гидравликалық элементтері	79
5.3	Жасанды арналардың гидравликалық ұтымды қималары	82
VI.	ЕСЕПТЕР МЕН ЖАТТЫҒУЛАР	82
6.1.	ГИДРОСТАТИКАЛЫҚ ҚЫСЫМДЫ АНЫҚТАУ	82
6.2.	ҚЫСҚА ҚҰБЫРЛАРДЫ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУ	92
6.3.	АРЫНДЫ ҰЗЫН ҚҰБЫРЛАР ЖҮЙЕСІН ЕСЕПТЕУ	98
6.4.	ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ КЕШЕНДІ ЖОБАЛАУ	104
VII.	ТЕСТТІК ТАПСЫРМАЛАР	152
	ӘДЕБИЕТТЕР	206

КІРІСПЕ

Гидравлика пәні және оның дамуының қысқаша тарихы

Гидравлика дегеніміз сұйықтардың тепе-теңдігінің және механикалық қозғалыстарының заңдарын зерттейтін және әртүрлі практикалық есептерде осы заңдардың қолдану әдістерін қарастыратын ғылым. Гидравлика атауы гректің “хюдор”-су және “аулас” – құбыр деген сөздерінен шыққан.

Гидравлика саласында пайда болған бірінші еңбек деп Архимедтің (287-212 б. д. д. ж.) “Жүзіп жүрген денелер” саналғанымен, гидравликаның кейбір заңдары ертерек белгілі болған болуы керек, себебі Архимедке дейін де әртүрлі суландыру каналдары мен су құбырлары салынған.

Ежелгі Египетте, Индияда, Қытайда, сол заманның көзімен қарағанда алып саналатын каналдар су қоймалары тұрғызылған. Мысалы, Индияда кейбір су қоймаларының тереңдігі 15 м. жетті, Қытайда бұдан 2500 жыл бұрын ұзындығы шамамен 1800 км. Болатын Ұлы каналы салынды, ол елдегі ең үлкен сағалары аумағын жалғастырып тұрды. Бұдан 2300 жыл бұрын Римде ең бірінші су құбыры салынды.

Біздің еліміздің аумағында да суды жинау және тасымалдау үшін көптеген каналдар мен құрылыстар тұрғызылды. Орта Азия мен Кавказда жер өңдеу үшін су суару пайданылды.

Амудария өзенінің төменгі саласында бұдан 2000 жылдай бұрын салынған каналдар осы уақытқа дейін жұмыс істеп тұр.

Гидравликаның мықты теориялық негіздегі ғылым ретінде құрылуы Петербург ғылым Академиясының академигі М.В.Ломоносов (1707-1783) атқарған жұмыстарынан соң мүмкін болды.

М.В. Ломоносов 1760 жылы “Сұйықтың қаттылығы және сұйықтығы жөніндегі ойлар” атты диссертациясында өзі ашқан заттың және энергияның сақталуы заңдарын тұжырымдады.

Д. Бернелли 1738 жылы оның атымен аталатын өзі қорытқан өте маңызды теңдеулерді жариялады. Бұл теңдеулер гидравлика саласындағы теориялық құрылымдар мен практикалық есептеулердің негізі болып табылады.

Л. Эйлер 1755 жылы сұйықтың тепе теңдігі және қозғалысының дифференциалдарының теңдеулер жүйесін шығарды.

Аталған теориялық жұмыстар гидравликаның жедел қарқындап дамуының бастамасы болды. Бұл салада төмендегі аталатын ғалымдардың еңбектері өте зор: Д. Полени (1685-1761) сұйықтың тесіктер және су жібергіштер ағуы саласында жұмыс істейді; А. Шези (1718-1798) сұйықтың бірқалыпты қозғалысын зерттеді; П.Добуа (1734-1809) өзендегі су ішінде бөлшектерінің қозғалысын арнадағы су қозғалысына кедергіні қарастырды; Д. Вентуры (1746-1822) сұйықтың тесіктен және кедергілер арқылы ағыуын зерттеді. Ю.Бейсбах (1806-1871) сұйықтың қозғалысына кедергі саласындағы жұмыстарымен әйгілі болды; А. Базен (1829-1897) бірқалыпты қозғалысты және су жібергіште сұйықтың ағыуын зерттеді; О.

Райнольдс (1842-1912); ламинарлық және турбенттің қозғалыстың режимдерін зерттеуге үлкен үлес қосты.

Гидротехниканың сұранысына байланысты әртүрлі мақсатта жүргізілген терең зерттеулер нәтижесінде гидравлика теориясы саласында көптеген жаңа, тың жұмыстарды әкеліп және есептеу практикасына енгізгендер қатарында Н. Н. Павловский, И. И. Агроскин, А. И. Богомолов, М. А. Великанов, Е. А. Замарин, И. И. Леви, К. А. Михайлов, Ф. И. Пиканов, М. Д. Чертоусов, Р. Р. Чугаев, А. А. Угинчус көптеген бұрынғы Совет одағының белгілі ғалымдары болды.

Гидравликаның құбылыстарды зерттеуге және есептеуге гидравликада аналитикалық және эксперименталдық әдістер пайданылады. Аналитикалық әдісте сұйықтың теңдеулерін пайдаланып, қозғалып тұрған сұйықтың кинетикалық және динамикалық сипаттамалары арасындағы байланыстады анықтайтын сұйықтың қозғалысы мен тепе-теңдігінің теңдеуін алады. Сұйықтың құрылысының күрделі болуына байланысты аналитикалық зерттеулер механикалық теңдеулердің қолдануы жеңілдететін модельдік сұйықтар үшін жүргізеді. Мысалы, табиғаттағы бар сұйықтардан айырмашылығы оның аққан кезде тұтқырлығы болмайтын тұтқырсыз сұйықтың моделі қолданылады.

Аналитикалық зерттеулерде модельдердің қолданылуы кейбір сәйкессіздіктерге әкеледі. Олар эксперименталдық жолмен ескерілді.

Эксперименталды зерттеулер гидравликада маңызды орын алады. Гидравликалық құрылыстарды сәйкестік теориясы негізінде белгілі модельдеу әдістерін қолдана отырып жасалған моделде зерттеу ол құбылыстардың табиғи жағдайда сипатталу мүмкін параметрлерін алуды қамтамасыз етеді. Экспериментальді зерттеулер керек жағдайларда әртүрлі ықшамдаулар жасалған аналитикалық есептеулердің нәтижесінің нақтылауын қамтамасыз етеді.

Зертханадағы экспериментермен қатар табиғи жағдайдағы гидравликалық зерттеулер ол өте терең дамыған.

Гидравликалық зерттеулердің тәсілі аналитикалық және экспериментальдық тәсілдердің тиімді жақтарының араласуы (қабысуы).

Соңғы уақытта гидравликада ЭВМ-ді қолдана отырып есептеу тәсілі қарқынды дамуда. Бұл жағдайда есептеуің сандық әдісі және гидравликалық құбылыстарды сандық модельдеу қолданылады. Осындай есептеу әдістері пайданылатын гидравликаны есептелінетін гидравлика деп атайды.

Гидравликадан басқа сұйықтың тыныштығы мен қозғалысын нақты математикалық сипатқа ие теориялық гидромеханика да зерттейді. Теоретикалық гидромеханикада алынған шешулер практикалық есептеулердің барлығында қолданыла бермейді, бірақ бұл шешулер қарастырып отырған құбылыстардың жалпы заңдылықтарын ашуға көмектеседі.

I. СҰЙЫҚ ЖӘНЕ ОНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

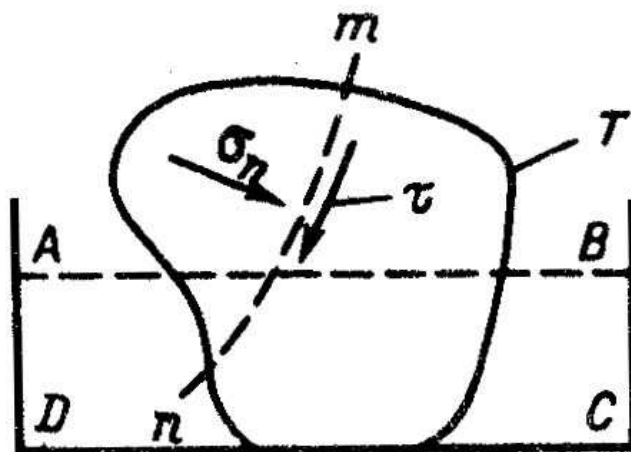
1.1 Сұйық жөнінде анықтама. Сұйықтардың тұтастығы туралы жорамал. Шынайы және идеал сұйықтар

Сұйық дегеніміз – ерекше екі қасиеті бар физикалық дене.

1) Қысым мен температура өзгерген кезде ол өзінің көлемін өте аз болмашы шамаға өзгертеді; бұл жағдайда ол қатты денеге ұқсас.

2) Ол аққыштық қасиетке ие осыған байланысты сұйықтың өз формасы болмайды және өзі асырып тұрған ыдыстың формасын қабылдайды; бұл жағдайда сұйық қатты денеге ұқсамай газға ұқсас болады.

Сұйық дененің аққыштық қасиетін түсіндіру үшін суреттен қатты дене T -ны көрсетеміз.



1.1 сурет

Бұл денеде, мысалы үшін, өз салмағының әсерінен тиісті кернеулер пайда болуы тиіс. Осы дененің қалаған жерінен $m-n$ қимасын жүргізетін болсақ, оны бұл қимада, басқа да, кез келген қимадағы сияқты нормальды кернеуден σ басқа белгіленген қиманың ұзына бойында әсер ететін жанама кернеу τ пайда болады.

Одан әрі T денесі тыныштықта тұрған, мысалы, өз салмағы әсерінен пайда болған жанама кернеу τ - ды ұстай алмайтын жағдайда ұшырады дейік. Бұл кезде T денесі өз салмағы әсерінен аға бастайды да, өзі тұрған $ABCD$ ыдысының формасын қабылдайды.

Бұдан көретініміз, қарастырылған дененің аққыштығы оның тыныштық жағдайында тұрғанда ішкі жанама кернеуге қарсы тура алмайтындығымен байланысты.

Сұйықтың екінші қасиеті мынада, сұйықтың қатты денеден айырмашылығы, тыныштық жағдайында жанама кернеуі болмайды, сондықтан ол өзі тұрған ыдыстың формасына ие болады.

Нақты және идеалды сұйық, тұтқырлық. Табиғатта кездесетін сұйықтар – нақты (реалды) сұйықтар, дегеніміз – қысым мен температураның, әдеттегі өзгерістерінде өзінің көлемін өте аз өзгертетін, сондықтан, ол көлемінің өзгерістерін ескермеуге болатын сұйықтар. Гидравликада сұйықтар абсолютті сығылмайтын дене деп қарастырылады.

Жоғарыда тыныштықта тұрған денеде жанама кернеу болмайды деп атап өткенбіз. Қозғалыстағы сұйықта, зерттеулер көрсеткендей жанама кернеу бар. Сұйықтың бір қабатының екінші қабатына сырғанап қозғалған кезінде үйкеліс пайда болып, ол ішкі жанама күштермен теңеседі. Сұйықтың қозғалған кезінде жанама кернеуінің пайда болу қасиетін – тұтқырлық деп атайды.

Аналитикалық зерттеулер жүргізгенде идеалдық сұйық түсінігі қолданылады. Идеалды (аномалді) сұйық дегеніміз – төмендегідей сипатталатын ойдан алынған сұйықтың:

а) қысым мен температура өзгерген кезде көлемі мүлдем (абсолютті) өзгермейді;

б) ешқандай тұтқырлығы болмайды, яғни оның қандай да үйкеліс күші пайда болмайды.

Идеалды сұйықтың нақты (тұтқырлы) сұйықтан айырмашылығы табиғатта кездеспейді оны нақты сұйықтың келтірген моделі ретінде ойдан алынады.

Жоғарыдағы айтылғандардан байқайтынымыз:

1. Тыныштықта тұрған жағдайда нақты және идеалды сұйық деп ажырату қажеті жоқ.

2. Қозғалыстағы сұйықты қарастырған кезде аталған екі сұйықтың айырмашылықтарымен санасуға тура келеді. Нақты сұйық жағдайында үйкеліс күші, немесе тұтқырлықты ескеру керек.

1.2 Нақты сұйықтың негізгі физикалық қасиеттері

1. Сұйықтың тығыздығы ρ , сұйықтың көлем бірлігін салмағы, немесе меншікті салмағы, M массасы, G салмағы бар, көлемді сұйық аламыз. Сұйықтың тығыздығы ρ дегеніміз M көлемдегі V қатынасы.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{M}^3} \right] \quad (1.1)$$

сондықтан

$$M = \rho V \quad (1.2)$$

Көлем бірлігінің салмағы немесе меншікті салмақ дегеніміз салмақтың көлемге қатынасы

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{M}^3} \right] \quad (1.3)$$

бұдан $G = \gamma V \quad (1.4)$

$$G = g \cdot M \quad (1.5)$$

екендігі белгілі g – дененің еркін түсу үдеуі (1.5) өрнекке (1.2) және (1.4) өрнектері қойып, мынаны аламыз.

$$\gamma V = g \rho V$$

бұдан төмендегідей өрнектерді аламыз.

$$\gamma = g \rho, \quad \rho = \frac{\gamma}{g} \quad (1.6)$$

ρ мен γ сандық мәндері анықтамалық кітаптарда келтірілген. Гидравликада дененің еркін түсу үдеуі аз өзгергендіктен $g = 9,8 \text{ м/с} = \text{const}$ деп алынады.

Сұйықтың сығымталылығы (немесе көлемдік тығыршықтығы). Алынған сұйыққа p әсер ететін жан-жақты қысым Δp мәнге көтерілгенде, оның V көлемінің ΔV -ге өзгеретінін елестетейік. Тығыршықты сығымталылық дегеніміз - оған түскен сыртқы Δp қысым қайта алынған кезде оның өзінің бастапқы V көлеміне оралуы.

Δp мәнінің аз шамасында көлемнің салыстырмалы өзгерісі $\Delta V/V$ мәні Δp шамасына тура пропорционал. Осыған байланысты тығыршықты сығымталылықтың мәні ретінде K алынған.

$$K = - \frac{\Delta p}{\frac{\Delta V}{V}} \quad (1.7)$$

K – дегеніміз сұйықтың көлемдік тығыршықтығы модулі.

Су үшін $K = 22 \cdot 10^5 \text{ кПа}$

Температуралық ұлғаю - температура өзгерген кезде сұйықтың көлемінің өзгеру қасиеті. Көлемдік ұлғаюдың температураның коэффициентімен сипатталды. Тұрақты қысым жағдайында. Температура 1°C өзгергенде көлемінің салыстырмалы өзгеруін көрсетеді.

$$\beta_T = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1.8)$$

Тұтқырлық. - сұйықтың қабаттарының салыстырмалы сырғуына қарсылық көрсету қасиеті. Сұйықтың қабаттарының салыстырмалы қозғалысы кезінде олардың жанасу беттерінде сырғуға қарсы пайда болатын күш. Олар ішкі үйкеліс күші немесе тұтқырлық күші деп аталады. Осы күштердің арқасында жайырақ қозғалатын сұйықтың қабаты қаттырақ қозғалатын қабатты тежейді, немесе керісінше. Ішкі үйкеліс күші қозғалыстағы сұйықтың молекула аралық байланыстарының нәтижесінде пайда болады.

Сұйықтағы ішкі үйкеліс күшін бірінші рет Ньютон байқады. Ол ішкі үйкеліс күші мен қабаттардың жанасу ауданы және қабаттардың қозғалуының салыстырмалы жылдамдықтары арасындағы пропорциональдықты анықтайды.

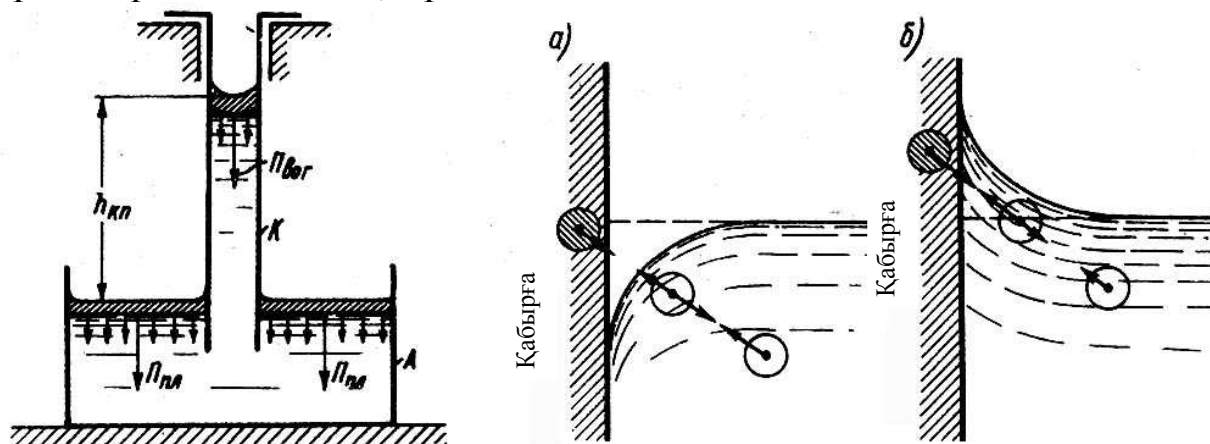
$$\tau = M \frac{d\theta}{dt} \quad (1.9)$$

M – динамикалық тұтқырлық $\frac{d\theta}{dt}$ жылжудың деформациясының жылдамдығы.

Кейінгі зерттеулер ішкі үйкеліс күші әсерінен пайда болатын жанама кернеудің сандық мәнін анықтады.

Тұтқырлық вискозиметрмен өлшенеді.

Капиллярлық. Кіші диаметрлі трубкалардың (капиллярлар) ішіндегі сұйықтың еркін бетінің қисаюы байқалады. Егер трубканың беті ылғалданатын болса, сұйықтың еркін беті капиллярда ойық болады да, сұйық жоғары көтеріледі. Бұл жағдайларда беттік керілу күштері сұйықта қосымша кернеу туғызады. Осы кернеудің әсерінен кішкентай диаметрлі құбыршаларда капиллярлық көтерілу (сұйық жұғатын болса) немесе түсу (сұйық жұқпайтын болса) құбылысы байқалады.



1.2 сурет

Жер қабатында сұйық капилляр арқылы көтерілуі судың таралуы негізгі себебі болады. Топырақтағы капиллярлық көтеріну биіктігі, (тастар үшін 0 мм, сазда 5 м-ге дейін жетеді). Минеральдылық капиллярлық көтерілуді көбейтеді.

1.3 Сұйыққа әсер ететін күштер

1. Өз массасымен $\Delta M = \rho \Delta V$ сұйықтың әрбір бөлшегіне әсер ететін күштер, немесе массаға таралған күштер. Бұларға ауырлық күші, инерция күші жатады. Массалық күштерге және гравитациялық (күннің, айдың тартылыс) күштер де жатады.

Сұйықтың берілген көлеміне түскен көлемдік күштің мәні.

$$F = M\Phi \quad \text{немесе} \quad F = V\Phi_0 \quad (1.10)$$

Мұнда M – сұйықтың V көлемінің массасы, Φ - сұйықтың бірлік массасына келетін меншікті көлемдік күш, Φ_0 - сұйықтың бірлік көлеміне келетін меншікті көлемдік күш.

2. Сұйықты шектеп тұрған ішінен еркін жүргізілген әрбір элементіне әсер ететін күштер – беттік күштер деп аталады. Оған бетке нормаль болып келетін қысым күші P және бетке жанама болатын үйкеліс күші τ жатады.

II. ГИДРОСТАТИКА

2.1 Гидростатика негіздері. Гидростатикалық қысым және оның қасиеттері

Гидростатикада тыныштық жағдайында тұрған сұйық зерттеледі. Бұрын атап өткеніміздей, тыныштық жағдайында тұрған сұйықты жанама кернеу ($\tau = 0$) әрқашанда нөлге тең ($\tau = 0$). Сондықтан, тыныштықта тұрған тұрған сұйықты қарастырған кезде оның бойындағы кез келген нүктесінде біз тек қана нормальды кернеуді байқаймыз: $\sigma = \sigma_n$

Тыныштықтағы сұйықта алынған нүктедегі гидростатикалық қысым деген түсінік -гидростатикадағы негізгі түсінік.

Бұл қысымды p әрпімен белгілер және қысқарта жәй ғана “гидростатикалық қысым” деп атау қабылданған.

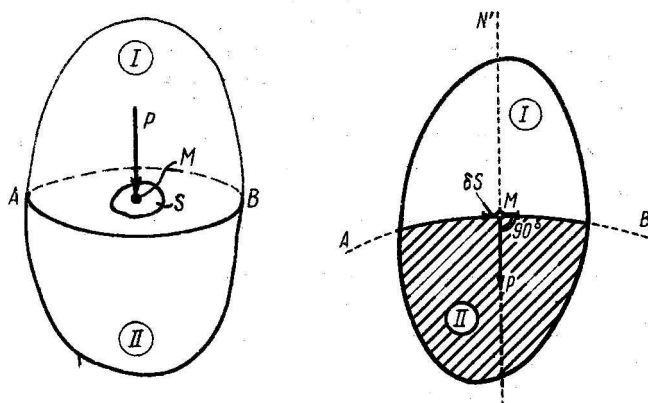
Тыныштықтағы сұйық жағдайында берілген нүктедегі гидростатикалық қысым дегеніміз сол нүктедегі кернеудің модуліне тең скаляр шаманы айтады.

$$p = |\sigma| \quad (1.11)$$

мұнда $|\sigma|$ - кернеудің модулі (қарастырылып отырған нүктені айнала алынған алаңқайдың орналасу бұрышына байланысы жоқ).

Гидростатикалық қысымды төмендегі жолмен түсіндіріп көрейік:

Тыныштық жағдайдағы кез келген көлемдегі сұйықтың суретін елестетейік. Осы көлемнің ішінен M нүктесін белгілеп, осы нүкте арқылы өтетін кез келген AB бетті аламыз. Бұл бет берілген сұйықтың көлемін екі бөлікке (I және II) бөледі. AB бетінің M нүктесін айналдыра S ауданында бөліп аламыз.



1.3 сурет

AB беті арқылы I бөліктен II бөлікке қарай қысым күші түседі. Бұл күштер, біз оны P -мен белгілейміз, S ауданға түсуі керек.

Қарастырып отырған S ауданға түсетін P күші гидростатикалық қысым күші (немесе жиынтық гидростатикалық қысым) леп аталады.

Көріп отырғанымыздай бұл аудандар әртүрлі бағыттарда ие. Енді I бөліктен II бөлікке түсетін қысымды қарастырайық. Мұнда M нүктесіндегі p қысымның әртүрлі S_1, S_2, \dots, S_n аудандарға түсетіндерін p_1, p_2 деп белгілейміз.

Бірінші қасиетке байланысты, M нүктесіндегі кернеу σ өзі түсіп тұрған ауданға нормальболуы керек. Ал екінші қасиетке байланысты қысым p (p_1, p_2, \dots), оның векторы барлығы үшін бірдей болуы керек.

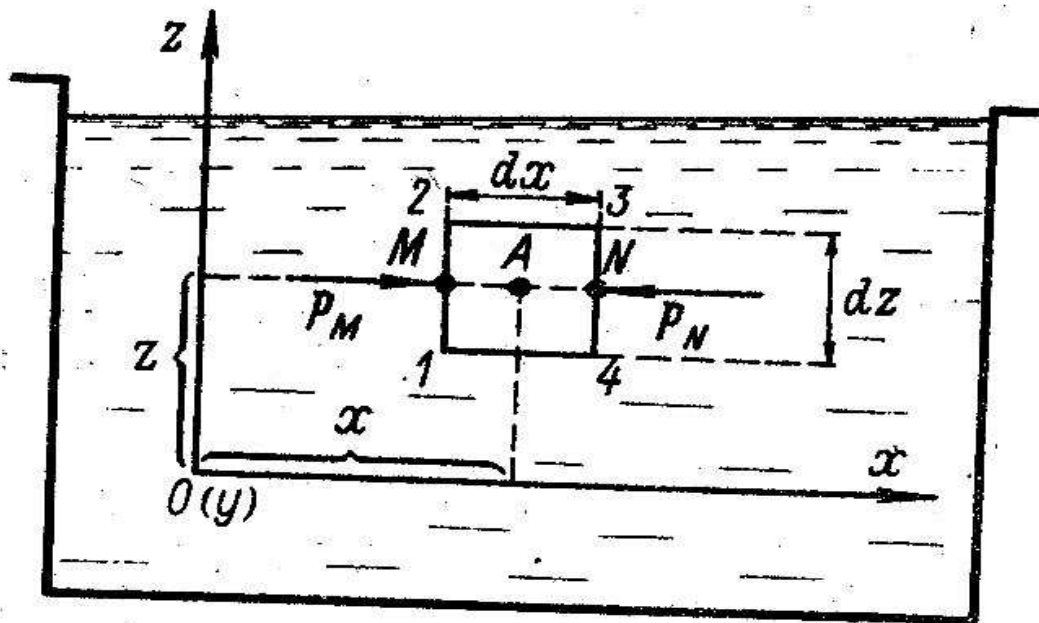
$$p_1 = p_2 = p_3.$$

2.2 Э. Эйлер жасаған сұйықтың тепе-тендік қалпының негізгі дифференциалды теңдеуі

Қандай да бір (ауырлық күші де болмауы мүмкін) сыртқы көлемдік күш әсер ететін тыныштық қалпындағы сұйықты аламыз (1.5 сурет).

Ox, Oy, Oz өсіне сәйкес межейікті көлемдік күш Φ -тың проекцияларын Φ_x, Φ_y, Φ_z – ті белгілейміз.

Ox, Oy осьтерінің бағытымен тіктөртбұрыш 1-2-3-4 параллелепипедтен тұратын тыныштықтағы сұйықтың элементарлық көлемін бөліп аламыз. Параллелепипедтің қабырғалары dx және dz сондай ақ сызбаның бетіне перпендикуляр болатын dy мәндерін өте кішкентай деп есептейміз.



1.5 сурет

Параллелепипедтің ортасынан x, y , және z координаталары бар A нүктесін аламыз. Бұл нүктедегі қысымды p –деп белгілейміз. Осы A нүктесі арқылы O_x осіне параллел MN сызығын жүргізе отырып, осының бойында гидростатикалық қысым үздіксіз өзгеріп отырады деп есептейміз. MN сызығын ұзына бойғы бірлігіне келетін гидростатикалық қысымның өзгерісін жеке туынды $\frac{dp}{dx}$, арқылы қарастырайық.

$\frac{\partial p}{\partial x}$, пайдалана отырып M және N нүктесіндегі қысымды өрнектейміз.

$$p_m = p - \frac{1}{2} dx \frac{\partial p}{\partial x} \quad (1.14)$$

$$p_N = p + \frac{1}{2} dx \frac{\partial p}{\partial x} \quad (1.15)$$

мұнда оң жақтағы теңдіктің екінші құраушысы p қысымның $\frac{1}{2} dx$ ұзындықтағы өзгеруін көрсетеді.

Одан әрі былай ойластырамыз:

а) Элементарлық параллелепипедке әсер ететін барлық күштерді анықтаймыз.

б) Бұл күштерді O_x осіне проекциялаймыз. Қарастырып отырған параллелепипед тыныштық жағдайында тұрғандықтан, барлық табылған күштердің проекцияларының суммасын нольге теңестіреміз. Нәтижесінде бірінші дифференциалды теңдеу аламыз.

в) 2-ий және 3-ий дифференциалдық теңдеуді алу үшін параллелепипедке әсер ететін барлық күштерді тиісінше O_y және O_z осьтеріне проекциялаймыз.

Айтылған жолмен жүріп тек 1-ші дифференциалдық теңдеуді шығарамыз.

1-2-3-4 параллелепипедке әсер етуші күштер:

а) көлемдік күш

$$\Phi (dx dy dz) \rho \quad (1.16)$$

мұнда $(dx dy dz) \rho$ - 1-2-3-4 параллелепипедті құрап тұрған сұйықтың массасы. Бұл күштің O_x осіне проекциясы

$$\Phi_x (dx dy dz) \rho \quad (1.17)$$

б) беттік күштер: 1-4 және 2-3 қырларындағы қысым күшінің айырмашылығының O_x осіне проекциясы нольге тең; 1-2 және 3-4 қырларындағы қысым күшінің айырмашылығы мынаған тең:

$$\begin{aligned} P_M - P_N &= p_m(dx dy) - p_N(dz dy) = \left(p - \frac{1}{2} dx \frac{\partial p}{\partial x} \right) dy dz - \\ &- \left(p + \frac{1}{2} dx \frac{\partial p}{\partial x} \right) dy dz = -\frac{\partial p}{\partial x} (dx dy dz) = 0 \end{aligned} \quad (1.18)$$

2. Барлық күштерді O_x осін проекциясының қосындысы нольге тең.

$$\Phi_x - (dx dy dz) \rho - (dx dy dz) = 0 \quad (1.19)$$

Бірінші теңдеу осылай көрініс табылады. Қалған екеуін біріншідей етіп табамыз. Табылған үш дифференциалдық теңдеу соңына төмендегідей болады (сұйықтың массасының бірлігіне келтіргенде).

$$\Phi_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad \Phi_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad \Phi_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \quad (1.20)$$

Бұл теңдеулерді Э. Эйлер бірінші рет 1755 ж. шығарған.

2.3 Тыныштықтың жағдайындағы сұйықтың гидростатикалық қысымының теңдеуі

(1.20) дифференциалдық теңдеудің 1-шісін dx , екіншісін dy 3-шісін dz көбейтеміз. Сонан соң бұл теңдеулердің оң жағын және сол жағын бір-біріне қосамыз.

$$\Phi_x dx + \Phi_y dy + \Phi_z dz - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) = 0 \quad (1.21)$$

Кез-келген нүктедегі қысым тек координаттың ғана функциясы болғандықтан:

$$p = f(x, y, z) \quad (1.22)$$

(1.21) теңдіктегі жақшаның ішіндегі өрнектер p -ның толық дифференциалы деп айтуымызға болады, немесе ол dp тең. Сондық (1.21) қайта мына түрде жазамыз:

$$dp = \rho(\Phi_x dx + \Phi_y dy + \Phi_z dz) \quad (1.23)$$

(1.23)-шы теңдеудің оң жағында жақшаның ішінде тұрған өрнек те координатаға байланысы бар (U) функциясының толық дифференциалы болып табылады. Сонда

$$dp = \rho dU \quad (1.24)$$

мұнда $dU = \Phi_x dx + \Phi_y dy + \Phi_z dz$

(1.24)-шы теңдіктен интеграл алатын болсақ

$$p = \rho U + c \quad (1.25)$$

мұнда C - интегралдау тұрақтысы.

C мәнін анықтау үшін p және U мәндері белгілі сұйықтың нүктесін қарастырайық

$$p = p_0; U = U_0 \quad (1.26)$$

Бұл нүкте үшін (1.25) былай жазылады:

$$p_0 = \rho U_0 + c \quad (1.27)$$

бұдан $c = p_0 - \rho U_0 \quad (1.28)$

(1.28)-ті (1.25)-ші теңдеуге қойып, мынаны аламыз

$$p = \rho U + p_0 - \rho U_0 \quad (1.29)$$

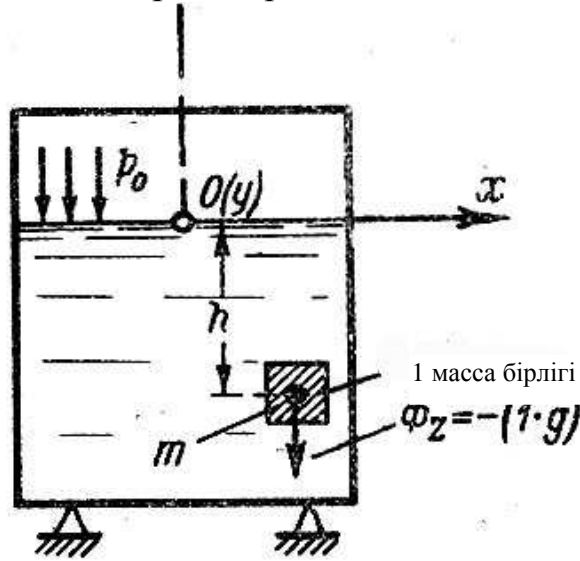
немесе $p = p_0 + \rho(U - U_0) \quad (1.30)$

(1.30) теңдеу $\rho = const$ - тұрақты болған кездегі нүктедегі кез келген көлемдік күштер жүйесінің әсерінен пайда болатын қысымды береді.

2.4 Ауырлық күші әсеріне тұрған сұйықтың гидростатикалық қысымының теңдеуі

Тек ғана бір көлемде күш – ауырлық күші ауырлық күші түсіп тұрған сұйықты қарастырамыз (1.6 сурет).

Суреттің ішінде сұйығы бар жабық ыдысты қарастырамыз. Сыртқы беттік қысымды (немесе сұйықтың еркін бетіне түсетін қысымды) P_0 -деп белгілейміз. Суретте көрсетілгендей ординаталар осін ашып, m нүктесін айнала бірлік массасы бар сұйықты бөліп аламыз. Бұл алынған масса бірлігіне көлемдік Φ күші әсер етеді.



1.6 сурет

Егер сұйыққа әсер ететін көлемдік күштер тек ауырлық күшінен тұратын болса, онда:

$$\Phi_x = 0: \quad \Phi_y = 0 \quad \Phi_z = -g \quad (1.31)$$

где g - еркін түсу үдейі; Φ_x Φ_y Φ_z – Φ күшінің координата остеріне проекциясы (1.24) өрнегін еске түсіреміз

$$dp = \rho dU \quad (1.32)$$

мұндағы dU біздің жағдайымызда.

$$dU = \Phi_x dx + \Phi_y dy + \Phi_z dz = -gdz \quad (1.33)$$

1.33 өрнекті 1.32-ге қоямыз.

$$dp = -\rho g dz : \quad (1.34)$$

Интеграл алатын болсақ,

$$p = -\rho g z + c \quad (1.35)$$

немесе $p = -\gamma z + c \quad (1.36)$

Егер (1,35) өрнекті: ρg бөлсек онда (1.37) өрнекті аламыз.

$$z + \frac{p}{\rho g} = const \quad (1.37)$$

Тыныштықта тұрған сұйықтың екі нүктесі үшін (1.37) келесі түрде жазылады:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} \quad (1.38)$$

Бұл алынған теңдеу гидростатиканың гидростатиканың негізгі теңдеуі.

(1.36) өрнектегі C-интеграл тұрақтысы. C-ны анықтау үшін сұйықтың еркін бетінен бір нүкте аламыз. Бұл жерде $Z = 0$ ал $p = p_0$ (1.6 суретті), соңғы (1.36) өрнек бұл нүкте үшін былай жазылады.

$$C = p_0 :$$

Сондықтан (1.36) орнына былай жазамыз.

$$p = p_0 - \gamma z \quad (1.39)$$

m -нүктесінің судың бетінен төмен түсуын h белгілейтін болсақ.

$$h = -z \quad (1.40)$$

Сонда (1.39) өрнекті былай жазуға болады.

$$p_A = p_0 + \gamma h \quad (1.41)$$

мұнда p_A -қарастырылып отырған нүктедегі абсолюттік қысым, p_0 -су бетіндегі сыртқы қысым. (10)

$\gamma h = p_c$ -деп белгілейтін болсақ, ол салмақтың қысымы деп аталады.

$$p_A = p_0 + p_c \quad (1.42)$$

(1.42) өрнектен байқайтынымыз нүктедегі абсолюттік қысым су бетіне түскен сыртқы күш пен нүктедегі салмақ қысымына тең.

Егер ыдыстың беті ашық болса, онда $p_0 = p_a$ - атмосфералық қысымға тең. Бұл жағдайда (1.42) орнына

$$p_A = p_a + \gamma h \quad (1.43)$$

$$p = p_A - p_a \quad (1.44)$$

нүктедегі абсолюттік қысымының атмосфералық қысымнан артық бөлігін артылған қысым (p) немесе атмосфералықтан жоғары қысым деп белгілейміз.

а) сонда беті жабық ыдыстар үшін (11) формула.

$$p_A = p_0 + \gamma h = p_0 + p_c = p_a + p \quad (1.45)$$

б) беті ашықтар ыдыстар үшін:

$$p_A = p_a + \gamma h = p_0 + p_c = p_a + p \quad (1.46)$$

бұдан байқайтынымыз ашық ыдыстар үшін салмақтың және артылған қысым деген түсінік бір-біріне сәйкес келеді.

$$p = p_c = \gamma h \quad (1.47)$$

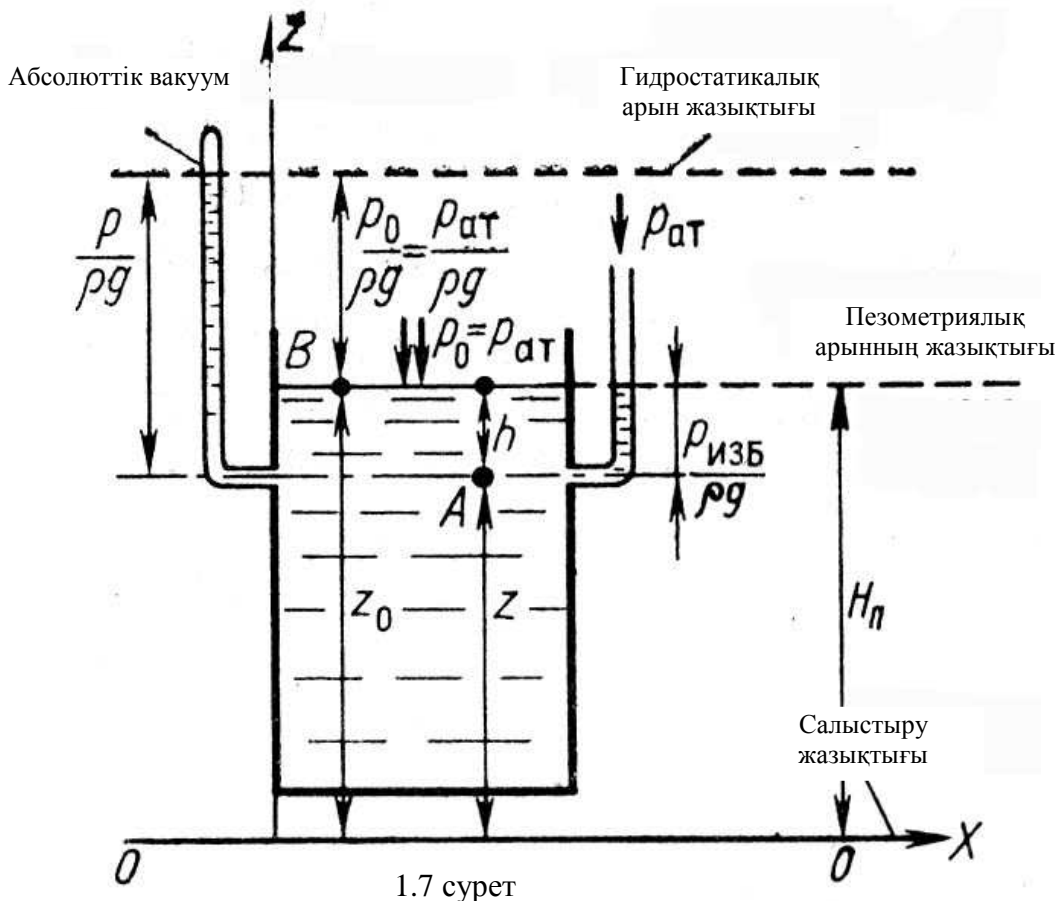
ал жабық ыдыстар үшін p и p_c әр түрлі мәні ие.

$$p = p_c + (p_0 - p_a) \quad (1.48)$$

Өзіміз көріп отырғандай, бес түрлі қысымның білгілері бар. Олар p_A, p, p_c, p_a және p_0 . p - артылған гидростатикалық қысым (атмосфералық жоғары) немесе манометріне қысым деп атайды.

Пьезометрлік биіктік. Пьезометрлік сөзі гректің “пьеzo” қысым “өлшеу” деген сөздерінен шыққан. Пьезометрлік биіктік дегеніміз артылған қысымының p меншікті салмағы γ қатынасы.

$$\frac{p}{\gamma} = h_n \quad (1.49)$$



1.7 сурет

Егер жабық ыдыстан (1.7 сурет) A нүктесін алып оған ашық трубка қоссақ, онда трубқадағы сұйық белгілі бір денгейге h көтеріледі. Мұны манометрлік немесе пьезометрлік қысым дейді. Ыдыстағы P_0 қысым атмосфералық P_a кем болса, манометрлік қысым теріс болады. Оны вакуум дейді.

$$h_{\text{вак}} = \frac{P_a - P}{\gamma} \quad (1.50)$$

Жабық резервуардағы тыныштық қалыптағы сұйықты қарастырамыз. Бұл ыдыстағы су бетіндегі қысым p_0 . Бұл резервардың ішінен екі A және B нүктесін аламыз да пьезометр орнатамыз. Бұларды салыстыру үшін OO салыстыру жазықтығын саламыз. A және B нүктелерінің осы жарықтықтан қашықтығы z_A және z_B ; Егер бұл нүктедегі гидростатикалық қысымды p_A және p_B деп белгілейтін болсақ онда пьезометрлік биіктіктер $\frac{p_A}{\gamma}$ және $\frac{p_B}{\gamma}$ болады.

Гидростатиканың негізгі теңдеуі бойынша

$$H_G = z_A + \frac{p_A}{\gamma} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} = \text{const} \quad (1.51)$$

H_G – гидростатикалық немесе пьезометрлік арын дейді. Егер осы резервуарға A нүктесіне дейін төбесі жабық, демек ондағы қысым 0-ге тең болатын түтікшені төңкеретін болсақ, онда сұйық $\frac{p_A}{\gamma}$ биіктікке көтеріледі. шыну p_A - A нүктесіндей толық гидростатикалық қысым. Бұл биіктік - келтірілген биіктік деп атайды.

Гидростатикалық негізгі теңдеудің тыныштықтағы сұйықтың екі нүктесіне қолданатын болсақ, онда

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \quad (1.52)$$

егер бірінші нүктеде қысымды Δp -ге өзгертетін болсақ, онда екінші нүктеде қысым Δp_2 -ге өзгеруі керек.

Гидростатиканың негізгі теңдеуі бойынша

$$z_1 + \frac{p_1 + \Delta p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2 + \Delta p_2}{\gamma} \quad (1.53)$$

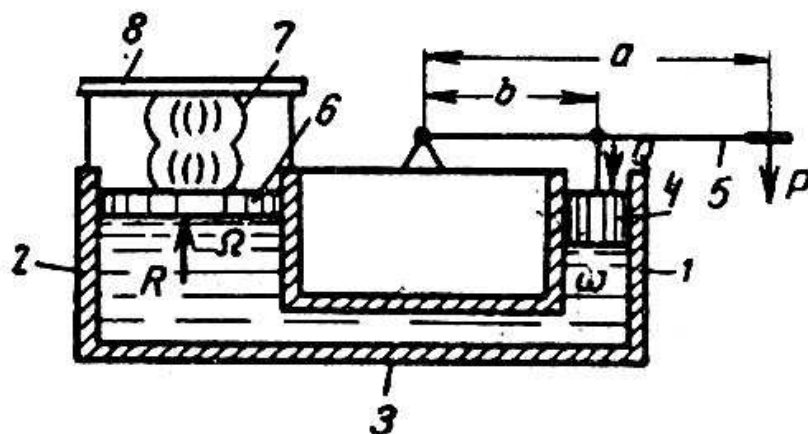
немесе

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 \quad (1.54)$$

немесе тыныштықта тұрған бір нүктесінің қысымы өзгерсе, онда ол басқа нүктелерге өзгеріссіз берілді, яғни тепе-теңдік қалыпта тұрған жабық ыдыстағы сұйықтың бетіне түскен қысым сұйықтың ішіндегі барлық нүктелеріне бірдей тарлады. Мұны Паскаль заңы дейміз.

Паскаль заңы техникада кеңінен қолданылады. Тұрмыста кездесетін гидравликалық пресстің, гидравликалық домкраттың, гидравликалық тормоздың жұмыс істеу принципі осы заңдылықтарға негізделген.

Гидравликалық пресстің схемасы 1.8 суретте көрсетілген. Ол өз ара құбырмен 3 жалғастырылған екі цилиндрден 1, 2 тұрады. Кіші цилиндрде рычагпен 5 жалғастырылған поршень 4 бар. Үлкен цилиндрде үстіне престелетін затты 7 орналастыратын үлкен цилиндр 6 бар. Рычаг Р жүктің көмегімен іске қосылады. Бұл жағдайда поршень 4 төмен қарай қозғалып сұйыққа қысым түсіреді. Бұл қысым 6 поршенге беріледі. Осының әсерінен поршень 6 жоғары көтеріліп денені 8 сығады.



1.8 сурет
Гидравликалық пресстің схемасы

Гидравликалық пресстің жұмысына байланысты негізгі қатынастарды анықтайық. Рычагтың ұшына түсетін күшті Р деп белгілейік. Ал иіндерінің ұзындығы a және b . Рычагтың тепе теңдігін қарастырып және ол үшін моменттер теңдеуін құра отырып, мына теңдеуді жазуымызға болады

$$\frac{P}{Q} = \frac{b}{a}, \quad (1.55)$$

мұнда Q – кіші поршеньге түсетін күш.

Бұл қатынастан табатынымыз

$$Q = P \frac{a}{b}. \quad (1.56)$$

$a > b$ болғандықтан $Q > P$. Сондықтан рычагты беріліс арқылы біз кіші поршенге түсетін күшті үлкейтетін боламыз.

Кіші поршеннің сұйықтың бетіне түсіретін орташа қысымы мынаған тең:

$$p = \frac{Q}{\omega} = P \frac{a}{b\omega}, \quad (1.57)$$

мұнда ω – кіші поршеннің ауданы.

Паскаль заңы бойынша бұл орташа қысым сұйықтың ішіндегі барлық нүктелерге, оның ішінде үлкен поршеннің сұйық тиіп тұрған бетіне де таралады. Сонда ауданы Ω болатын үлкен поршенге түсетін сұйықтың күші мынаған тең:

$$R = p\Omega = \frac{Q}{\omega} \Omega, \quad (1.58)$$

немесе

$$R = P \frac{a}{b} \cdot \frac{\Omega}{\omega}. \quad (1.59)$$

Яғни, гидравликалық прессте кішкентай күштің (P) көмегімен үлкен күш (R) алуға болады. Бұл күшті заттарды сығымдыуға және басқа мақсаттарға пайдалануға болады.

Өткен тақырыптар бойынша жаттығу жұмыстары

1 мысал. Тереңдігі $h = 8$ м болатын резервуардың түбіндегі абсолюттік гидростатикалық қысымды анықтаңыз, егер а) меншікті салмағы 9810 н/м^3 болатын сумен; меншікті салмағы 7720 н/м^3 болатын мұнаймен толтырылған болса:

Шешімі: Сұйықтың абсолюттік гидростатикалық қысымы (1.43) өрнегі көмегімен анықталады.

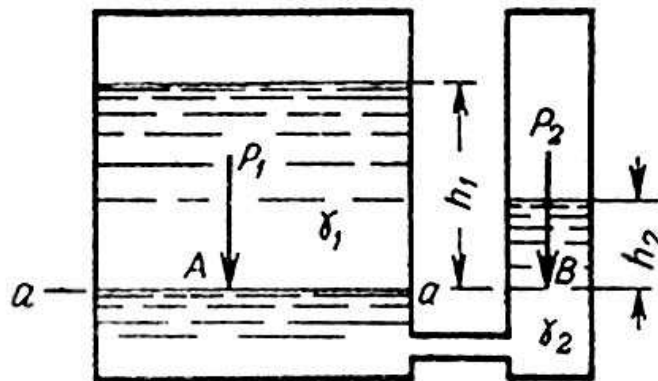
Резервуар сумен толтырылғанда ондағы абсолютті қысым мынаған тең:

$$p_A = 1 \cdot 9,81 \cdot 10\,000 + 9810 \cdot 8 = 176\,580 \text{ н/м}^2.$$

Резервуар мұнаймен толтырылғанда ондағы абсолютті қысым мынаған тең:

$$p_A = 1 \cdot 9,81 \cdot 10\,000 + 7720 \cdot 8 = 159\,860 \text{ н/м}^2$$

2 мысал. Бір біріне қатынасы бар ыдыстарға екі түрлі бір бірімен араласпайтын меншікті салмақтары $\gamma_1 = 10010 \text{ н/м}^3$ және $\gamma_2 = 7250 \text{ н/м}^3$ болатын сұйықтар құйылған. Олардың бөліну жазығынан $a - a$ осы сұйықтардың еркін бетіне дейінгі биіктіктерін h_1 және h_2 анықтаңыз.



Шешімі: $a - a$ бөліну жазығынан A және B нүктелерін белгілейміз. Бұл нүктелерде әсер ететін гидростатикалық қысымдар тепе-теңдік шарты бойынша бір біріне тең, яғни $p_1 = p_2$. $p_1 = \gamma h_1$ және $p_2 = \gamma h_2$ болғандықтан, төмендегі қатынасты жазуымызға болады.

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{10010}{7250} = 1,38,$$

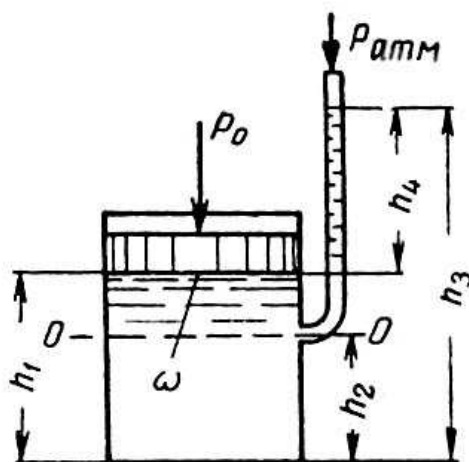
Бұл өрнек, қатынасын ыдыстарға бір бірімен араласпайтын, әртүрлі сұйықтар құйылса, олардың тепе-теңдік жағдайындағы деңгейлерінің

биіктіктері осы сұйықтардың меншікті салмақтарына кері пропорционал болатынын көрсетеді.

Жазылған өрнектен h_1 және h_2 биіктіктерді анықтаймыз.

$$h_1 = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} h_2 = \frac{1}{1,38} h_2 \text{ және } h_2 = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} h_1 = 1,38 h_1$$

3 мысал. Цилиндрлік ыдыс $h_1 = 0,8$ м дейін сұйықпен толтырылған. Бұл сұйықтың бетіне поршень арқылы берілетін сыртқы P_0 күші әсер етеді. Цилиндрлік ыдысқа оның түбінен $h_2 = 0,5$ м биіктікте пьезометр жалғастырылған. Пьезометрдегі сұйықтың бетінің биіктігі $h_3 = 1,8$ м биіктікте. P_0 күшінің мәнін (поршеннің салмағын есептемегенде) және P_0/ω -ге тең болатын p_0 сыртқы күшіне сәйкес келетін пьезометрлік биіктікті табыңыз. Мұнда $\omega = 0,2$ – поршеннің ауданы, м^2 ; $\gamma = 7350$ н/м^3 – сұйықтың меншікті салмағы.



Шешімі: О-О салыстыру жазығымен салыстырғандағы сұйықтың артылған гидростатикалық қысымы мынаған тең.

$$p = \gamma (h_1 - h_2) = 7350(0,8 - 0,5) = 2200 \text{ н/м}^3.$$

Ал осы деңгейдегі абсолютті гидростатикалық қысым мынаған тең:

$$p_A = \gamma (h_3 - h_2) = 7350(1,8 - 0,5) = 9600 \text{ н/м}^2$$

Тепе-теңдік жағдайын қарастыра отырып мына теңдеуді жазамыз.

$$P_0 + p = p_A,$$

бұдан

$$P_0 = p_A - p$$

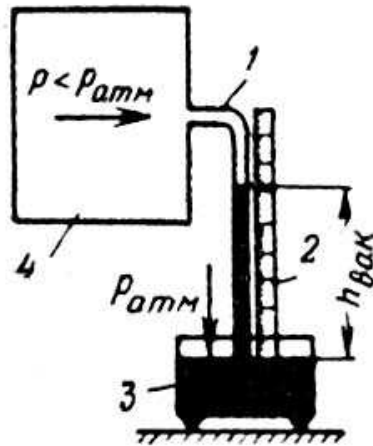
немесе

$$p_0 = \gamma (h_3 - h_1) = 7350(1,8 - 0,8) = 7350 \text{ н/м}^2.$$

Бұл қысымға сәйкес келетін пьезометрлік қысым мынаған тең:

$$h_4 = h_3 - h_1 = 1,8 - 0,8 = 1 \text{ м.}$$

4 мысал. Егер ыдыстағы 4 артылған гидростатистикалық қысым $p = 29430$ н/м^2 болса, сынапты вакуумметрдегі сынаптың биіктігі қандай биіктікке көтеріледі.



Шешімі: $p_{\text{вак}} = p - p_0$ өрнегі бойынша табамыз.

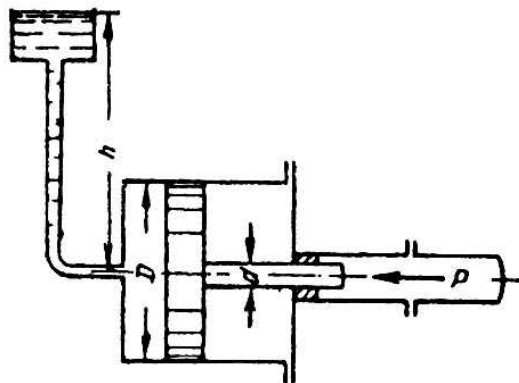
$$P_{\text{вак}} = 98100 - 29430 = 68670 \text{ н/м}^2.$$

(1.50) теңдеуі бойынша сынап бағанасының биіктігі мынаған тең:

$$h = \frac{38670}{133300} = 0.51 \text{ м}$$

мұнда 133300 н/м^3 сынаптың меншікті салмағы.

5 мысал. Егер шток поршенінің меншікті қысымы $p=6270000 \text{ н/м}^2$, $d = 0,1 \text{ м}$ және $h = 10 \text{ м}$ болса, мультипликатордың поршенінің диаметрінің штоктың диаметріне қатынасын D/d және мультипликатордың поршенінің диаметрін D табыңыз.



Шешімі. Поршенге түсетін қысым күші мынаған тең:

$$P_1 = \gamma h \frac{\pi D^2}{4}$$

Шток поршенінің қысым күші

$$P_2 = p \frac{\pi d^2}{4}$$

Тепе-теңдік жағдайын қарастыра отырып былай жазамыз:

$$P_1 = P_2$$

немесе

$$\gamma h \frac{\pi D^2}{4} = p \frac{\pi d^2}{4},$$

бұдан алатынымыз:

$$\frac{D^2}{d^2} = \frac{p}{\gamma h} \text{ немесе } \frac{D}{d} = \sqrt{\frac{p}{\gamma h}} = \sqrt{\frac{6270000}{98100 \cdot 10}} = 8$$

Сонда поршеннің іздеп отырған диаметрі мынаған тең:

$$D = 8d = 8 \cdot 0,1 = 0,8 \text{ м.}$$

2.5 Жазық және қисық беттік қабатқа әсер ететін сұйықтың гидростатикалық қысымы

Фигурасы кез келген бетке әсер ететін гидростатикалық қысымының күші. Гидростатикалық қысымының бірінші қасиетіне байланысты S ауданның барлық нүктелеріне сұйықтың қысымы қабырғаға нормаль (90°) болып түседі (1.10 сурет). Сондықтан S ауданға түсетін абсолюттік қысым да қабырғаға байланысты алғанда нормаль болады.

Төмендегі мәселелерді табуға мақсат қояйық:

- а) абсолюттік гидростатикалық қысымның P_A күшін;
- б) P_A күшінің әсер ету сызығының орнын.

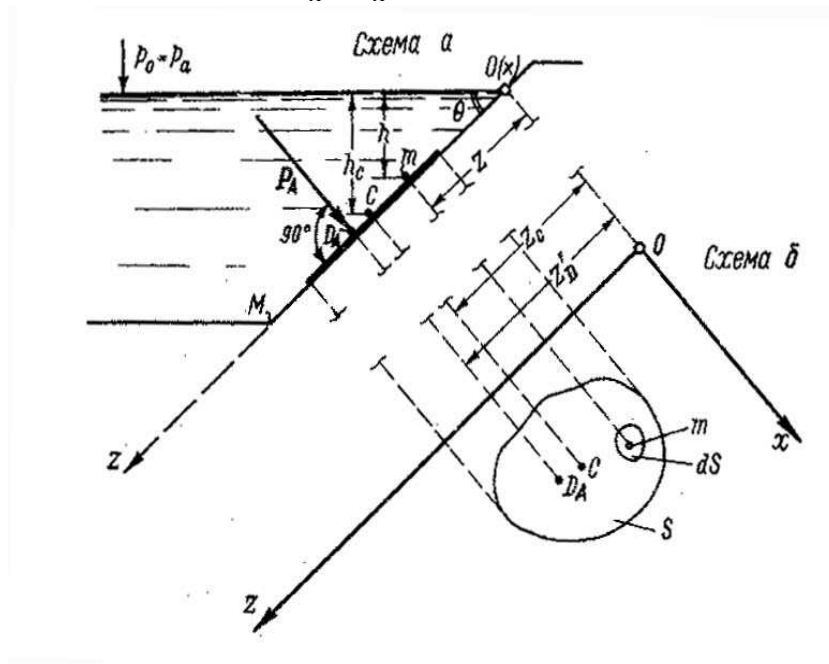
1. P_A күші. Қарастырып отырған фигурадан кез келген m нүктесін аламыз. Оның координатасы z және ол h тереңдікке батырылған.

Сонда

$$h = z \sin \theta \quad (1.60)$$

Мұнда θ су беті мен көлденең қабырғасын арасындағы бұрыш. Осы m нүктесін айналдыра өте кішкентай dS ауданын аламыз. Бұл ауданға түсетін абсолюттік гидростатикалық қысым күші.

$$dP_A = P_A dS \quad (1.61)$$



1.10 сурет

немесе

$$dP_A = (p_a + \gamma h) dS = p_a dS + \gamma h ds = p_a ds + \gamma \sin \theta ds \quad (1.62)$$

Бұл өрнектен бүкіл S аудан бойынша интеграл алсақ:

$$P_A = p_a \int_S dS + \gamma \sin \theta \int_S z ds \quad (1.63)$$

мұнда

$$\int_S ds = S : \quad \int_S Sz ds = (St)_{ox} = z_c S \quad (1.64)$$

мұнда $(St)_{ox}$ - тегіс фигураның O_x осіне қатынасты статикалық моменті;
 z_c - берілген тегіс фигураның ауырлық орталығының координатасы.
(1.64) өрнекті (1.63) қойып алатынымыз.

$$P_A = p_a S + \gamma S z_c \sin \theta \quad (1.65)$$

$z_c \sin \theta = h_c$ болдады.

h_c – тегіс фигураның ауырлық орталығы болатын C нүктесінің су бетінен тереңдігі.

$$P_A = p_a S + \gamma h_c S \quad (1.66)$$

немесе

$$P_A = (p_a + \gamma h_c) S = S(P_A)_c \quad (1.67)$$

Мұнда $(P_A)_c$ – қарастырылып отырған тегіс фигураның ауырлығының орталығы болатын C нүктесіне түсіп тұрған абсолюттік гидростатикалық қысым.

(1.66) формуланы былай етіп те жазуға болады.

$$P_A = P_a + P \quad (1.68)$$

мұнда P_a атмосфераның (беттік) қысымның әсерінен пайда болған сұйықтың арқылы фигураның бетіне түсетін қысым.

$$P_a = p_a \cdot S \quad (1.69)$$

P – ауырлық қысымының күші.

$$P = \gamma h_c \cdot S = p_c S \quad (1.70)$$

Мұнда p_c - ауырлық орталығына түсетін артылған қысым.

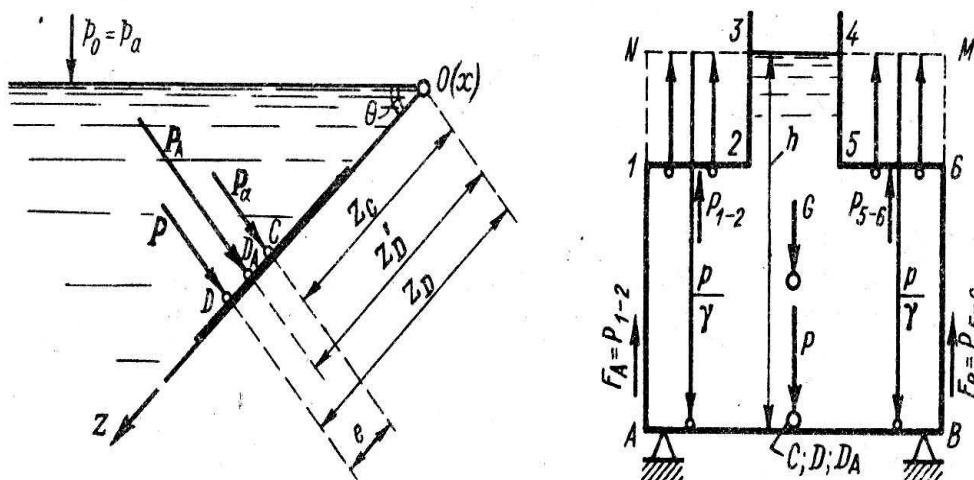
2. Қарастырып отырған фигура беті мен P_A күші сызығының қиылысында орналасқан D_A нүктесі, P_A күші қысымының орталығы деп аталады.

Егер D_A нүктесінің орнын табатын болсақ, онда біз P_A күші әсерінен сызығында тапқан боламыз.

Қысым орталығының D_A орны. P_a күшінің қысымының орталығы сол фигураның ауырлық орталығы сәйкес болады (1.11 сурет). Себебі беттік қысым $P_0 = P_a$, сұйық арқылы беріле отырып қарастырып отырған ауданға біркелкі түседі. Ал артылған қысымды алатын болсақ ол

фигураның ауданына әркелкі болып түседі. Фигурада алынған нүктелер тереңдеген сайын ондағы қысым арта түседі. Сондықтан P қысым күшінің орталығы фигураның ауырлық орталығынан төмен жатады (D нүктесі).

Іздеп отырған P_A қысымы болса, ол P_a және P қысымдарының геометриялық қосындысы. Сондықтан P_A нүктесі C және D нүктелерінің ортасында жатады. Айтылған әртүрлі тегіс фигуралар үшін керекті қысым орталығы координаталарын анықтамалық әдебиеттерден алуға болады.



1.11 сурет

2.6 Гидростатикалық қысымның таралу жолдары. Қысым эпюрасы.

Гидростатиканың негізгі теңдеуін қарастыратын болсақ, оның түзу сызықтың теңдеуі екенін көруімізді болады.

$$p_A = p_a + \gamma h \quad (1.71)$$

Мұнда p_a – атмосфералық қысым еркін мүше болса, сұйықтың меншікті салмағы γ – бұрыштық коэффициент, ал өзгеріп отыратын биіктік h координатаны білдіреді.

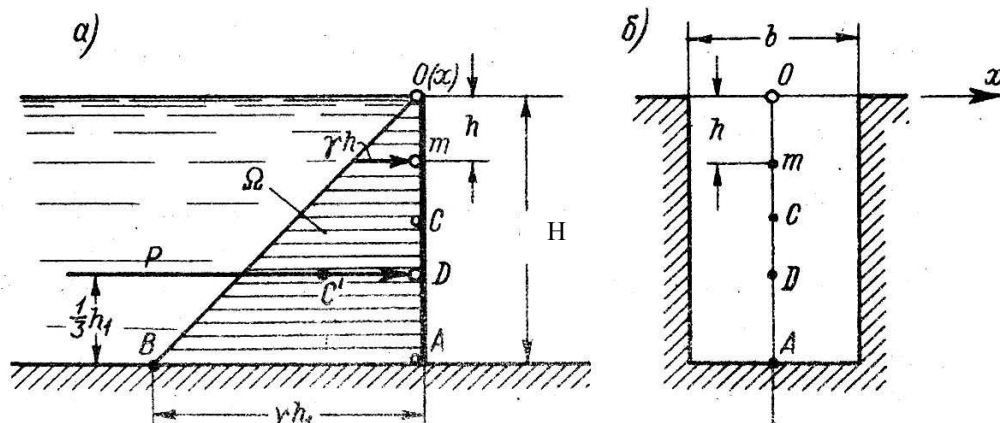
Атмосфералық қысым ескерілмеген жағдайдағы артылған гидростатикалық қысымды графикалық түрде көрсету үшін, вертикаль орналасқан тегіс қабырғаға әсер етіп тұрған H биіктігі бар сұйықты аламыз (1.12 сурет). Себебі қабырғаның оң жағына сұйық арқылы өтіп әсер ететін атмосфералық қысым оның сол жағындағы тікелей әсер ететін мәніне тең болады.

(1.71) теңдеуден байқайтынымыздай сұйықтың еркін бетінде (O нүктесінде) $p=0$: себебі $h=0$: ал түбінде $p=\gamma H$, себебі $h=H$:

x осінің бойына кесінді түрінде берілген масштабпен артылған қысымды, ал z осі бойынша сәйкес тереңдікті салып, оларды ұзын OB түзу сызығымен қосатын болсақ, артылған гидростатикалық қысымының графикалық суретін аламыз. Немесе мұны вертикаль қабырғаның биіктігіндегі гидростатикалық қысымның эпюрасы деп аталады. Оның формасы OAB үшбұрышы. Байқап отырғанымыздай OB сызығының көлбеулігі γ мәніне байланысты $\gamma=1$ -ге тең болса (су) $\angle AbB=45^\circ$; Судан

ауыр сұйықтар үшін $\angle AbB 45^\circ$ кем болады. ОАВ үшбұрышының ауданын вертикаль қақпаның еніне b көбейтетін болсақ, онда төртбұрышты фигураға әсер етіп тұрған гидростатикалық қысымды P аламыз:

$$P = \Omega b = \frac{1}{2} h_1^2 \gamma b \quad (1.72)$$



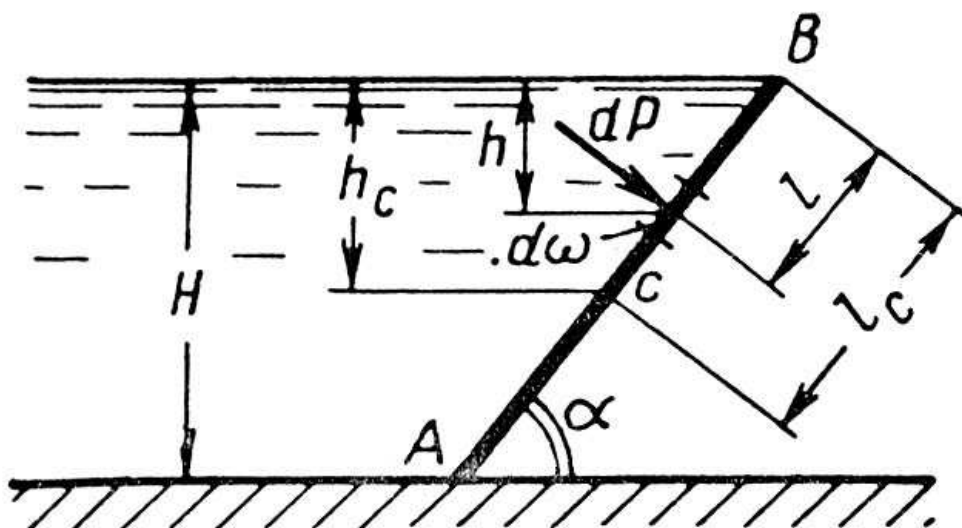
1.12 сурет

Енді көлбеу орналасқан тегіс қабырғаны қарастырамыз (1.13 сурет). АВ қабырғасын аламыз. АВ қабырғасының су бетіне көлбеулік бұрышы α тең дейік. Сонда артылған гидростатикалық қысымның шамасы.

$$P = \gamma_c \cdot \omega = \frac{\gamma H^2}{2 \sin \alpha} \cdot b \quad (1.73)$$

мұнда $h_c = \frac{H}{2}$ қабырғаның ауырлық орталығының бату теңдеудігі.

$\omega = \frac{bH}{\sin \alpha}$ - көлдеу қабырғаның ауданы; b - көлдеу қабырғаның ені.



1.13 сурет

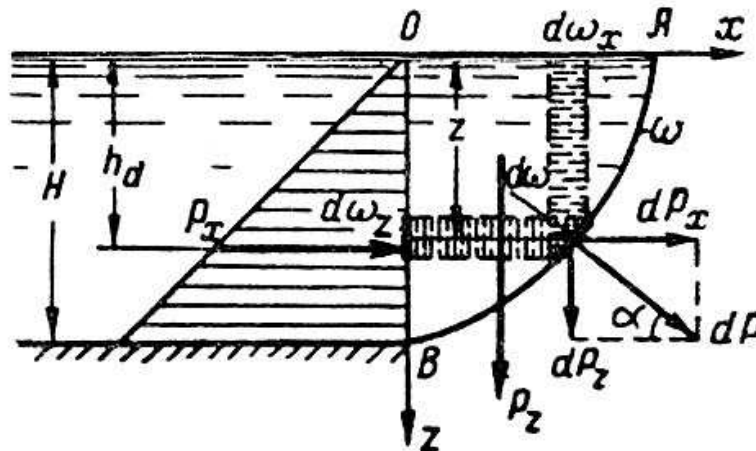
Қисық сызықты бетке түскен сұйықтың қысымы

Сұйықтың артылған қысымы әсеріне тұрған цилиндр түріндегі AB қисық бетті қарастырамыз (1.14 сурет). Бұл беттен кішкентай ғана элементар $d\omega$ ауданын бөліп аламыз. Оған нормаль бойымен бағытталған элементарлы dP қысым күші әсер етеді. dP екі бөлікке жіктейміз: горизонталь dP_x және вертикаль dP_z ; dP күшінің горизонталь x осіне көлбеулік бұрышы α белгілеп жазамыз. Сонда алатынымыз:

$$dP_x = dP \cos \alpha \quad \text{және} \quad dP_z = dP \sin \alpha \quad (1.74)$$

Мұнда $dP = p d\omega$, p - элементарлы аудан $d\omega$ бетіне біркелкі таралған қысым.

Егер $d\omega$ ауданның ауырлық орталығы су бетінен z тереңдікке болса, онда $p = \gamma z$ деп ауыстырып, жазамыз.



1.14 сурет

$$dP = \gamma z d\omega$$

$$dP_z = \gamma z d\omega \sin \alpha$$

$d\omega \cos \alpha = d\omega_z$ және $d\omega \sin \alpha = d\omega_x$ деп ауыстырып, (1.83) өрнекті былайша жазамыз

$$dP_x = \gamma z d\omega_z \quad \text{және} \quad dP_z = \gamma z d\omega_x \quad (1.75)$$

Жазылған өрнектің бүкіл ω ауданы бойынша интеграл алатын болсақ, P_x және P_z мәндерін аламыз.

$$P_x = \gamma \int_{\omega} z d\omega_z = \gamma h_c \omega_z \quad (1.76)$$

(1.76) өрнегінен көретініміздей қысым күшінің горизонталь бөлігі гидростатикалық қысым күшінің AB цилиндрлік беттің вертикаль проекциясына көбейтіндісіне тең.

$$P_z = \gamma \int_{\omega} z d\omega_x = \gamma \int_{\omega} dW = \gamma W \quad (1.77)$$

Мұнда W AOB -ның көлемі, ол қысым денесі деп аталады. P_z күшінің түсу нүктесі AOB көлемінің ауырлық орталығына сәйкес келеді.

Демек, артылған гидростатикалық қысымның вертикаль бөлігі цилиндрлік бетпен, оның вертикаль проекциясымен және сұйықтың еркін бетімен шектелетін сұйық көлеміне тең.

Қорытынды қысым горизонталь және вертикаль бөліктеріне геометриялық суммасы есебінде анықтады.

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} \quad (1.78)$$

P -ның бағыты $tg\beta = \frac{P_z}{P_x}$ өрнегімен анықталады. Мұнда β қорытынды қысым бағыты мен су горизонтының арасындағы бұрыш.

Өткен тақырыптар бойынша жаттығу жұмыстары

1 мысал. Тегіс тіктөртбұрышты қақпаның қысым орталығының орнын табыңыз. Қақпаның алдындағы су тереңдігі $h = 3$ м. Қақпаның ені $b = 2$ м.

Шешуі: Тік төртбұрышты қақпаның ауданы:

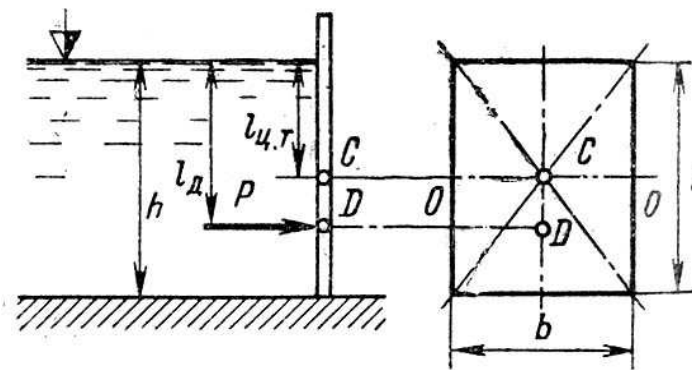
$$\omega = b \cdot h = 2 \cdot 3 = 6 \text{ м}^2;$$

Тік төртбұрышты қақпа үшін ауырлық орталығын табамыз

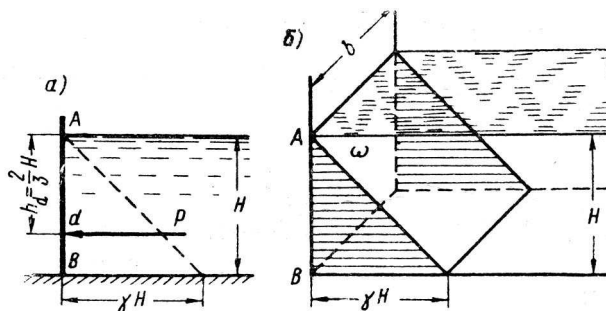
$$l_{a.o.} = \frac{h}{2} = 1,5 \text{ м}$$

Анықтамалық әдебиеттерде келтірілген, тік төртбұрышты қақпа үшін қысым орталығы координатасын табуға арналған формулаларды пайдаланамыз:

$$l_{к.о.} = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 3 = 2 \text{ м.}$$



2 мысал. Жазық вертикальды қабырғаға биіктігі 4 м су қабатының қысымы түседі. Қабырғаның ені $b = 3$ м. Артылған қысымның қорытынды күшін және қысым орталығының бату тереңдігін анықтаңыз.



Шешуі: Вертикальды қабырғаға түсетін гидростатикалық қысымның қосынды күші мына өрнекпен анықталады:

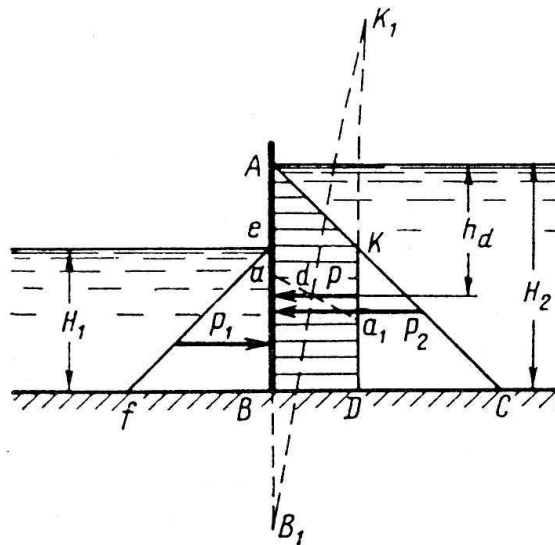
$$P = \frac{\gamma H^2}{2} b = \frac{9,81 \cdot 4^2}{2} \cdot 3 = 0,235 \text{ кПа}$$

Қысым орталығының бату тереңдігі төмендегіше анықталады:

$$h_{\text{к.о.}} = \frac{2}{3} H = \frac{2 \cdot 4}{3} = 2,67 \text{ м.}$$

Гидростатикалық қысымның P қорытынды күшінің графикалық кескіні б суретте көрсетілген призманың көлеміне тең. Оның негізі гидростатикалық қысымның эпюрасы. Қысым орталығы су бетінен 2,67 м тереңдікте орналасқан.

3 мысал. Ені $b = 3$ м вертикальды қалқан екі жақты гидростатикалық қысымның $H_1 = 2$ м, $H_2 = 4$ м әсерінде тұр. Графикалық әдіспен артылған гидростатикалық қысымның қорытынды күшін және қысым орталығының бату тереңдігін табыңыз.



Шешуі: Бұл жағдайда қорытынды күш қабырғаның оң және сол жақтарына түсетін қысым күштерінің айырмасына тең болады, яғни

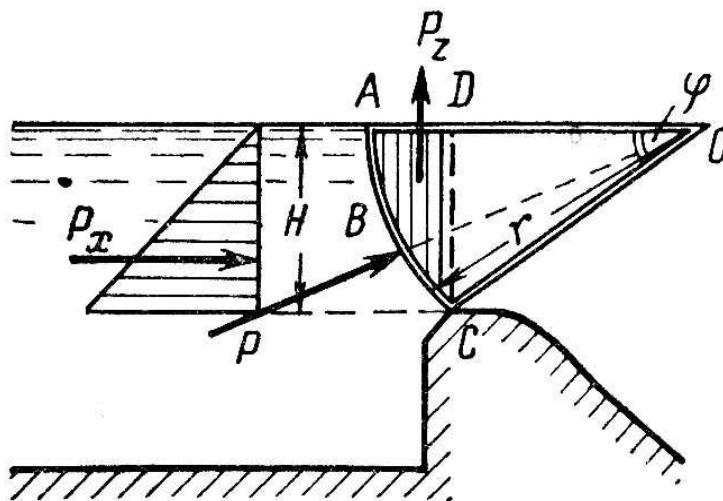
$$P = P_2 - P_1 = \frac{\gamma (H_2^2 - H_1^2)}{2} b = \frac{9,81 \cdot (4^2 - 2^2)}{2} \cdot 3 = 0,176 \text{ кПа}$$

P күші графикалық түрде негізі $ABDK$ трапециясының ауданы екі жақтан түсетін қысымдардың эпюрасы болып табылатын, ABC және eBf тікбұрышты үшбұрыштардың айырмаларына, биіктігі қалқанның ені b болатын қысым призмасына тең.

Қысым орталығының орнын төмендегідей графикалық жолмен табамыз. Трапецияның DK және AB параллельді қабырғаларын жоғары және төмен одан ары созамыз. Бұл қабырғалардың бойына $KK_1 = AB$ және $BB_1 = DK$ сәйкес тең болатын кесінділер саламыз. Содан соң, K_1 және B_1 нүктелерін бір бірімен қосып, оны $ABDK$ трапециясының медианасымен қиямыз. Осы кесінділердің түйіскен нүктесі d берілген трапециялық эпюраның қысым орталығы болып табылады.

4 мысал. Су жібергіш плотинаның тесігі сегментті қақпамен жабылған. Қақпаның өлшемдері төмендегідей: $r = 3$ м; $b = 4$ м; $\varphi = 60^\circ$.

Қақпаға түсетін артылған гидростатикалық қысымның қорытынды күші мәнін анықтаңыз.



Шешуі: Қақпаға әсер ететін су қабатының қысымын табамыз:

$$H = r \cdot \sin \varphi = 3 \cdot 0,86 = 2,6 \text{ м.}$$

Содан соң гидростатикалық қысым күшінің горизонтальды және вертикальды құрамдарын есептейміз.

Горизонтальды құрамын мына өрнекпен анықтаймыз:

$$P_x = \frac{\gamma H^2}{2} b = \frac{9,81 \cdot 2,6^2}{2} 4 = 0,132 \text{ кПа}$$

Вертикальды құрам P_z мөлшері $ABCD$ қысым денесіндегі су көлемі салмағына тең. $ABCD$ фигурасының ауданын AOC секторыны мен ODC үшбұрышының аудандарының айырмасы ретінде анықтаймыз. ODC үшбұрышының биіктігі DO мынаған тең:

$$r \sin(90 - \varphi) = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ м.}$$

Вертикальды құрамды былайша анықтаймыз:

$$P_z = \gamma \left(\frac{\pi \cdot r^2}{6} - \frac{H \cdot DO}{2} \right) = 9,81 \cdot 4 \left(\frac{3,14 \cdot 3^2}{6} - \frac{2,6 \cdot 1,5}{2} \right) = 0,108 \text{ кПа}$$

Артылған гидростатикалық қысымның қорытынды күшінің мәнін мына өрнекпен анықтаймыз:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} = \sqrt{0,132^2 + 0,108^2} = 0,170 \text{ кПа}$$

2.7 Архимед күші. Денелердің жүзуі

Архимед заңы. Сұйыққа толық батып тұрған қатты дене сұйықтың тарапынан жан жақты әсер алады. Бұл жағдайда қысымның қорытынды күші Архимед заңы негізінде анықталады. Ол заң мына түрде айтылады: *тыныштықта тұрған сұйыққа батырылған дене өзі ығыстырып шығаратын сұйықтың салмағына тең вертикальды көтеру күшінің әсерінде болады.*

Бұл заңды дәлелдеу үшін тепе теңдік жағдайында тұрған, цилиндр пішінді сұйыққа батырылған денені қарастырамыз (1.15 сурет). Денеге беттік күштер және ауырлық күштер жүйесі әсер етеді. Цилиндрге әсер ететін барлық беттік горизонтальды күштердің нәтижесі өзара теңгеріледі. Себебі цилиндрдің бетіне әсер ететін әрбір горизонтальды күшке цилиндрдің екінші бетінен оған шамасы жағынан тең және бағыты жөнінен қарама қарсы болатын басқа күш әсер етеді. Сондықтан, цилиндрдің жоғарғы және төменгі беттеріне әсер ететін қысым күштерін ғана қарастырамыз. Жоғарғы бетке әсер ететін гидростатикалық қысым күшін P_1 , төменгі бетке әсер ететін гидростатикалық қысым күшін P_2 , цилиндрдің салмағын G деп белгілейміз. P_1 күші мынаған тең:

$$P_1 = \gamma h_1 \omega$$

мұнда γ – сұйықтың меншікті салмағы;

h_1 – цилиндрдің жоғарғы бетінің суға бату тереңдігі;

ω – цилиндр түбінің ауданы.

$$P_2 = \gamma h_2 \omega$$

мұнда h_2 – цилиндрдің төменгі бетінің суға бату тереңдігі.

Цилиндрдің салмағы мынаған тең:

$$G = \gamma_u (h_2 - h_1) \omega = \gamma_u h \omega$$

мұнда γ_u – цилиндрдің меншікті салмағы;

h – цилиндрдің биіктігі.

Тепе-теңдік теңдеуін жазамыз:

$$P_2 - P_1 - G = 0 \quad (1.79)$$

Бұл өрнекте $P_2 - P_1$ күштерінің айырмасы цилиндрдің көлеміндегі сұйық салмағына тең. Сондықтан:

$$P_2 - P_1 = \gamma (h_2 - h_1) \omega = \gamma h \omega.$$

$P_2 - P_1 = P$ деп белгілесек, онда (1.88) өрнегі былай жазылады:

$$P - G = 0 \quad (1.80)$$

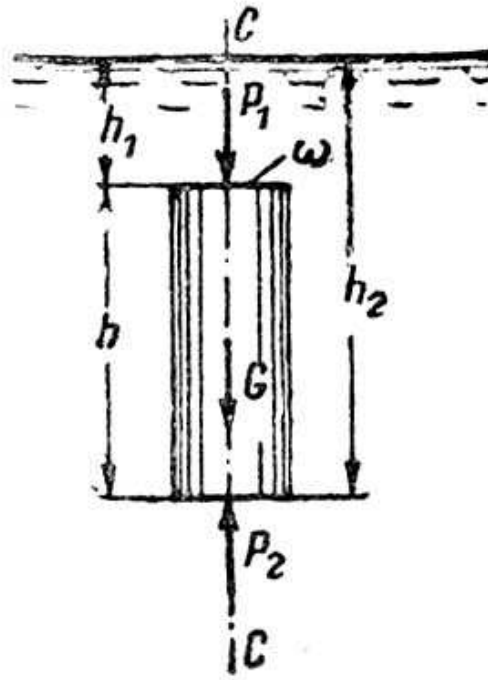
P – көтеру күші деп аталады, ол верт икаль жотғары бағытталған және ығыстырылып шығарылған сұйық көлемінің ауырлық орталығына түседі.

Сонымен:

$$P = \gamma h \omega = \gamma W \quad (1.81)$$

Мұнда W – қарастырылып отырған дененің көлемі.

Сондықтан, сұйыққа батып тұрған денеге әсер ететін көтеру, күші осы көлемге тең болатын сұйықтың салмағына тең болады. Бұл тұжырым Архимед заңы деп аталады.



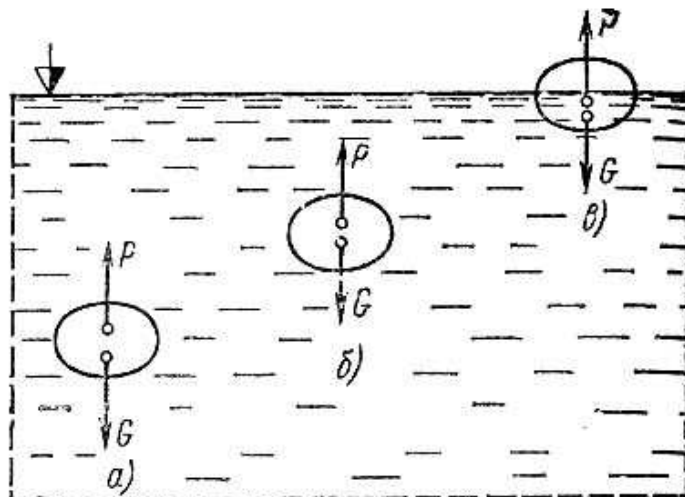
1.15 сурет

Денелердің жүзуі. Денелердің жүзуінің үш жағдайын қарастырамыз.

1. Егер $P > G$ болса, онда $P - G = R$, яғни қорытынды күш R төменнен жоғары қарай бағытталған. Бұл күш денені P күші G күшіне тең, және $R = 0$ болатын жағдайға дейін көтереді, яғни дене су бетіне қалқып шығады (1.16 в сурет).

2. Егер $P < G$ болса, онда қорытынды күш R жоғарыдан төмен қарай бағытталған, сондықтан дене суға батып кетеді (1.16 а сурет).

3. Егер $P = G$ болса, онда қорытынды күш $R=0$, сондықтан дене суға батқан күйінде жүзіп жүреді (1.16 б сурет).



1.16 сурет

III. ГИДРОДИНАМИКА

Гидродинамика – сұйықтың қозғалыс заңдылықтарын және осы заңдарды тұрмыстағы әртүрлі мақсаттарға пайдалану мүмкіншіліктерін қарастырумен айналысады.

Сұйық дегеніміз – алып отырған көлемін бос орынсыз және үзіліссіз толтырып туратын бөлшектер жиынығы.

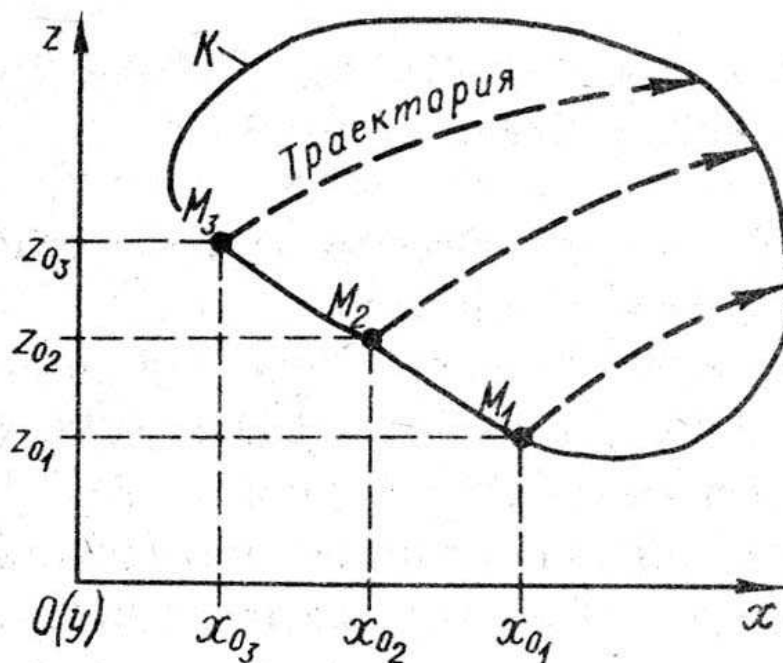
Сұйық бөлшектері – қарастырып отырған сұйықтың көлемін салыстырғанда аз сұйық бөлігі, бірақ сұйық молекулаларының көлемінен салыстырсақ ол үлкен болады. Сұйық бөлшегіне молекулалар соншалықты көп болғандықтан, бөлшек көлеміндегі сұйықты біртекті сұйық немесе континуум деп атауымызға болады.

3.1 Сұйық қозғалысын зерттеу әдістері

Сұйық қозғалысын зерттеуде екі түрлі бір-біріне ұқсамайтын аналитикалық әдістер бар: Олар Лангранж және Эйлер әдісі.

1. **Лангранж әдісі.** Қозғалыстағы сұйықтан K контурымен белгіленетін, кез келеген облысты бөліп аламыз.

Қозғалмайтын Ox және Oz координат остерін белгілейміз. Қозғалыста тұрған бірқатар $M_1; M_2; M_3$ сұйық бөлшектерін қарастырамыз. Олар уақыттың басталған мезетіне қарастырып отырған облыстың шекарасында орналасқан.



1.17 сурет

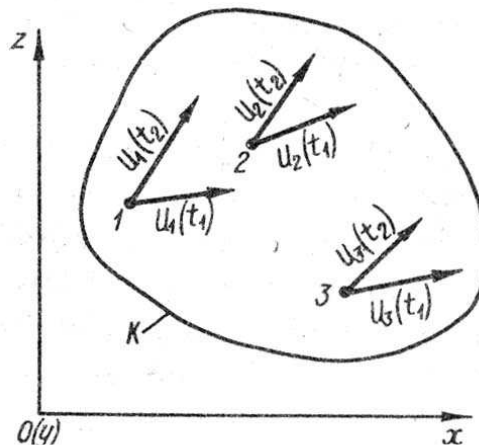
Бұл сұйық бөлшектерінің бастапқы координаттарын x_0, z_0 мен белгілейміз. Әрбір M сұйық бөлшегі үшін бізге төмендігі байланыстар белгілі деп есептейміз.

$$x = f_1(x_0, z_0, t)$$

$$z = f_1(x_0, z_0, t)$$

Онда осы байланыстарды пайдалана отырып әрбір белгіленген сұйық бөлшектерінің траекториясын тұрғызуға болады. Одан ары dt уақыты аралығында осы траекториядағы жүріп өтілген ds жолды табуымызға болады. Көріп отырғанымыздай, біз t уақытта қозғалыста болып, өз траекториясымен қарастырып отырған облысты толығымен жүріп өтетін сұйықтың бөлшегін бақылаймыз.

2. Эйлер әдісі. Тағы да қозғалыстағы сұйық алып тұрған K облысын аламыз. Эйлер бойынша, біз енді сұйық бөлшектерінің қозғалысын қадағаламаймыз, траекториясын да қарастырмаймыз. Эйлердің ұсынуы бойынша қарастырып отырған қозғалмайтын кеңістікте 1, 2, 3 нүктелерін белгілейміз. Бұл нүктелердің үстімен сұйық ағып өткенде олар қозғалыссыз болады. Мұндағы x және z мәндері сұйық бөлшектерінің ағымдағы координаттары емес, олар кеңестіктегі қозғалмайтын нүктелердің координаттары.



1.18 сурет

t_1 уақыт мезетін қарастырамыз. Бұл (t_1) уақытта 1 нүктеде $u_1(t_1)$ жылдамдығы бар сұйықты бөлігі болады, дәл осы уақытта 2 нүктеде $u_2(t_1)$ жылдамдығына, 3 нүктеде $u_3(t_1)$ жылдамжығын білеміз.

Келесі (t_2) уақыт мезетінде 1, 2, 3, нүктелерінде тиісінше $u_1(t_2)$; $u_2(t_2)$; $u_3(t_2)$ жылдамжықтарын аламыз.

Көріп отырғанымыздай, Эйлер бойынша, су ағыны алынған бір уақытта кеңестіктегі қозғалмайтын нүктелерге байланысты жылдамдық векторлық өрісімен суреттеледі.

Лангранж әдісі оның күрделі болуына байланысты гидравлика көп қолданылмайды. Келешекте біз негізінен Эйлер әдісін қолданамыз.

3.1 Сұйық қозғалысының түрлері

Гидравликадағы басты есеп - қозғалысты сыйпаттайтын негізгі мәндердің арасындағы байланыстарды: олар сұйық қозғалысы кезіндегі пайда болатын қозғалыстың жылдамдықтары, терендік пен қысым арасындағы байланыстары анықтау болып табылады.

Қозғалыстағы сұйықта пайда болатын қысымды гидродинамика қысымы (p) дейміз. Сұйық бөлшектерінің қозғалыс жылдамдығын жергілікті жылдамдық (u) дейміз.

Жалпы алғанда гидродинамикалық қысым және сұйық бөлшектерінің қозғалысы қозғалып тұрған сұйықтың әрбір нүктесін де өзгеріп тұрады, яғни x, y, z координаттарының функциясы болады. Және де бұлардың мәндері уақытқа байланысты өзгеріп, уақыт t -тың де функциясы болуы мүмкін.

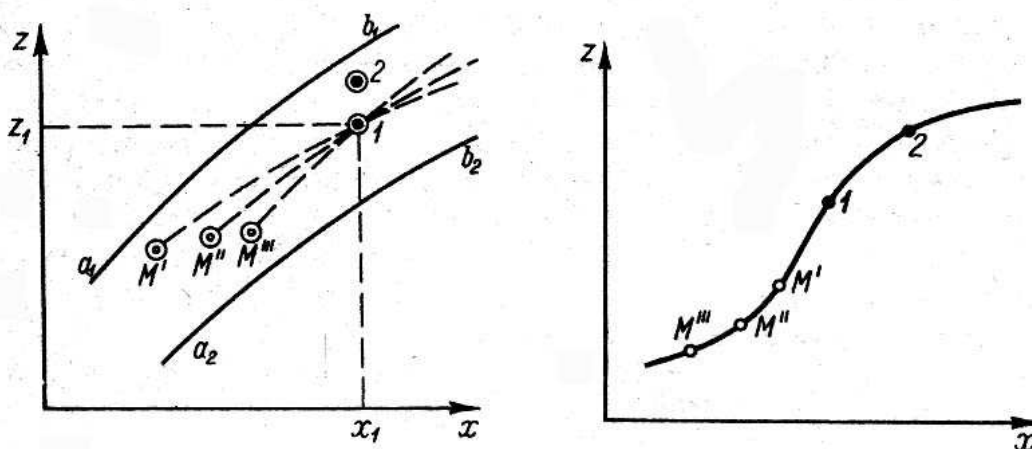
Осыған байланыста сұйық қозғалысты екі түрі болады. Қалыптасқан және қалыптаспаған.

Сұйықтың қалыптасқан қозғалысы дегеніміз – кез келген нүктедегі гидродинамикалық қысым және қозғалыс жылдамдығы уақытқа байланысты өзгермейді, тек ғана қарастырып отырған нүктенің сұйық ағыныптағы орнына байланысты болып, осы координаттардың функциясына айналады.

$$p = f_1(x, y, z); \quad u = f_2(x, y, z)$$

Сұйық қалыптаспаған қозғалысы дегеніміз – гидродинамикалық қысым мен қозғалыс жылдамдығы сұйық ағанының кез келген нүктесінде тек ғана координаттардың емес, сонымен бірге уақыттың функциясы болады.

$$p = f_1(x, y, z, t) \quad u = f_2(x, y, z, t)$$



1.19 сурет

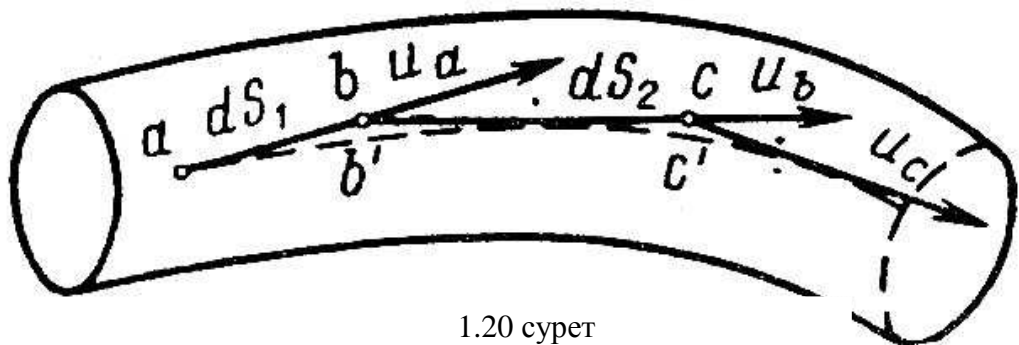
3.3 Сұйықтың бөлшегінің қозғалу траекториясы, ағын сызығы, ағын құбыршасы, қарапайым толтырма, сұйық ағыны туралы түсінік

Жоғарыдан келтірілген функциясындағы айнымалы мәндердің көп болуына байланысты. Оларды шешу өте күрделі есеп болып табылады. Сондықтан келтірілген функцияларды шешуді оңайлату үшін тұтқырлығы болмайтын идеалды сұйық түсінігін пайдаланамыз, сондай-ақ сұйық ағыны

әр түрлі жылдамдықпен қозғалатын қарапайым шаптырмалардан құралады деп есептелінетін шаптырмалы қозғалыс моделін кіргіземіз. Қапарайым шаптырмалар үшін алынған гидродинамиканың негізгі теңдеуі идеалды сұйықтың толық ағысына да қолданылуы мүмкін. Бұл модельді нақты сұйық қозғалысын зерттеуге қолданған кезде қосымша тәжіребе жолымен алынған үйкеліс күшін ескеретін коэффициенттер енгізіледі.

Сұйықтың шаптырмалы қозғалыс моделін зерттемес бұрын сұйық бөлшегінің қозғалу траекториясы – кеңістіктегі белгілі бір сұйық бөлшегінің қозғалысының ізі.

Сұйықтан бір a нүктесін алып, осы нүкте арқылы өтетін барлық сұйық бөлшектерінің a нүктесіндегі қозғалыстарының қорытынды бағыт пен жылдамдығының u_a векторын тұрғызамыз. Осы вектордың бойынан a нүктесінен d_s өте кішкентай қашықтықтан b нүктесін аламыз. Бұл нүктеде де осы арқылы барлық өтетін сұйық бөлшегінің жылдамдығы мен бағытына қорытындысы саналатын u_b - жылдамдық векторын саламыз. Осындай u_c жылдамдық векторының ds_2 c нүктесінде де саламыз. Егер a, b, c нүктелері аралығындағы болатын ds қашықтықты нолге дейін азайтатын болсақ, онда шектің мәнінде a, b, c кесінділер құрағы a', b', c' қисығына айналады. Бұны **ағын сызығы** дейміз.



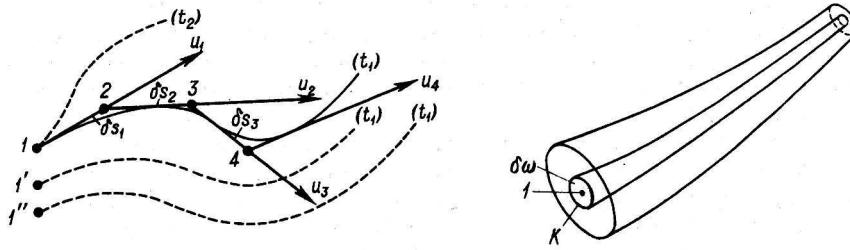
1.20 сурет

Қалыптасқан қозғалыс жағдайында ағын сызығына уақыт бойынша өзгермейді, сондықтан олар бөлшек траекториясын дәлмедал келеді.

Ағын құбыршасы. Егер тұйықталған контурдың барлық нүктелері арқылы ағын сызығын өткізетін болсақ, онда соңғылары арасында саңлауы жоқ құбырша түзіледі – мұны ағын құбыршасы дейміз.

Ағын құбыршасы оның өне бойынан еш нәрсе сыртта ағып шықпайтын, еш нәрсе ағып кірмейтіндігімен сипатталады. Сондықтан, ағын құбыршасында сұйық кәдімгі тесігі өте кішкентай құбыршасымен аққандай болады.

Сұйықтың қарапайым шаптырмасы. Ағын құбыршасы ішіндегі сұйық көлемін сұйықтың қарапайым шаптырмасы дейді. Қарапайым шаптырмалардан құралған, және жоғарыда аталған қасиеттермен сипатталатын сұйық ағыны шаптырмалы ағын моделі деп аталған.



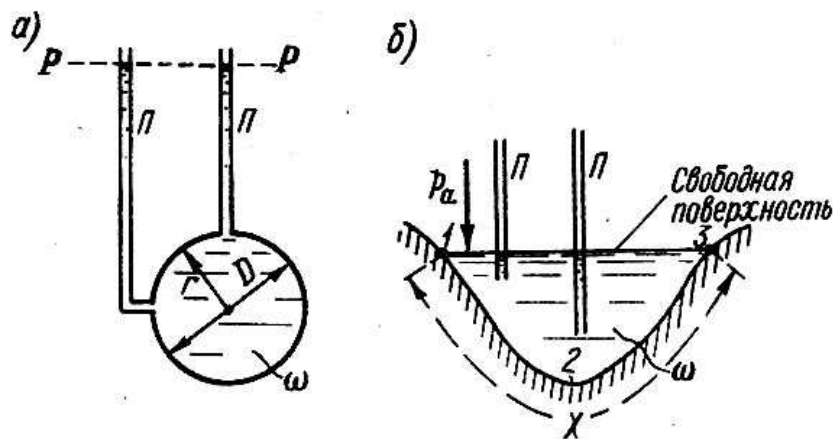
1.21 сурет

Сұйық ағынның түрлері. Ағын өзінің сипатына байланысты үш түрге бөлінеді. Арынды, арынсыз және гидравликалық шаптырма. Егер сұйықтың қозғалысы іші сұйық тола болған жабық құбырда өтетін болса онда ағын арынды деп аталады. Бұл жағдайда сұйықтың қозғалысы механикалық (сорап арқылы) немесе табиғи биіктер айырмашылығының туатын арынның (қысымның) әсерінен болады.

Егер ағын ұзына бойында жартылай қатты қабырғамен шектеліп, оның бір бөлігі бос болса, онда оны арынсыз ағын дейді. Бұл жағдайда сұйық қозғалысы ауырлық күші әсерінен болады. Арынсыз қозғалыстың мысалы ретінде судың каналдағы қозғалысын келтіруге болады.

Гидравликалық шаптырма дегеніміз барлық жағдайда бос кеңестік болатын ағын. Гидравликалық шаптырманың ағысы қысымның немесе ауырлық күші әсерінен болатын бастапқы жылдамдық әсерімен болады.

Гидравликалық шаптырманың мысалы ретінде өрт сөндіргіштің бронспайтын атауға болады.



1.22 сурет

3.4 Ағынның гидравликалық элементтері

Сұйық ағыны келесі гидравликалық элементтермен сипатталады: нақты қима, суланған периметр, гидравликалық радиус, су өтімі және орташа жылдамдық.

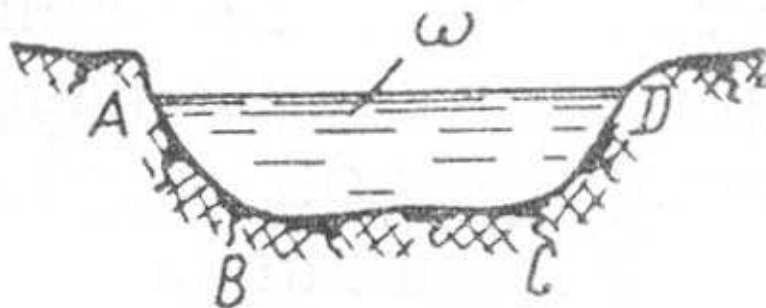
Өтім қимасы – қозғалыстың бағытына нормальды болып келетін ағынның көлденеу қимасы. Өтім қимасының ауданы ω - белгіленеді (1.22 сурет).

Суланған периметр χ - арнаның ағын суға тиіп тұрған бөлігі. Арынды құбыр үшін $\chi = 2\pi r$, ал табиғи арна үшін суланған периметр $ABCD$.

Гидравликалық радиус R дегеніміз ағынның өтім қимасының оның суланған периметріне қатынасы.

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (1.82)$$

Су өтімі дегеніміз уақыт бірлігі аралығындағы берілген ағынның өтім қимасы арқылы ағып өтетін су көлемі.



1.23 сурет

Сұйық ағысы шығынын Q , қарапайым шаптырманың шығынын dQ белгілейміз.

Егер ағысы қарапайым шаптырмалардан құралған деп есептейтін болсақ, онда ағын шығыны қарапайым шаптырмалар шығынының қосындысына тең болады.

$$Q = \int_{\omega} dQ$$

Шығынының анықтамасын және қарапайым шаптырманың қасиеттеріне байланысты dQ былай жазуымызға болады.

$$dQ = u d\omega$$

мұны u - қарапайым шаптырмадағы бөлшектер қозғалысы, жылдамдығы. $d\omega$ - оның тірі қимасының ауданы.

$$Q = \int_{\omega} u d\omega$$

ағынның тірі қимасы бойынша сұйықтың жеке бөліктерінің жылдамдықтары әр түрлі болғандықтан, ағынның орташа жылдамдығы.

$$v = \frac{\int_{\omega} u d\omega}{\int_{\omega} d\omega} = \frac{\int_{\omega} u d\omega}{\omega} = \frac{Q}{\omega};$$

Қалыптасқан қозғалыс координата бойынша жылдамдық өрісінің өзгеруі ойпатына байланысты бір қалыпты және бірқалыпты сыз болып бөлінеді.

Бір қалыпсыз қозғалыс. Ағын сызығы параллель және түсу сызықтардан құралмайды. Ағынның ұзына бойында тірі қиманың ауданы мен орташа жылдамдық мәндері өзгеше болып тұрады. Бір қалыпсыз қозғалыс үдемелі немесе кемімелі болады.

Бір қалыпсыз қозғалыстың ішінен ағын сызығы параллельдікте жақын, олардың қисықтығы өте аз болатын, тірі қиманың түрі мен ауданы ағын бойынды өте жай өзгертін жайлап өзгертін қозғалысты бөліп көрсетеміз.

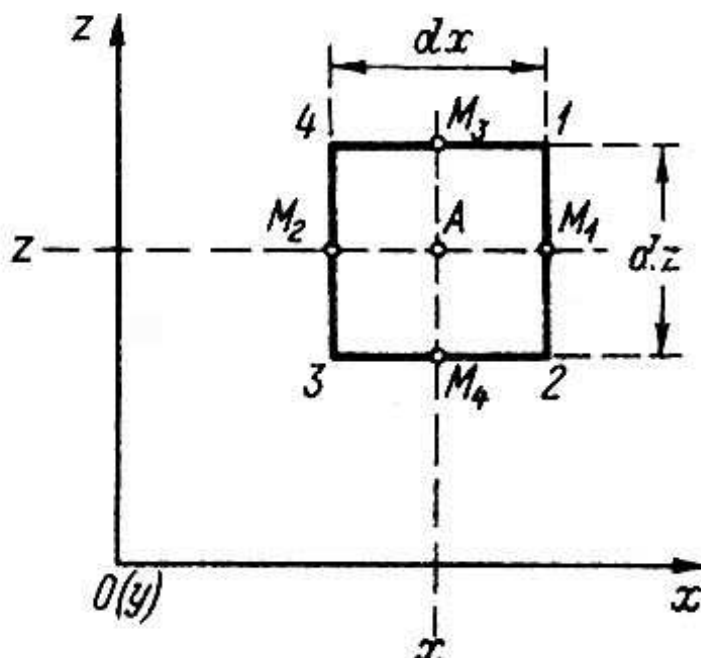
3.4 Дифференциалдық үлгідегі сұйықтың үзілмейтін ағын теңдеуі

Суретте координаталар осі x, y, z елестетеміз (1.24 сурет). Кеңестікпен x, y, z координаталарымен анықтайтын қозғалмай A нүктесін аламыз.

A нүктенде белгілі уақыт мезеті t үшін жылдамдық құрылымдарын u_x, u_y, u_z деп белгілейміз.

A нүктесінің айналасынан кішкентай ғана 1-2-3-4 параллелепипедін бөліп аламыз. Олардың ұзындығы өте кішкентай қабырғаларын dx, dy, dz деп белгілейміз.

dt уақыт аралығында бұл параллелепипедке келетін және одан осы dt уақыт аралығында шығатын сұйық көлемін анықтаймыз.



1.24 сурет

Егер A нүктесінде жылдамдықтың горизонтальды бөлігі u_x болатын болса, оны A -нүктесінен $\frac{1}{2} dx$ қашықтықтағы M_1 нүктесінде жылдамдықтың горизонтальды бөлігі.

$$(u_x)_{M1} = u_x + \frac{1}{2} dx \frac{\partial u_x}{\partial x}$$

M_2 нүктесінде жылдамжықтың горизонтальды бөлігі.

$$(u_x)_{M2} = u_x + \frac{1}{2} dx \frac{\partial u_x}{\partial x} \text{ болады}$$

мұнда $\frac{\partial u_x}{\partial x}$ дегеніміз ұзындық бірлігіндегі жылдамдық u_x өзгерісі.

dt уақыт аралығында 1-2 қабырғасы арқылы параллелепипедтен шығатын сұйықтың көлемі.

$$\delta W_1 = (u_x)_{M1} dt dy dz = \left(u_x + \frac{1}{2} dx \frac{\partial u_x}{\partial x} \right) dy dz dt$$

мұнда $dy dz$ - 1-2 қабырғаның ауданы.

dt уақыт аралығында 3-4 қабырғасы арқылы параллелепипедке кіретін сұйықтың көлемі.

$$\delta W_2 = (u_x)_{M2} d + dy dz = \left(u_x + \frac{1}{2} dx \frac{\partial u_x}{\partial x} \right) dy dz dt$$

dt уақыт аралығында сұйықтың қарама-қарсы орналасқан екі қабырғасы 1-2 және 3-4 арқылы өтетін сұйықтың көлемі.

$$\delta W_1 - \delta W_2 = \left(u_x + \frac{1}{2} dx \frac{\partial u_x}{\partial x} \right) dy dz dt - \left(u_x - \frac{1}{2} dx \frac{\partial u_x}{\partial x} \right) dy dz dt = \frac{\partial u_x}{\partial x} dx dy dz dt;$$

Осы сияқталған өрнектерді қалған қарама қарсы орналасқан қабырғалар үшін де жазуға болады.

$$\delta W_3 - \delta W_4 = \frac{\partial u_y}{\partial y} dx dy dz dt \text{ және } \delta W_5 - \delta W_6 = \frac{\partial u_z}{\partial z} dx dy dz dt$$

Сұйықты сығылмайды деп есептеп.

$$(\delta W_1 - \delta W_2) + (\delta W_3 - \delta W_4) + (\delta W_5 - \delta W_6) = 0 \text{ өрнегін құрамыз.}$$

Бұл өрнекке алдағы табылған мәндерін қойып және қорытындысын $dx dy dz dt$ қысқартып алатынымыз.

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0 \quad (1.83)$$

Қозғалыстағы сұйықтың үзілмейтін ағын теңдеуі деп аталады.

3.5 Гидравликалық үлгідегі сұйықтың үзілмейтін ағын теңдеуі

Гидравликада көп қарастырылатын қозғалыстың жазық түрінде үзілмейтін ағыс теңдеуі былай өрнектеледі.

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} = 0. \quad (1.84)$$

Гидравликада бір өлшемді ағыс одан да жиі қарастырылады. Бұл жағдайда үзілмейтін ағыс теңдеуі төмендегідей жазылады.

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} = 0 \quad (1.85)$$

Өрнекті ωdx көбейтіп және одан интеграл алатын болсақ,

$$Q = \omega \int \frac{du_x}{dx} dx = \omega v \text{ немесе } Q = \omega v$$

Бұл теңдеу су шығыны тұрақтылығының гидравликалық теңдеуі деп аталады. Бұл теңдеуден көретініміз қалыптасқан қозғалыс жағдайында ағыстың ұзын бойында жылдамдық пен суланған қиманың ауданы өзгергенімен, су шығыны тұрақты болып қалады. Теңдеуден төмендегідей байланыс шығады.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (1.86)$$

Әрбір екі қимадағы орташа жылдамдықтар ондағы сәйкес суланған су қималары аудандарына әрқашан кері пропорционал болады.

3.7 Тұтқырсыз сұйық қозғалысының дифференциальды теңдеуі (Эйлер теңдеуі)

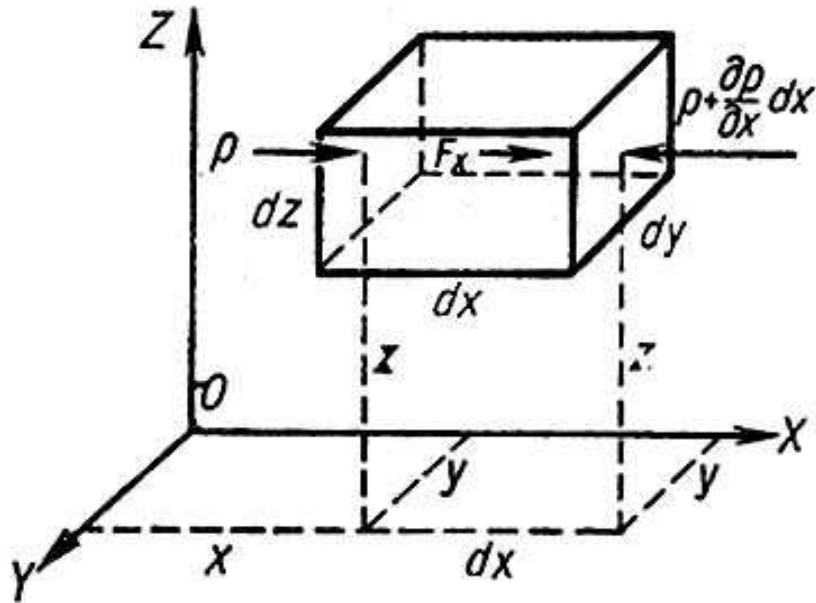
Сұйық динамикасы дегеніміз өзіне түсіп тұрған күштің әсерінен сұйықтың қозғалысы заңдарын зерттейтін гидромеханиканың бөлімі. Сұйық динамикасы есебі дегеніміз – берілген сыртқы күштердің жағдайында сұйықтың әрбір нүктесінде, кез келген уақытта кернеуді және қозғалыстың кинетикалық параметрлерін анықтау сондай-ақ ондағы денеге ағыстың гидродинамикалық күшінің әсерінен анықтау.

Тұтқырсыз (идеальды) сұйық қозғалысы кезінде ішкі үйкеліс күші пайда болмайды. Сондықтан ағыста жанама кернеу жоқ.

Ағып жатқан тұтқырсыз сұйықта нормальды кернеу тыныштықта тұрған сұйықтағыдай қасиеттерге ие, яғни берілген нүктеде оның мәні әсер ету бағытына байланыссыз. Оны қысым деп атап p әрпімен белгілейміз.

Қалыптасқан қозғалыс жағдайындағы ρ тығыздығы бар сұйықты қарастырамыз (1.25 сурет). Оның ішінен қабырғалары dx, dy, dz болатын өте кішкентай параллелепипед бөліп аламыз. Массасы $\rho dx, dy, dz$ болатын параллелепипедтің көлеміне ағын пропорционал массалық күш және оны қошаған сұйықтың оның әрбір беттеріне пропорционал болатын, ішке қарай нормаль бойымен бағытталған беттік күштер әсер етеді.

Бөліп алынған массаның қозғалысының координаттар осіне проекциясының теңдеуін құрамыз.



1.25 сурет

Параллелепипедтегі сұйықтың массасының оның орталығындағы қозғалыстың үдеуінің Ox бағытына проекциясына көбейтіндісі.

$$\rho dx, dy, dz \frac{du_x}{dt} \text{ болады}$$

мұнда u_x - x бағыты бойынша масса орталығының жылдамдығы. Бөліп алынған сұйықтың массасына әсер ететін ауырлық күштердің Ox бағытына проекциясы.

$$\Phi_x \rho dx dy dz - \text{тең}$$

мұнда Φ_x ауырлық күштері тығыздығының таралуының Ox осіне проекциясы.

Қысым күшінің Ox осіне проекциясын жазу үшін біртекті сұйық ортада қысымның нүктенің координаталары мен уақыттың үздіксіз функция екендігін еске аламыз. $[p = p(x, y, z, t)]$.

Сол жақ қабырғада орналасқан x, y, z координатасы бар кез келген нүктедегі қысымды p -мен белгілейміз. Сұйық біртекті болғандықтан және қысым функциясының үздіксіз $p = f(x, y, z, t)$ болғандықтан оң жақ қабырғадағы координатасы $(x + dx, y, z)$ болатын нүктеде қысым $p + \frac{\partial p}{\partial x} dx$ -қа тең.

Қорытынды қысым күшінің Ox осіне проекциясы

$$-\frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz - \text{ке тең.}$$

Ox бағыты бойынша қозғалыс теңдеуін жазамыз.

$$\Phi_x \rho dx dy dz - \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz = \rho dx dy dz \frac{du_x}{dt}$$

немесе масса $\rho dx dy dz$ -ке бөлетін болсақ

$$\Phi_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{du_x}{dt} \text{ Оужәне } Oz \text{ бағыттарына проекциясын аламыз.}$$

$$\Phi_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{du_y}{dt} \quad \text{және} \quad \Phi_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = \frac{du_z}{dt}$$

Осындай жолмен, тұтқырсыз сұйық қозғалысының дифференциалдық теңдеулерінің жүйесін аламыз.

$$\left. \begin{aligned} \Phi_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= \frac{du_x}{dt} \\ \Phi_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} &= \frac{du_y}{dt} \\ \Phi_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} &= \frac{du_z}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (1.87)$$

Бұл дифференциалдық теңдеулерді бірінші рет 1755 жылы Эйлер алды.

Қалыптаспаған қозғалыс үшін жылдамдықтан компоненттері уақыттың да функциясы болады. Сондықтан бөліп алған массаның үдеуі төмендегі түрде жазамыз.

$$\frac{du_x}{dt} = \frac{du_x}{dt} + \frac{\partial u_x}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial u_x}{\partial z} \frac{dz}{dt} \quad (1.88)$$

$$\frac{dx}{dt} = u_x; \quad \frac{dy}{dt} = u_y; \quad \frac{dz}{dt} = u_z; \quad \text{болғандықтан}$$

Эйлер теңдеуін төмендегі түрде жазамыз.

$$\left. \begin{aligned} \frac{du_x}{dt} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right) \\ \frac{du_y}{dt} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial z^2} \right) \\ \frac{du_z}{dt} &= -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1.89)$$

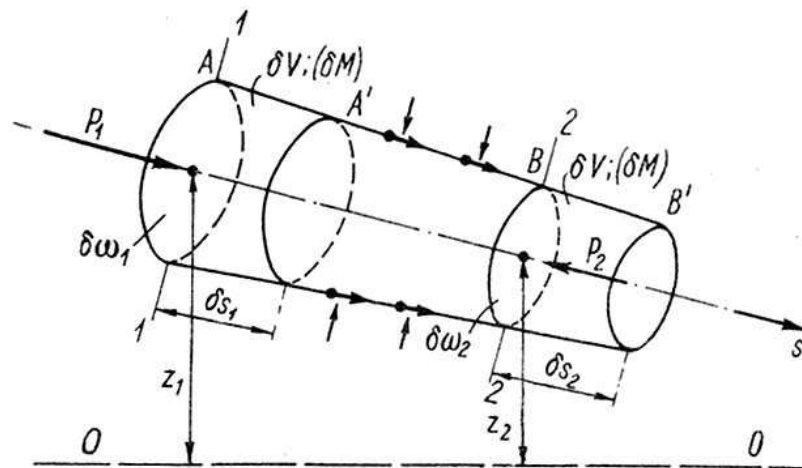
Мұнда, үйкеліс күші ескерілетін, соңғы қосымша мүше ν коэффициентін құрайды. ν -сұйықтың тұтқырлығының кинетикалық коэффициенті деп аталады.

3.8 Бернулли теңдеуі. Бернулли теңдеуінің мағұлматтары.

Идеалды сұйықтың элементарлы шаптырмаларына арналған Бернулли теңдеуі

Идеалды бір қалыпты қозғалысты болатын элементарлы шаптырманың қарастырамыз (1.26 сурет). О-О салыстыру жазықтығы салыстырған 1-2 беттерінің ауырлық арнтылығымен ара қашықтығын z_1 және z_2 деп белгілейміз. Бұл 1-2 қималардағы жылдамдықтарды u_1 және u_2 ; гидродинамикалық қысымдарды p_1 және p_2 деп белгілейміз. dt уақыт аралығында алынған су көлемі $1'2'$ жаңа орынға ауысады. Бұл кезде 1-1 қимасындағы сұйық бөлшектері u_1 жылдамдықпен $1' - 1'$ қимасына dS_1 жол

жүреді. 2-2 қималар u_2 жылдамдықпен ds_2 жол жүріп $2'-2'$ қимасына келеді.



1.26 сурет

Сонда $ds_1 = u_1 dt$; $ds_2 = u_2 dt$ (1.90)

Үздіксіздік шартына байланысты

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2 = dQ \quad (1.91)$$

Мұнда dQ - элементар шаптырманың өтімі.

1-2 жағдайынан жаңа $1'-2'$ жағдайына жылжыған сұйық көлемінің кинетикалық энергиясының өзгерісін анықтаймыз. Суреттен байқайтынымыздай, 1-2 бөлігінің 1-2 аралығы өз орнында қалғандай. 1-1' көлемі dt - уақыт өткенде 2-2' орынға ауысқан сияқты. Сондықтан 1-2 бөліктерінің кинетикалық энергияларының айырмасына тең болады.

Кинетикалық энергияны төмендегі формуламен анықтаймыз.

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (1.92)$$

мұнда m - қозғалыстағы дененің массасы

v - оның жылдамдығы.

Осы байланыстылықты 1-1' және 2-2' көлемдеріне қолданамыз.

$$\left. \begin{aligned} E_{k-1-1'} &= \frac{mu_1^2}{2} = \frac{\rho d\omega_1 d_1 s_1 u_1^2}{2} \\ E_{k-2-2'} &= \frac{mu_2^2}{2} = \frac{\rho d\omega_2 ds_2 u_2^2}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1.93)$$

мұнда $\rho = \frac{\gamma}{g}$ - сұйықтың тығыздығы.

(1.93) өрнегін (1.90), (1.91) байланыстарын ескере отырып былай жазамыз.

$$\left. \begin{aligned} E_{k-1-1'} &= \frac{\gamma dQ dt u_1^2}{2g} \\ E_{k-2-2'} &= \frac{\gamma dQ dt u_2^2}{2g} \end{aligned} \right\}$$

(1.94)

Кинетикалық энергияның теориясына байланысты былай жазуымызға болады.

$$E_{k,2-2'} - E_{k,1-1'} = \sum_t^{t+dt} pS \quad (1.95)$$

мұнда $\sum_t^{t+dt} pS$ - барлық күштердің S жолындағы істеген жұмысы.

Бұрынырақ айтып өткеніміздей, идеальды сұйықтың ағынында тек ғана салмақ және гидродинамикалық қысымның күші әрекет етеді.

dt уақытында сұйықтың бөлігіндегі ауырлық күші dG жұмысы.

$$dG(z_1 - z_2)dt = \gamma dQ = (z_1 - z_2)dt$$

мұнда $dG = \gamma d\omega_1 u_1 = \gamma dQ$ - ауырлық күші.

Гидродинамикалық қысымның жұмысын табу үшін 1-1 және 2-2 қималарындағы қысым күшінің мәнін табамыз.

$$P_1 = p_1 d\omega_1 \text{ және } P_2 = -p_2 d\omega_2$$

p_2 алдындағы “-” таңбасы оның бағытының шаптырма қозғалысының бағытына қарама қарсы екенін көрсетеді.

P_1 - күшінің жұмысы

$$A_1 = P_1 dS_1 = p_1 d\omega_1 u_1 dt = p_1 dQ dt$$

P_2 - күшінің жұмысы

$$A_2 = P_2 dS_2 = -p_2 dQ dt$$

Табылған мәндерді (1.95) теңдеуіне қойып, және жүргізілген түрлендірулерден кейін.

$$\gamma dQ \left(\frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} \right) dt = \gamma dQ (z_1 - z_2) dt + p_1 dQ dt - p_2 dQ dt$$

аламыз.

Жазылған теңдеудің барлық элементтерін сұйықтың салмақ бірлігіне келтіреміз. Ол үшін теңдеудің оң және сол жақ бөліктерін γdQ бөлеміз. Керекті түрлендірулер жасай отырып, сұйықтың идеалды элементарлы шаптырмасының қозғалысы үшін Бернулли теңдеуі деп аталатын теңдеуді аламыз.

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} \quad (1.96)$$

немесе басқаша

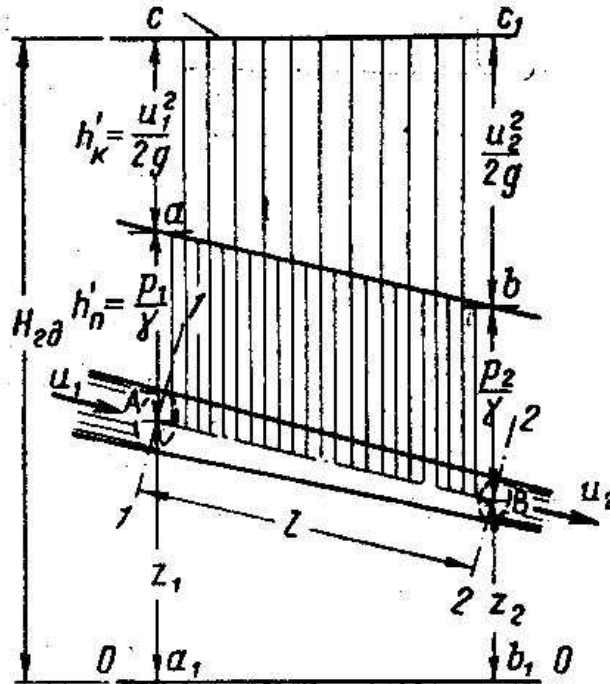
$$\mathcal{E}_n' + \mathcal{E}_k' = \mathcal{E}_n'' + \mathcal{E}_k'' \quad (1.97)$$

мұнда $\mathcal{E}_п = z + p/\gamma$ - меншікті потенциалды энергия.

$\mathcal{E}_к = u^2/2g$ - меншікті кинетикалық энергия.

Сонымен, (1.96) тендеуі идеалды сұйық қозғалысы кезінде шаптырма бойында энергия мәні өзгермей тұрақты болатынын көрсетеді.

Бернулли тендеуі элементарлы шаптырманың әртүрлі қималарында ондағы жылдамдықтарының және қысымдарының сондай-ақ оның биіктіктерінің деңгейлерінің арасындағы байланыстарын көрсетеді.



1.27 сурет

1.27 суретте идеалды сұйықтың элементарлы шаптырмасына арналған Бернулли тендеуінің графикалық кескіндемесі келтірілген. Элементарлы шаптырманың A және B нүктелері арқылы өтетін 1-1 және 2-2 қималарында (8.6) тендеуіне кіретін мүшелердің мәндері салынған.

A нүктесі арқылы өтетін вертикальдың бойына $z_1, \frac{p_1}{\gamma}, \frac{u_1^2}{2g}$

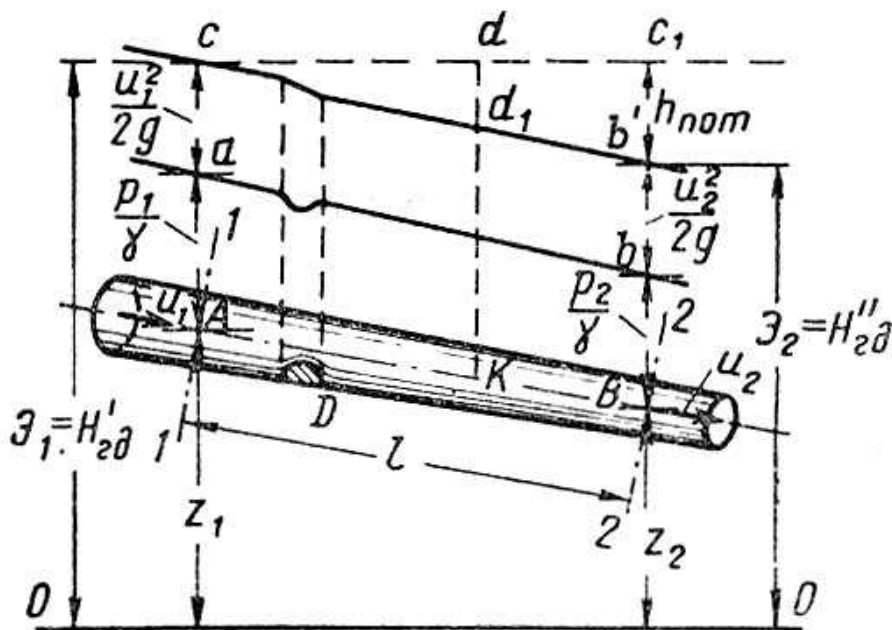
B нүктесі арқылы өтетін вертикальдың бойына $z_2, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{u_2^2}{2g}$ мәндері салынған.

Осы 3 мәннің қосындысы идеалды сұйықтың элементарлы шаптырмасының $O-O$ салыстыру жағдайынан есептелетін толық меншікті энергиясын көрсетеді және ол гидродинамикалық арын H_{20} деп аталады.

Суретпен байқайтынымыздай, гидравликалық арын H_{20} элементарлы шаптырманың ұзына бойында өзгермейді, сондықтан a, c және b_1, c_1 кесінділерінің ұштарын қосатын $c-c_1$ сызығы горизонталь болады. Бұл сызықты толық меншікті энергияның сызығы немесе арын сызығы деп атайды. ab сызығы пьезометриялық сызық немесе қысым сызығы, ал AB - геометриялық биіктіктің сызығы деп аталады.

3.9 Бернуллі теңдеуінің геометриялық және энергетикалық мағынасы

Бернуллі теңдеуіне кіретін мүшелердің геометриялық және энергетикалық мағынасын анықтау үшін, оларды жеке-жеке қатастырамыз. z_1 және z_2 - геометриялық биіктік-сұйық бөлшектерінің салыстыру жазығына байланысты орнын анақтайды, немесе z координатасы сұйықтың бірлік салмағының салыстыру бетіне байланысты энергиялық орнын көрсетеді.



1.28 сурет

p_1/γ және p_2/γ мүшелері сұйықтың берілген нүктелерінде артылған гидростатикалық қысымы сәйкес келетін пьезометриялық биіктік немесе қысымның меншікті энергиясы.

$\frac{u_1^2}{2g}$ және $\frac{u_2^2}{2g}$ мүшелері қарастырып отырған қималарында меншікті кинетикалық энергияның мәндері болып табылады. Сондай-ақ $u^2/2g$ өнегі жылдамдық арыны деп те аталады.

Бернуллі теңдеуінің геометриялық мағынасын анақтаймыз. Теңдеудің барлық мүшелерінің сызықтың өлшемдері бар екенін байқаймыз.

$$z = [M]; \quad \frac{p}{\gamma} = \frac{kgc}{M^2} \cdot \frac{kgc}{M^3} = [M] \quad \frac{u^2}{2g} = \frac{M^2}{cek^2} \cdot \frac{M}{cek^2} = [M]$$

Сондықтан Бернуллі теңдеуі үш биіктіктің қосындысы. Олар геометриялық, пьезометриялық және жылдамдық арынның қосындылары. Сондықтан гидродинамикалық арын мынаған тең.

$$H_{zo} = z + h_{п} + h_{к} \quad (1.98)$$

Суретте cc' сызығы толық меншікті энергияның l ұзындығы бойынша тұрақты екендігін көрсетеді. ab сызығы элементарлы шаптырманың ұзына бойында қысым өзгерісінің графигін көрсетеді.

Энергиялық мағынасын алатын болсақ Бернулли теңдеуі энергияның сақталу заңын көрсетеді. Сондықтан идеалды сұйықтың элементар шаптырмасының Бернулли теңдеуіндегі 3 мүшенің қосындысы тұрақты мәнге ие:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = const \quad (1.99)$$

(1.99) байқайтынымыз идеалды сұйықтың шаптырмасының қозғалысының өзгерісі жағдайында оның жеке мүшелерінің мәндері өзгеруі мүмкін, бірақ олардың қосындысы тұрақты болады.

3.10 Нақты сұйықтың, элементарлы шаптырмасы үшін Бернулли теңдеуі

Нақты сұйықтың қозғалысы кезінде тұтқырлыққа байланысты онда кедергі күші пайда болады. Жоғарыда көрсеткеніміздей бұл күштерді жеңу үшін энергияның белгілі бір бөлігі жұмсалады. Сондықтан шаптырманың толық меншікті энергиясының қоры оның ұзына бойында тұрақты болмайды. Гидравликалық деп аталатын кедергіні жеңу жолында шаптырманың ұзын бойында меншікті энергия кемиді.

Шаптырманың 1-1 мен 2-2 арасында қималарының ұзына бойында жоғалатын меншікті энергияны $h_{шығ}$ деп белгілеп және толық меншікті энергияның өрнегін ескере отырып былай жазамыз.

$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} \right) = h_{шығ} \quad (1.100)$$

Ағында гидравликалық кедергінің 2 түрі болатынын, атап өтуіміз керек. Олар ұзына бойғы және жергілікті кедергілер.

Ағынның ұзыны бойындағы кедергі нақты сұйықтың беттердегі үйкеліс күші және тұтқырлықтың әсерінен пайда болады. Ұзындықтағы кедергілерді жеңуге келетін меншікті энергия ұзына бойындағы арынның шығыны деп аталып h_{yz} - мен белгіленеді.

Жергілікті кедергілер ағынның кездейсоқ бағытының өзгеруіне (бұрылыс айналма) немесе оның суланған қимасы терінең кенеттің өзгерісіне (қиманың кенеттен кеңуі немесе кішіреюі) байланысты пайда болады. Жергілікті кедергі аумағында ағынның меншікті энергиясының бір бөлігі осы кедергіден соң қалыпты режимге қайта келтіруге жұмсалады. Қозғалыстағы жергілікті кедергіні жеңуге кететін меншікті энергияның шығындарын арынның жергілікті шығыны деп атап $h_{жс}$ - мен белгілейміз.

Сондықтан, Бернулли теңдеуіндегі ағындағы арынның жалпы шығынын көрсететін қосымша мүшені, былайша, қосынды түрінде көрсетеміз.

$$h_{\text{шығ}} = h_{\text{ұз}} + h_{\text{ж}} \quad (1.101)$$

Нақты сұйықтың қозғалысы жағдайларын сипаттау үшін геометриялық i , пьезометриялық i_n және гидравликалық I еңістіктер түсінігін кіргіземіз.

Геометриялық еңістік дегеніміз каналдың табаны сызығының ұзындық бірлігіне төмендеуін көрсетеді.

$$i = \frac{z_1 - z_2}{\ell}$$

Пьезометриялық еңістік немесе пьезометриялық сызықтың еңістігі дегеніміз пьезометриялық сызықтың ұзындық бірлігіндегі өзгерісін айтады.

$$i_n = \frac{\mathcal{E}'_n - \mathcal{E}_n}{\ell} = -\frac{d}{d\ell} \left(z + \frac{P}{\gamma} \right) \quad (1.102)$$

Гидравликалық еңістік дегеніміз ұзындық бірдігіндегі толық меншігі энергияның немесе арынды сызықтың құлауы.

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{\ell} = -\frac{dh_{\text{шығ}}}{d\ell} \quad (1.103)$$

3.11 Шынайы сұйықтың ағыны үшін Бернулли теңдеуі

Шынайы сұйықтың ағыны үшін Бернулли теңдеуін шығарған кезде ағында жайлап өзгертін деп қарастырамыз, ал қима аумағындағы және ағынның ұзыны бойындағы жылдамдық таралуының әртүрлі болатынын ескеру үшін түзету коэффициентін енгіземіз. Кинетикалық энергияның коэффициенті α деген түсінік енгіземіз (ағын қимасында жылдамдықтар таралуының бір келкі еместігі коэффициенті). Ол ағынның нағыз кинетикалық энергиясының $E_{\text{кн}}$ ағынның құрайтын барлық шаптырмаларда жылдамдықтар бірдей және олар ағынның орташа жылдамдығына тең деп есептелетін жағдайда шартты кинетикалық энергияға қатынасады.

$$\alpha = \frac{E_{\text{кн}}}{E_{\text{ки}}} \quad (1.104)$$

Осы түсінікті пайдалана отырып нақты сұйықтың ағыны үшін Бернулли теңдеуін алуымызға болады. Сұйықтың ағыны үшін Бернулли теңдеуін ағынды құрайтын барлық элементарлық шаптырмалардағы толық энергияларды және ондағы арындардың жоғалу мәндерін қосу арқылы алуымыз мүмкін. Элементарлы шаптырманың бірлік салмағы γdQ арқылы белгілеп және оны (1.100) теңдеудің екі жағына көбейтіп 1-1 және 2-2 қималарындағы шаптырманың толық энергиясының мәнін аламыз.

$$\left(\frac{u_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 \right) \gamma dQ = \left(\frac{u_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + h_{\text{шығ}} \right) \gamma dQ \quad (1.105)$$

(1.105) өрнекті ағынның суланған қимасы арқылы интеграл аламыз.

$$\int_{\omega_1} \frac{u_1^2}{2g} \gamma dQ + \int_{\omega_1} (p_1 + \gamma z_1) dQ = \int_{\omega_2} \frac{u_2^2}{2g} \gamma dQ + \int_{\omega} (p_2 + \gamma z_2) dQ + \int_{\omega_2} h_{\text{шы}} \gamma dQ \quad (1.106)$$

Мұндағы бірінші интеграл ағынды құрайтын барлық шаптырмалардың кинетикалық энергияласы. Жергілікті жылдамдық u -ды тұрақты орташа жылдамдық v ауыстырып және $E_{\text{ки}} = \alpha E_{\text{ки}}$ ескеріп шартты кинетикалық энергияның теңдеуін аламыз.

$$E_{\text{ки}} = \int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \gamma dQ = \frac{\gamma}{2g} \int_{\omega} v^3 d\omega = \frac{\gamma v^2}{2g} \int_{\omega} d\omega = \frac{\gamma Q v^2}{2g} \quad (1.107)$$

Енде (1.106) теңдеуінің екінші интеграл мүшесін қарастырамыз.

$$\int_{\omega} (p + \gamma z) dQ = \gamma \int_{\omega} \left(\frac{p}{\gamma} + z \right) u d\omega; \quad (1.108)$$

Кез келген шаптырмадағы меншікті потенциалдық энергиялардың қосындысы тұрақты шама екенін ескерсек, онда $\left(\frac{p}{\gamma} + z \right)$ қосындысын интегралдың сыртына шығаруымызға болады:

$$\gamma \left(\frac{p}{\gamma} + z \right) \int_{\omega} u d\omega = \left(\frac{p}{\gamma} + z \right) \gamma Q \quad (1.109)$$

Енді (1.106) өрнегіндегі соңғы интегралды қарастырамыз. Барлық шаптырмалардығы арынның жоғалуы бірдей деп есептейтін болсақ, онда интегралды мына түрде жазамыз.

$$\gamma h_{\text{шы}} \int_{\omega} dQ = \gamma Q h_{\text{шы}} \quad (1.110)$$

(1.108), (1.109) және (1.110) өрнектерін ескере отырып (1.105) байланыстылығын қайта жазып шығамыз.

$$\frac{\gamma Q \alpha v_1^2}{2g} + \left(\frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) \gamma Q = \frac{\gamma Q \alpha v_2^2}{2g} + \left(\frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right) \gamma Q + \gamma Q h_{\text{шы}} \quad (1.111)$$

(1.111) теңдеуді сұйықтың салмағына γQ бөліп нақты сұйыққа арналған Бернулли теңдеуін аламыз.

$$\frac{\alpha v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{\alpha v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{\text{шы}} \quad (1.112)$$

Элементарлы шаптырмаға арналған Бернулли теңдеуіндегідей, толық ағында да $\frac{\alpha v_1^2}{2g}$ және $\frac{\alpha v_2^2}{2g}$ мүшелері ағынның меншікті кинетикалық энергиясын, $\frac{p_1}{\gamma}$ және $\frac{p_2}{\gamma}$ - қысымның меншікті потенциалдық энергиясын және z_1 мен z_2 деңгейдің меншікті энергиясын көрсететіндігін байқаймызға болады. Сұйықтың каналдағы және құбырдағы қалыптасқан жайлап, өзгертін қозғалысы режимінде кинетикалық энергия коэффициентінің орташа мәні шамамен 1,05 - 1,1 деп алынады.

Арынның ұзына бойлық шығыны мына өрнекпен анықталады.

$$h_{\text{ғз}} = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

мұнда ℓ және d – құбырдың ұзындығы мен диаметрі,
 λ – үйкеліске кедергі коэффициенті.

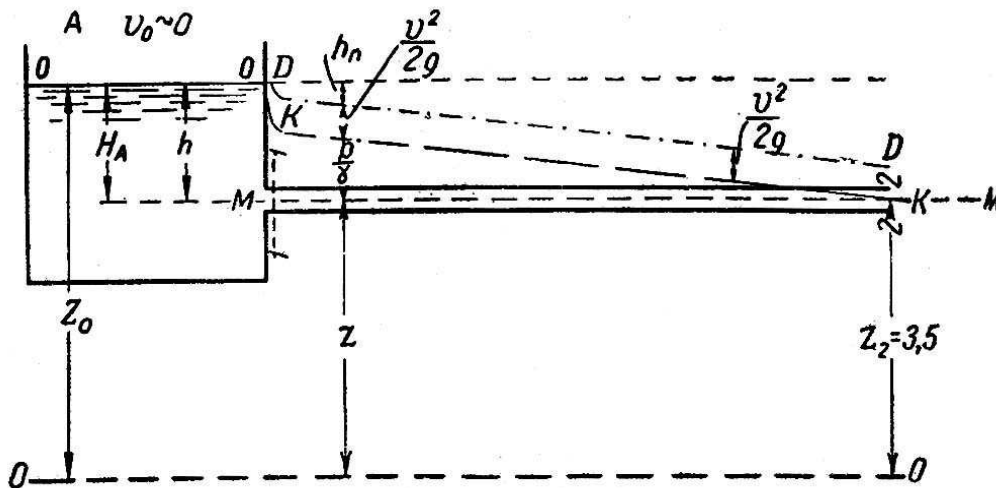
Жергілікті кедергіге байланысты арынның шығыны мына формуламен анықталады:

$$h_{жс} = \zeta \frac{v^2}{2g},$$

ζ – жергілікті кедергінің коэффициенті.

Өткен тақырыптар бойынша жаттығу жұмыстары

1 мысал. А резервуарында тұрақты су деңгейі ұсталынып тұрады. Резервуарға горизонтальды жүргізілген ұзындығы 10м, диаметрі 100 мм құбыр арқылы су атмосфераға ағып шығады. Құбырдың резервуардың қабырғасындағы тесігі су бетінен 1,5 м тереңдікте орналасқан.



Судың ағып шығу жылдамдығын және өтімін анықта, арынды және пьезометриялық сызықтарды көрсет.

Шешуі. 0-0 және 2-2 қималарына байланысты Бернулли теңдеуін жазамыз және су бетінен 5 м төменде орналасқан О-О жазығын салыстыру жазығы деп қабылдаймыз.

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{шығ}$$

Бұл қималарды таңдаған себебіміз, бұл жердегі қысым белгілі, оның мәні атмосфералық қысымға p_a тең. Сондықтан $\frac{p_0}{\gamma} = \frac{p_2}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma}$. Өлшемі өлкен резервуардағы су бетіндегі 0-0 қимасындағы судың жылдамдығы v_0 мәні нөлге тең. $z_0 - z_2 = H$; $\alpha_2 = 1$ деп белгілейміз. Осындай өзгертулер мен қысқартулардан соң Бернулли теңдеуін төмендегіше жазамыз:

$$H = H_A = \frac{v_2^2}{2g} + h_{шығ}$$

Арын шығынының $h_{шығ}$ мәнін табамыз. Үйкеліске кедергі коэффициентінің мәнін $\lambda=0,02$ және судың құбырға кірер жеріндегі жергілікті кедергі коэффициентін $\zeta_{кір}=0,5$ деп қабылдаймыз.

Сонда, ұзына бойлық арын шығыны

$$h_{\text{ұз}} = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,02 \frac{10}{0,1} \cdot \frac{v^2}{2g}.$$

Резервуардан құбырға кірер жердегі арын шығыны

$$h_{\text{ж}} = 0,5 \frac{v^2}{2g}.$$

Сонда, жалпы шығын:

$$h_{\text{шығ}} = h_{\text{ұз}} + h_{\text{ж}} = 2,5 \frac{v^2}{2g}$$

Жалпы теңдеудегі $h_{\text{шығ}}$ мәнін ауыстыра отырып аламыз:

$$H = \frac{v_2^2}{2g} + 2,5 \frac{v_2^2}{2g} = 3,5 \frac{v_2^2}{2g}, \text{ осыдан } v_2 = \sqrt{\frac{2gH}{3,5}}.$$

Судың құбырдан ағып шығу жылдамдығын есептейміз:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gH}{3,5}} = \sqrt{\frac{16,62 \cdot 1,5}{3,5}} = 2,91 \text{ м/с.}$$

Құбырдың нақты қимасының ауданы

$$\omega = \pi r^2 = 3,14 \cdot 0,05^2 = 0,0078 \text{ м}^2.$$

Сондықтан,

$$Q = \omega v_2 = 0,0078 \cdot 2,91 = 0,023 \text{ м}^3/\text{с}$$

Арынды және пьезометрлік сызықтарды тұрғызу үшін бастапқы арынды жазықты горизонталь сызық түрінде резервуардағы су беті деңгейімен қатар етіп жүргіземіз.

Осы сызықтан төмен қарай төменде есептелінетін гидравликалық шығынды алып тастаймыз да $D-D$ арынды сызығын жүргіземіз.

Бастапқы 1-1 қимасында бұл шығындар мынаған тең:

$$h_{\text{ж}} = 0,5 \frac{v_2^2}{2g} = 0,5 \frac{2,91^2}{2g} = 0,21 \text{ м.}$$

Құбырдың 1-1 ден 2-2 қималары аралығындағы ұзына бойлық шығыны

$$h_{\text{шығ}} = 2 \frac{v_2^2}{2g} = 2 \frac{2,91^2}{2g} = 0,86 \text{ м.}$$

2-2 қимасына дейінгі жалпы шығын 1,07 м құрайды.

Алынған $D-D$ арынды сызығынан төмен қарай жылдамдық арынының мәнін алып тастаймыз:

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{2,91^2}{2g} = 0,43 \text{ м.}$$

Алынған нүктелер арқылы жүргізілген $K-K$ сызығы пьезометрлік сызықтың орнын көрсетеді.

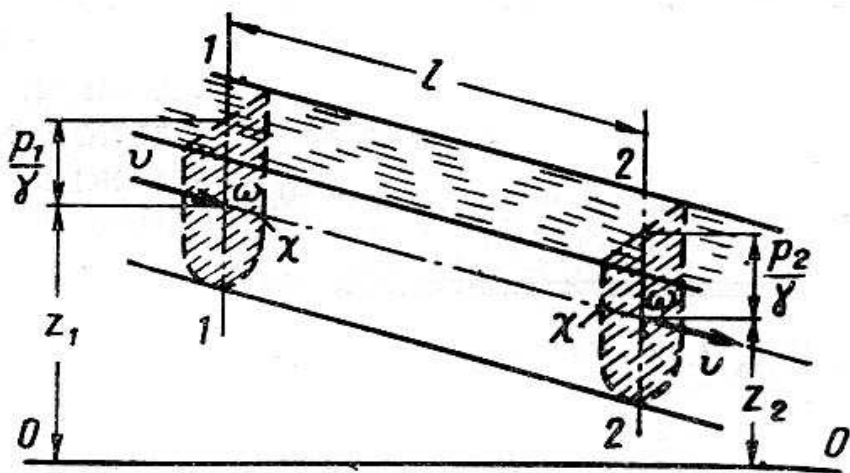
$M-M$ сызығы геометриялық арынның орнын көрсетіп, ол құбырдың осімен сәйкес келеді.

Пьезометрлік биіктік пьезометрлік және геометриялық сызықтардың биіктік орындарының айырмасымен анықталады.

3.12 Гидравликалық кедергі. Сұйықтың бір қалыпты қозғалысын орнататын теңдеу. Сұйық қозғалысының режимі. Сұйық қозғалысының режимінің түрлері.

Сұйықтың бірқалыпты қозғалысының негізгі теңдеуі. Нақты сұйықтың бірқалыпты қозғалысы кезіндегі кедергі мен арынның жоғалуы арасындағы байланысты табу үшін ұзындығы ℓ болатын ағынның бөлігін қарастырамыз (1.29 сурет).

Жоғарыда келтірілген анықтамаға байланысты, бірқалыпты қозғалыс кезінде ағынның ұзына бойында барлық гидравликалық элементтер тұрақты болады. Бір қалыпты қозғалыс жағдайында сұйықты қозғалысқа келтіретін сыртқы күштер осы қозғалыс кезінде пайда болатын кедергі күштеріне тең болады.



1.29 сурет

1-1 және 2-2 қималарымен шектелген бірқалыпты ағынның бөлігі үшін Бернулли теңдеуі О-О салыстыру бетіне байланысты ($v_1 = v_2$ екенін ескере отырып) былай жазылады.

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + h_{шығ}$$

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = \mathcal{E}'_n \text{ және } z_2 + \frac{p_2}{\gamma} = \mathcal{E}''_n \text{ деп белгілеп}$$

$$\mathcal{E}'_n - \mathcal{E}''_n = h_{шығ}$$

– теңдеуін аламыз.

Ішкі және беткі үйкеліс күштерін біріктіріп және күйкеліс күшінің жұмысы беткі және ішкі үйкеліс күштеріне эквивалентті және кедергі күштері тек қана қатты қабырғалар маңайында пайда болады деп есептейміз. Бұл күштер беттік үйкеліс күштері деп аталады. Энергияның сақталу заңына байланысты үйкеліс күшінің жұмысы T қарастырып отырған ℓ учаскедегі шығындалған ағын энергиясына тең.

$$A = T\ell$$

мұнда A – беттік үйкеліс күшінің толық жұмысы;

T – суланған қиманың ұзындық бірлігіне келетін үйкеліс күші.

Егер беттік үйкеліс күштерінің жұмысын сұйықтың салмағына бөлетін болсақ, онда оны ағынның ұзыны бойындағы арынның жоғалуына теңеуімізге болады. Ағынның салмағы $G = \gamma \omega \ell$

$$\frac{T\ell}{G} = \frac{T}{\gamma\omega} = h_{\text{ҰЗ}} \quad (1.113)$$

бөліктің ішкі бетінің бірлігіне келетін меншікті үйкеліс күшін τ белгілеп, толық үйкеліс күшін T мына өрнекпен анықтаймыз.

$$T = \tau \cdot s = \tau \chi \ell \quad (1.114)$$

мұнда $S = \chi \cdot \ell$ – ағынның қатты қабырғамен жанасуының ауданы.

χ – суланған периметр.

Алынған өрнекті 1.113 байланыстылыққа қойып және оны ℓ бөліп аламыз.

$$\frac{h_{\text{ҰЗ}}}{\ell} = \frac{\tau \cdot \chi}{\gamma\omega} \quad (1.115)$$

$h_{\text{ҰЗ}} / \ell = I$ гидравликалық еңістік, ал $\chi / \omega = \frac{1}{R}$ – гидравликалық радиусін кері мәні екенін ескеретін болсақ, онда

$$I = \frac{\tau}{\gamma R} \quad (1.116)$$

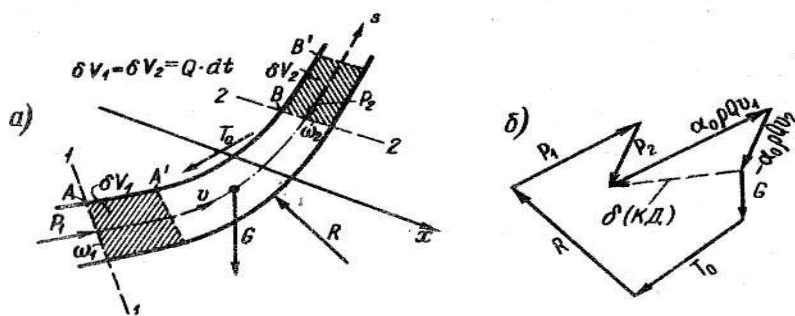
одан

$$\frac{\tau}{\gamma} = RI \quad (1.117)$$

(1.117) өрнекті бір қалыпты қозғалыстағы сұйықтың негізгі теңдеуі деп аталады.

Қалыптасқан ағын үшін қозғалыс мөлшерінің теңдеуі

Кез келген формадағы ағынды аламыз (1.30 сурет). 1-1 және 2-2 суланған қиманы белгілейміз, кез келген x осін сызамыз. Егер 1-1 және 2-2 қималарында жайлап өзгертін немесе біртіндеп өзгертін қозғалыс орын алатын болса, онда термеханикадан белгілі материалды нүктенің қозғалыс мөлшері теоремасын сұйықтың қалыптасқан қозғалысын есептеу үшін ыңғайлы түрге келтіреміз. Қосымша 1-1 және 2-2 қималарындағы жылдамдықтардың таралуы шамамен бірдей деп есептеп $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ аламыз.



1.30 сурет

Аталған теорема былай оқылады: Кез келген бағытта алынған x осіне қозғалыстағы дененің қозғалыс мөлшері $\delta(QM)$ өзгерісінің проекциясы осы денеге әсер ететін сыртқы күштердің сол уақыт аралығындағы импульстарының x осіне проекцияларының қосындысына (KI) тең болады.

Айтылған теореманы шартты түрде былай жазуымызға болады.

$$\delta(QM)_x = \sum (KI)_x \quad (1.118)$$

Осы теореманы бастапқы уақыт кезіндегі AB сұйық бөлігі 1-1 және 2-2 қималары аралығында болатын және dt уақыттан кейін $A'B'$ болатын сұйық бөлігіне қолданамыз (1.30 сурет).

1. AB денесінің қозғалыс мөлшерінің өзгерісі $\delta(QM)$. Суреттегі штрихпен

белгіленген элементарлы көлемдерді δV_1 және δV_2 деп белгілейміз.

$$\begin{aligned} \delta(QM) &= QM(A'B') - QM(AB) = QM(A'B + BB') - QM(AA' + A'B) = \\ &= QM(\delta V_2) - QM(\delta V_1) \end{aligned} \quad (1.119)$$

Дененің қозғалыс мөлшері (QM) дененің массасының дененің жылдамдығына көбейтіндісіне тең.

δV_1 - көлемінің массасы дененің dt уақыт аралығында 1-1 қима арқылы өтетін сұйықтың массасы.

$$\text{Масса } (\delta V_1) = \rho Q dt$$

(δV_1) - қозғалыс мөлшері. Егер осы массадағы барлық бөлшектер 1-1 қимасы арқылы v_1 жылдамдығымен өтетін болса онда

$$[QM(\delta V_1)]_{op} = (\rho Q dt) v_1 \quad (1.120)$$

Бірақ негізінде 1-1 қимасының әртүрлі нүктесінде әртүрлі u_1 жылдамдық болғандықтан, іздеген қозғалыс мөлшері былай жазылады.

$$QM(\delta V_1) = \alpha_0 [QM(\delta V_1)]_{op} = \alpha_0 \rho Q v_1 dt \quad (1.121)$$

$KD(SV_1)$ мәні үшін былай жазуымызға болады.

$$QM(\delta V_2) = \alpha_0 \rho Q v_2 dt \quad (1.122)$$

(1.121) және (1.122)-ні (1.119)-ға қойып және v_1 және v_2 -ні олардың x осіне проекциясының алмастырып табатынымыз.

$$\delta(KD)_x = \alpha_0 \rho Q (v_{2x} - v_{1x}) dt \quad (1.123)$$

2. AB денесіне түсетін сыртқы күштердің импульсі (ИС)

$ИС =$ күш X уақыт

AB денесінің $A'B'$ жағдайына көшкенде оған әсер ететін барлық күштерді қарастырамыз.

а) AB денесінің өзінің салмағы. Оны G -мен x -осіне проекциясын G_x белгілейміз. Бұл күштің импульсінің проекциясы

$$G_x dt \quad (1.124)$$

б) AB денесіне әсер ететін оны қоршап тұрған жанама қабырғалардан түсетін сыртқы үйкеліс күші T_0 . Бұл күштің импульсінің проекциясы.

$$(T_0)_x dt \quad (1.125)$$

в) AB денесіне қоршап тұрған жаңа қабырғалардың (үйкеліс күшінен өзгеше) әсер ететін реакция күші.

$$R_x dt \quad (1.125)$$

г) AB денесінің 1-1 және 2-2 қималарында оған сұйықтың қалған бөлігінен әсер ететін гидродинамикалық қысым күші.

$$(P_{1x} + P_{2x}) dt = P_x dt \quad (1.126)$$

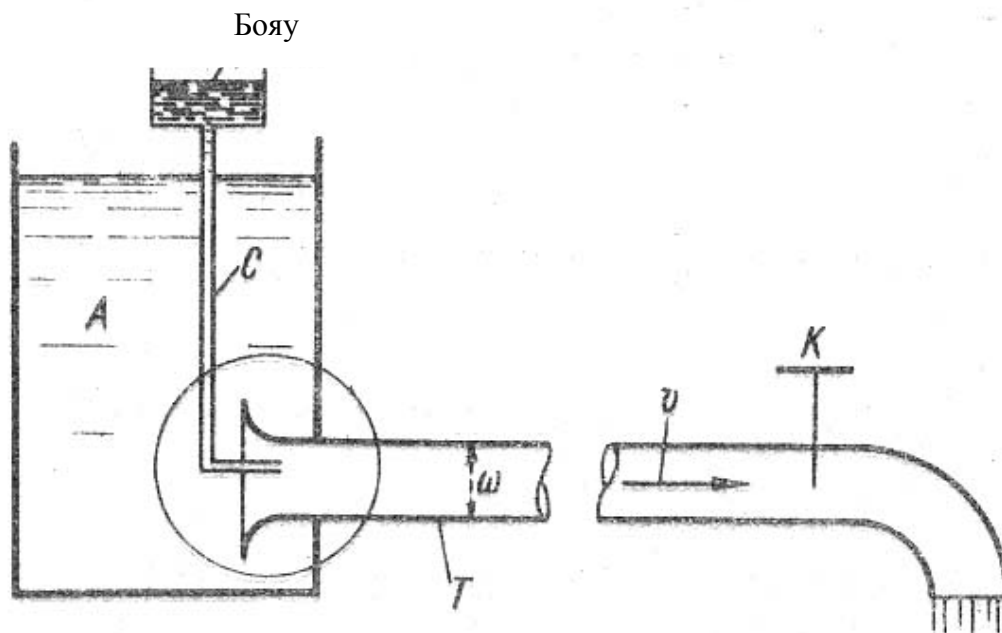
3. Қозғалыс мөлшері 1.118 теңдеуіне (1.123-1.126) теңдеулерін қойып және алынған нәтижені dt бөліп мына теңдеуді аламыз.

$$\alpha_0 \rho Q (v_{2x} - v_{1x}) = G_x + (T_0)_x + R_x + P_x \quad (9.17).$$

3.13 Сұйық қозғалысының түрлері. Сұйық қозғалысының ламинарлық және турбуленттік режимдері туралы түсінік

1839 жылы 1854 жылдары неміс инженер-гидротехнигі Т. Хаген сұйық қозғалысының мүлде бөлек болатын екі түрлі режимі бар екендігін айтты. 1880 жылы бұл мәселені Д.И. Менделеев те қарастырды. 1883 жылы бұл мәселені ағылшын физик және инженері О. Рейнольдс те зерттеді.

1.31 суретте сұйық толтырылған ыдысты елестетейік. Одан ортасында краны бар мөлдір T түтікше шығарылған. A ыдысының үстіне бояу толтырылған кіші ыдыс орнатылған. Одан жіңішке түтікше арқылы краска T түтікшесінің кірер жеріне келтірілген. K кранын ашып жоба отырып T түтікшесіндегі су өтімін, және $v = Q / \omega$ болатын жылдамдықты өзгертеміз.



1.31 сурет

Осылайша жүргізілген тәжірбиелердің нәтижесінде төмендегілер анықталды.

1. Трубкадағы v жылдамдық әлдебір v_k жылдамдығынан кем кезінде, яғни

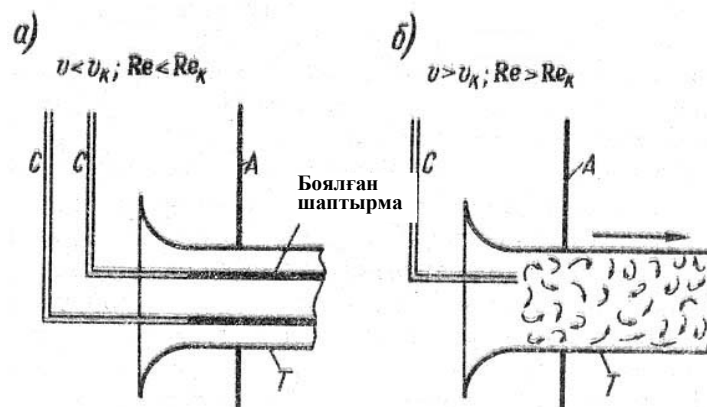
$$v < v_k \quad (1.1) \quad (1.32 \text{ а}),$$

болғанда T трубкасыны келетін бояу, ағынның бір ғана шаптырмасын бояйды.

2. Трубкадағы v жылдамдық v_k артық болса

$$v > v_k \quad (1.2) \quad (1.32 \text{ б})$$

Трубкадағы сұйық түгелімен боялады. Мұнда сұйық солдан оңға қарай жылжып қозғалады, сонымен бірге ондағы бар бөлшектер кез келген бағытта кеңістік формалы анықталмаған кездейсоқ қисалған траекториялармен араласады. Бұл жағдайда әртүрлі уақыт мезеттерінде кеңістікте алынған, қозғалмайтын нүктеде байқалатын бөлшектер қозғалысының траекториясы әртүрлі болады. Бұл қозғалыс кез келген бағытты тәртіптелмеген болып және сұйықты көлденең бағытта тұрақты аралыстырып тұрады.



1.32 сурет

Сұйықты араластыруға әкелетіндей жергілікті жылдамдық өзгерісі (пульсация) жоқ сұйық қозғалысын ламинарлық қозғалыс дейді (lamina – қабат – латын сөзі).

Сұйықты араластыруға әкелетіндей жергілікті жылдамдықтың өзгерісі (пульсация) бар сұйық қозғалысын түрбиленттік қозғалыс дейміз. Латын сөзі (turbulentus – қалай болса солай) дегенінен шыққан.

Ал енді, кранды біртіндеп жабатын болсақ құбылыс кері ретпен қайталаанады. Бірақ түрбиленттік режимнен ламинарлық режимге өткендегі жылдамдықтың шамасы ламинарлық режимнен түрбиленттік режимге өткен кездегі сұйық жылдамдығынан кем мәнде болады.

Сұйық қозғалысының бір режимнен екінші режимге өткен кездегі жылдамдығын сыдарлы деп атайды.

Рейнольдс тәжірбиелері

О. Рейнольдс екі түрлі сыдарлы жылдамдықтың бар екенін анықтады. Біреуі – ламинарлық режимнің түрбиленттік режимге өткен кезінде байқалады оны жоғарғы сыдарлы жылдамдық $v_{ж.сын.}$ деп атайды. Екіншісі – түрбиленттік режимнен ламинарлық режимге өткен кезде, байқалып оны төменгі сыдарлы жылдамдық $v_{т.сын.}$ Жоғарғы сыдарлы жылдамдық тәжірбиелері сыртқы шарттарға: температураның тұрақтылығына, қондырғының қозғалмалылығына байланысы бар екендігі тәжірибе жолымен дәлелденеді. Төменгі сыдарлы жылдамдық сыртқы шарттардың кең мөлшерде өзгерісінде тұрақты болып қалады.

Дөңгелек қималы цилиндрлік трубкада ағынның төменгі сыдарлы жылдамдығы кинетикалық тұтқырлыққа ν тура пропорционал, трубканың диаметріне d кері пропорционал, екендігі тәжірибелер арқылы дәлелденеді.

$$v_{т.сын.} = Rv / d$$

v және d әртүрлі мәндерінде де пропорционалдық коэффициент R өзгермейді.

$$R = v_{т.сын.} \cdot d / v = 2320$$

Рейнольдстің құрметіне бұл коэффициентті Рейнольдтың сыдарлы саны деп аталып, $Re_{т.сын.}$ деп белгіленеді.

Ашық арналар үшін Рейнольдс саны жылдамдыққа, тереңдіке және тұтқырлыққа байланысты

$$Re = vh / \nu = 580 .$$

Ашық арналар үшін $Re_{сын.} = vR / \nu = 580$

Табиғатта және техникада ламинарлы қозғалысқа қарағанда түрбилентті қозғалыс жиірек кездеседі. Ламинарлыққа май т.б. тұтқырлы сұйықтардың трубкадағы немесе механизмдегі, жер асты суларының капиллардағы қозғалыстар жатады.

3.14 Сұйық қозғалысының ламинарлық режимі

Трубкадағы ламинарлық қозғалыс кезінде суланған қимадағы су қозғалысы жылдамдығы оның қабырғасында нөлге тең болып, трубканың осінде өзінің екі жоғарғы дәрежесіне жетеді. Қабырға маңындағы жылдамдықтың нөлге тең болуы сұйықтың оған жабысуынан деп түсінеміз. Үйкеліс күші кернеуінің суланған қимадағы таралуының теориялық жолмен цилиндрлік трубкадағы бірқалыпты қозғалысы жағдайында оңай түсіндіруге болады.

Кез келген радиустегі суланған қима үшін бірқалыпты қозғалыстың жалпы теңдеуін былай жазуымызға болады.

$$\tau = \gamma D_i = \gamma \frac{r}{2} i = R_2 \quad (1.5)$$

Мұнда $R = \frac{1}{2}\gamma$ - меншікті салмағы, i - еңістік (1.5) теңдеуінен байқайтынымыз үйкеліс күші кернеуі γ және i мәндері ағын үшін тұрақты болған жағдайда суланған қимада $r = 0$ ден $r = r$ дейін өзгереді.

Сондықтан ағынның осінде $r = 0$ болып бірқалыпты қозғалыстың негізгі теңдеуі бойынша $r = 0$ болса, қабырға шекарасы маңында τ өзінің ең жоғарғы мәні τ_0 жетеді.

Қысым салмақ күші жерінен болғандықтан ол тек ғана Z функциясы болады.

$$dp = \gamma dZ \quad (1.6)$$

Бұл теңдеуден интеграл аламыз.

$$\int_{p_0}^p dp = \gamma \int_0^z dz \text{ немесе } p = p_0 + \gamma z \quad (1.7)$$

Сондықтан горизонтальды трубкадағы сұйықтың бірқалыпты паралельді шаптырмалы қозғалысы кезінде гидродинамикалық қысым гидростатикалық заңдылық бойынша тарадады. (сурет)

Ағынның өтімі мен қимадағы орташа жылдамдығын анықтау

Жергілікті жылдамдық ең жоғарғы жылдамдық арқылы былай өрнектеледі.

$$U = U_{Max} \left[1 - \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right] \quad (1.8)$$

Ламинарлы режим жағдайында ағын өтімі Q мен өрнектеп есептеледі.

$$Q = \int_{\omega} U d\omega = \int_0^{r_0} U d(\pi r^2) = \int_0^{r_0} 2\pi r U dz \quad (1.9)$$

Жергілікті жылдамдық мәнін (1.8) теңдеуінің мәнімен алмастырып

$$Q = 2\pi U_{Max} \int_0^{r_0} \left[1 - \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right] r s^2 = \frac{1}{2} U_{Max} \pi r_0^2 \quad (1.10)$$

Енді бір жағынан су өтімін орташа жылдамдық арқылы өрнектейміз.

$$Q = \pi r_0^2 v \quad (1.11)$$

(1-10) және (1.11) теңдеулерінің оң жақтарын теңестіре отырып, орташа жылдамдықты табамыз.

$$v = \frac{\gamma r_0^2}{\gamma M} i = \frac{\gamma d^2}{32M} i$$

немесе $i = \frac{32M}{\gamma d^2 v}$ Пуазейль формуласы

3.15 Турбулентті ағыстар. Орташа жылдамдық және кернеу. Пульсациялық бөліктер

Турбулентті ағыстар кезінде жүргізілген өлшеулер мұндай ағыста жергілікті жылдамдық анық бөлініп тұратын пульсациялық сипатта болады. Жылдамдық өзінің орташа мәні маңында үздіксіз өзгерісте (пульсация) болады.

Рейнольдс турбуленттік қозғалыс кезіндегі оның сипаттамаларын уақыт бойынша алынған орташа мәні мен пульсациялық бөлігінің қосындысы ретінде қарауды ұсынды.

Сонда жылдамдықтың, қысымының жөн кернеудің лездік мәндері былай жазылады.

$$U_x = \bar{U}_x + U_{x'}; \quad U_y = \bar{U}_y + U_{y'}; \quad U_z = \bar{U}_z + U_{z'}; \\ p' = \bar{p} + p'; \quad z' = \bar{z} + z';$$

Төбесіне сызығы бар мәндер олардың уақыт бойынша орташалар.

$$\bar{U}_i = \frac{1}{T} \int_0^T U_i dt; \quad \bar{p} = \frac{1}{T} \int_0^T p dt; \quad \bar{\tau} = \frac{1}{T} \int_0^T \tau dt;$$

Мұнда T – орташа мән аланатын уақыт.

Жылдамдық проекциясы мен кернеудің пульсациялық бөлігі төмендегідей жолмен анықтамақ.

$$U'_x = U_x - \bar{U}_x; \quad U'_y = U_y - \bar{U}_y; \quad U'_z = U_z - \bar{U}_z; \\ p' = p - \bar{p}; \quad z' = z - \bar{z};$$

Турбуленттік қозғалыс кезінде жылдамдық проекциясы ғана емес, сонымен бірге нормальді кернеу p және жаңа кернеу τ да пульсациялық болады.

Турбуленттік ағыстың екі қабатты моделі.

Турбуленттік қозғалыс режимінің негізгі ерекшелігі ондағы сұйық бөлшектерінің өте тез араласуы. Бұл тез араласушылық Рейнольдс саны өскен сайын күшейе береді.

Түзу сызықты қимасы доңгелек болатын цилиндрлік құбырды қарастырамыз. Құбырдың көлденең қимасының әртүрлі бөлігінде турбуленттік араласу процесі әртүрлі болатындығы зерттеулер бойынша анықталды. Турбуленттік қозғалыс режимінде ағыс структурасын қазіргі кезде жуық түрде 2 қабатты схема ретінде көрсетіледі. Қатты қабырға азайтуда (құбырдың ішкі қабырғасы) жылдамдықтар оның ішінде пульсациялық бөлігі де нөлге тең. Қатты қабырғаға жақын жерде өте жұқа қабат бар. Оның қалыңдығының δ деп белгілейміз. Бұл қабатта Ньютонның үйкеліс заңына есептелетін жанама кернеу қатты әсер етеді. Сондықтан бұл қарастырып отырған қабат ағыстың тұтқырлы қабаты деп аталады. Бұл қабаттың аумағында жылдамдық қабырға маңында көлден қабаттың мега, астыды оның U_b мәніне деген сызық бойымен өзгереді.

Турбілентті қозғалыс кезіндегі бойлық арын. Каналдардың, құбырлардың бетінің бұдырлығы әртүрлі болады. Олар кез келген формалы, толқынды болып келеді. Құбырларды жасалу технологиясына және пайдалану мақсатына байланысты бір қалыпты қайталанатын бұдырлық байқалады. Құмды жерлердегі арналардың түбінде әртүрлі рельефтер қалыптасады (қырлаулар-ірілері рирелдер-майда).

Гидравликалық тегіс және гидравликалық бүдір құбырлар (арналар) жөніндегі түсінік. Бұдырлықтың сипаттамасы ретінде бұдырлық биіктерінің орташа шамасы алынады Δ . Бұдырлық биіктіктерінің орташа шамасына Δ мен тұтқырлы қабатының қалыңдығына S_b қатынасы ағыстың структурасын анықтайды. Егер Δ бұдырлықтың биіктігі Δ тұтқырлы қабатшаның қалыңдығынан S_b кем болса, онда тегіс емес жердің бәрі осы қабатшаның астында қалады және осы қабатының маңайында сұйық бұдырлықты тегіс күйінде ағып өтеді. Бұл жағдайда қабырғаның бұдырлығы қозғалыстың сипатына әсер етпейді, сондықтан арынның шығыны бұдырлыққа байланысты болмайды. Ондай құбыр арналар гидравликалық тегіс деп аталады.

Егер бұдырлықтың биіктігі Δ тұтқырлы қабатшаның қалыңдылығынан артық болса, онда қабырғадағы тегіс емес жерлер турбіленттік ядроға әсер етеді де, ағын ол жерлерді үздік-үздік ағып өтіп, оның бөлшектерінің жылдам араласуына алып келеді. Бұл жағдайда арын шығыны бұдырлыққа байланысты болып ондай құбырлар гидравликалық бұдырлы деп аталады.

Құбырдың қабырғасын гидравликалық тегіс және бұдырлы деп бөлу шартта түрде болады. Себебі тұтқырлы қабақшаның қалыңдығы Рейнольдс санына байланысты өзгеріп отырады. Re саны мәні $S_b = \frac{30d}{Re\sqrt{\lambda}}$ артқанда S_b қалыңдығы кішірейеді, сондықтан гидравликалық тегіс құбыр гидравликалық бұдыр құбырға айналады. Себебі бұдырлықтың биіктігі тұтқырлы қабатшаның қалыңдығынан артып, бұдырлық қозғалыс сипатына әсер ете бастайды.

Дарси коэффициентінің экспериментальді жолмен зерттеу. Дарси коэффициентінің λ Рейнольдс саны Re және салыстырмалы Δ/d бұдырлықтан байланыстылығын зерттеу жөніндегі маңызды эксперименттерді бұдырлы құбырлар үшін Никурадзе, төртбұрышты бұдырлы арналар үшін Зегжде жүргізді. Құбырдығ және арнаның қабырғалары арнайы бірінғай түйіршіктік бұдырлықтан жасалынды. Ол үшін әртүрлі іріліктегі құм түйіршіктері електеп өткізіліп таңдап алынған лас жағылған құбыр бетіне жапсырылады. Құм түйіршіктерінің өлшемі Δ бұдыр биіктігі өлшемінің биіктігіне Δ тең деп алынды. Осындай шаралардың нәтижесіне салыстырмалы бұдырлығы Δ/d әртүрлі құбырлармен эксперименттер жасалынды. Бұл тәжірибеиелерде арынның шығыны мен су өтімі өлшеніп, олар арқылы орташа жылдамдық және

Дарси коэффициенті есептелінеді. Никурадзе тәжірибесінің нәтижелері суретте көрсетілген. Абцисса осі бойынша $\lg Re$ ординатта осі бойында $\lg(100\lambda)$ мәндері алынды. $Re < 2320$ кем жағдайда алынған барлық тәжірибиелік нүктелердің құбырдың бұдырлығына байланысы болмай, бір түзудің бойында орналасқан. Бұл $R = \frac{d\nu}{\nu\lambda}$ дегеніміз, ламинарлық қозғалыс кезінде құбырдың бұдырлығына байланысты болмайды. $Re = 2300 \div 3000$ аралығында ламинарлық қозғалыстан түрбіленттік қозғалысқа өту байқалады. Никурадзенің тәжірибесінде $2300 < Re \leq 4000$ аралығында λ сол бағытында $Re > 4000$ d/Δ мәндеріне байланысты экспериментті қисықтардың сипаты әртүрлі.

Никурадзенің жүргізілген зерттеулері құбырдағы арынды қозғалыс кезінде әртүрлі кедергі болатындығын көрсетті.

1. облыс – ламинарлық қозғалыс режимі $\lambda_{\text{сам}} = f(Re)$.
2. облыс – ламинарлықтан түрбуленттік режимге өту. $Re = 2300 - 4000$.
3. облыс – түрбуленттік режим, гидравликалық тегіс құбыр.

$$\lambda_{\text{гл.}} = f(Re^{-0.25}) \text{ сурет II – түзуі.}$$

4. облыс – түрбуленттік режим (гидравликалық тегіс құбыр мен квадраттық облыстың аралығындағы облыс) $\lambda_{\text{пер}} = f(Re, \Delta/d)$ II мен III түзілердің арасы.

5. облыс – түрбуленттік режим, кедергінің квадратты облысы.

$$\lambda_{\text{кв}} = f(\Delta/d), \lambda_{\text{кв}} \neq f(Re) - \text{III түзудің оң жағы.}$$

«Кедергінің квадраттық облысы» дегеніміз бұл облысты λ коэффициенті (Re) байланысыз болып тек жылдамдықтың квадратына байланысты болады. $\left(h_{\text{гл}} = \lambda \frac{e}{d} \frac{v^2}{2g} \right)$

Арналар үшін Зегжданның жасаған тәжірибелерінде де осындай нәтижелер алынды.

Атап айтқанымыз керек, Никурадзе құбырдағы өз тәжірибелерінің біртекті жасанды бұдырлық жағдайында өткізді. Ал күнделікті пайдаланатын құбырлар бұдырлығы текті және бір қалыпты емес. Осы жағдайлардағы Дарси коэффициентін анықтау үшін көптеген эксперименттер жүргізіліп нәтижесінде λ есептеуге арналған әртүрлі құбырлар үшін көптеген формулалар алынған.

IV. СУ ҚҰБЫРЛАРЫ, ОНЫҢ КЛАССИФИКАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУ

4.1 Құбырлардың классификациясы. Арынды құбырларды анықтау. Қысқа және ұзын арынды құбырлар.

Ұзына бойлық және жергілікті арын шығындарының бір біріне қатынасын байланысты өткізгіш құбырлар қысқа және ұзын болып бөлінеді.

Қысқа өткізгіш құбыр – олардың жергілікті кедергісінің саны бірталай шама болып, оның мөлшері ұзына бойлық арны шығынына жақындайтын қысқа өткізгіш құбырлар. Бұлардың қатарына двигательді суыту жүйесіндегі су жіберу құбырлары, әртүрлі машиналардағы майлау жүйесіндегі май жіберу құбырлары, сорап станциясындағы сорып алу құбыры, т.б.

Ұзын өткізгіш құбырлар – бұларда ұзына бойлық арын шығына жергілікті арын шығынынан соншалықты көп болғандықтан жергілікті жығынды ұзына бойлақ шығынның бір бөлігі есебінде қабылдайды. Ұзын өткізгіш құбырда есептеулер жүргізгенде ұзына бойлық арын шығынының H_{gl} есептеп табады да, жалпы арын шығынының есептегенде жергілікті шығын есебінде 5-10% табылған мәнге қосады. Өткізгіш құбырлардағы есептер анықталатын параметрлері және есептеу әдісі бойынша үш топқа бөлінеді.

1. Берілген арын H , құбыр ұзындығы l және құбыр бұдырлығы мен сұйықтың тығыздығы және тұтқырлығы ν жағдайында сұйық өтімін Q есептеу.

4.2 Сұйықтың тесіктер мен саптамалар арқылы ағуы

Сұйықтың тесіктерден ағу теориясының мына түрлері кездеседі: сұйықтың жұқа қабырғадағы және қалың қабырғалардағы тесіктерден аққандағы тұрақты және айнымалы арынды жағдайын, еркін ағуын (атмосфераға) және сұйық қабатының астымен және үлкен тесіктен ағуын қарастырады. Сұйық саңылаудан аққан кездегі анықтаушы элементтерге сығылыу коэффициенті ($\epsilon = (d/d)^2 = \omega c/\omega$) және әректтегі арын (H) жатады (1.13-сурет).

Сұйықтың тесіктен ағу кезіндегі жылдамдығы мен шығынын мына формуламен табады:

$$v = \phi \sqrt{2gH}, \text{ м/с}, Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \text{ л/с} \quad (1.34)$$

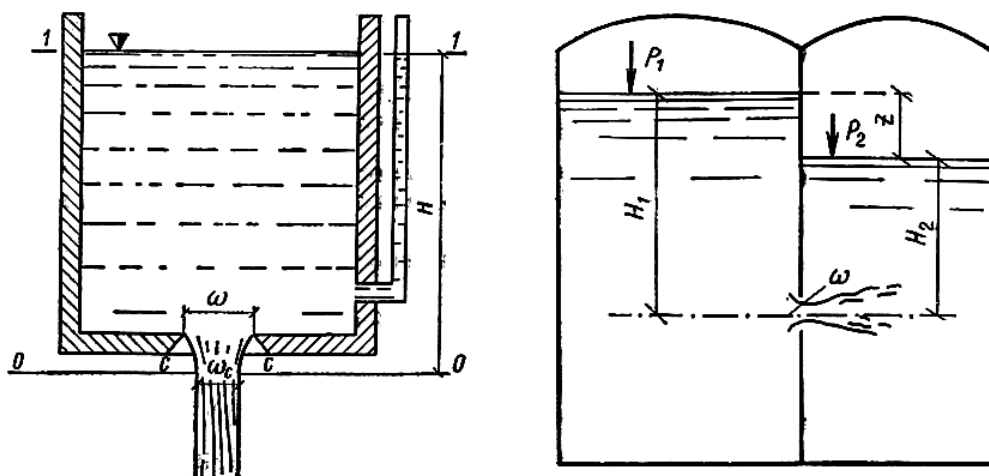
мұндағы ϕ – жылдамдық коэффициенті, μ – шығын коэффициенттері, шығын коэффициентінің орташа шамасы $\mu = 0,59 \div 0,63$. $\mu = Q / Q$, – нақты Q = теориялық су шығындары.

Айнымалы арынды сұйықтың тесіктен ағуы кезіндегі негізгі көрсеткіші –резервуардың қотарылу уақыты:

$$t=2W/Q,$$

мұндағы W – резервуардың көлемі; Q – бастапқы (1.35) ағын арынындағы сұйық шығыны.

Саптама деп қысқа кесілген құбыршаның жұқа қабырғадағы тесікке дәнекерлеп далғануын айтады (ұзындығы $t \geq 3 \div 5d$), мұндағы d – саптаманың диаметрі.



1.13-сурет Сұйықтың жұқа қабырғадағы тесіктен ағып шыққандағы жылдамдығын анықтау

Формасына қарай сипатамалардың мынадай түрлері болады: ішкі және сыртқы цилиндрлі, аузы тар конусты және аузы кең конусты және конидальды. Ішкі және сыртқы цилиндрлі саптаманы резервуарды толтыруға және қотаруға, конусты аузы тар және конидальды саптамаларда – сұйықты өте алысқа түйдектетіп шашуға (гидромониторлар, өрт сөндіргіш бранспойттар т.б.) конусты аузы кең саптаманы – жаңбырлатқыш машиналарға сұғындырма ретінде пайдаланады.

Саптамадан ағып шыққан сұйықтың жылдамдығы мен шығынын мына формуламен табады:

$$v = \varphi \sqrt{2gH}, \quad Q = \mu \omega \sqrt{2gH},$$

Сұйықтың тесік арқылы ағуы. байланыстың негізгі есептері.

Дәріс мазмұны: Су шаруашылығында және сұйықтың қозғалуымен қатынасты тұрмыстың салаларында сұйықтардың тесіктерден және саптамалардан ағумен байланысты сұйықтарға жиі жауап беруге тура келеді. Су қоймаларынан, үлкен резервуарлардан суды тастауда, бір

резервуардан екіншісіне сұйықтың ағызып өтуде тесіктер және сипаттамалар қолданылады. жұқа қабырғадағы жұқа тесік деп биіктік өшемдері $0,1H$ (мұндағы H - арын) , болған және сұйықтың ағны пішінінің қалыптасуына тік және ішкі жақтаулары әсер ететін тесік саналады

P_0 - сұйықтың еркін бетіндегі қысымы.

Жалпы жағдайда : $P_0 = P_a$ $P_0 = P_{атм}$; W_c - ағыс қимасының ауданы W - тесік ауданы H - const – арын :

P_0 және H – лар ағу (дәуірінде) кезеңінде тұрақты деп саналыды.

Сұйықтық ағыны тесіктен шыққан жерде кенет сығылған ($c - c$ қимасында) . Бұл сығылудың бақылау себебі, сұйықтықтың бөлшектерінің резервуар ішіндегі қысық сызықты траекторияларымен тесікке жақындауындағы инерциясына байланысты. $C - C$ қимасына дейін сұйықтық қозғалысы кенет шұғыл өзгеруде болады, ол бұл қимадан соң жай өзгеруде болады. $C - C$ сызығы бойынша алынған ағыстың қимасы салынған қима делінеді. Салынған қимадағы сұйықтықтың орташа жылдамдығын және резервуардан ағып шыққан сұйықтық өтімін табайық . сұйықтықтың еркін бетінің деңгейінен өткізілген 1 – 1 қимадағы $c - c$ қимасы үшін Бернулли теңдеуін жазайық. Салыстыру жазықтығын сығылған қима ауданы W_c - ның салмақ орталығынан өткізейік . сондағы Бернулли теңдеуі :

$$H + \frac{P_0}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = \frac{P_{атм}}{\gamma} + \frac{V_c^2}{2g} + h_m \quad (14.1)$$

1-1 қимасынан $c-c$ қимасына дейінгі арын жоғалуын төмендегідей өрнектейік

$$h_m = \xi \frac{V_c^2}{2g}$$

мұндағы ξ -тесіктің кедергі коэффициенті. арын жоғалуы негізінен тік тесік маңайында болуы деп есептеледі. бұл мәнді бастапқы Бернулли теңдеуіне қойып төмендегіні жазуға болады.

$$H + \frac{P_0 - P_{атм}}{\gamma} + \frac{V_c^2}{2g} = (1 + \xi_c) \frac{V_c^2}{2g}$$

Осы арада:

$$V_c = \sqrt{\frac{2g}{1 + \xi_c} \left(H + \frac{P_0 - P_{атм}}{\gamma} + \frac{V_c^2}{2g} \right)} \quad (14.2)$$

Немесе:

$$V_c = \sqrt{2g \left(H + \frac{P_0 - P_{атм}}{\gamma} + \frac{V_c^2}{2g} \right)} = \varphi_0 \sqrt{2gH_D} \quad (14.3)$$

Мұндағы:

$\varphi_0 = \sqrt{\frac{1}{1 + \xi_c}}$ - жылдамдық коэффициенті, ол арын жоғалуын есепке алады.

H_D – ықпал етуші арын.

Егер $P_0 = P_a$, ал резервуар қимасының ауданы тесік ауданнан өтсе үлкен болады, ($\Omega > \omega$), резервуардағы сұйықтың қозғалысының орташа жылдамдығы V_0 өте кіші болады, сондықтан оны есепке алынбайды, яғни $V_0 = 0$

Бұл жағдайда ағу жылдамдығы: $V_c = \varphi_0 \sqrt{2gH} \quad (14.4)$

$H_d=H$. Идеал сұйықтық үшін $h_m=0$ бұл жағдайда $\xi_0=0$, $\varphi_0=1$ болады:

$$V_c = \sqrt{2gH} \quad (14.5)$$

Бұл формула торричелли формуласы делінеді, өйткені оны арын жоғалуын есепке алмаған күйде тәжірибе негізінде Э. Торричелли алғашқы анықтаған

Тесіктен ағып шығатын сұйықтың өтім:

$$Q = \omega_c V_c = \omega_c \varphi_0 \sqrt{2gH} \quad (14.6)$$

Мұндағы:

$\xi_0 = \frac{h_m}{H}$ - ағыстың сығылу коэффициенті;

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gH}$$

$$\mu_0 = \xi_0 \varphi_0 \text{ - тесіктің өтім коэффициенті: } \mu_0 = \frac{\xi_0 \varphi_0}{\sqrt{1+\xi_0}} \quad (14.7)$$

ағыстың сығылу түрлері. ағыс инерциясы ағыстың сығылу дәрежесіне резервуардың жан қабырғалары да түбі де ықпал жасайды.

Ағыстың сығылу түрлерін төмендегілерге ажыратады:

1) Жетілген сығылу резервуар жан қабырғаларынан және түбінен едәуір қашықтықта жайғасқан. тәжірибелердің көрсетуінше, қойылған шарттар ордалған жағдайда ыдыстың қабырғалары мен түбі ығыстың сығылу дәрежесіне ықпалын тигізбейді. Бұл жағдайда: $\xi_0=0,63$, $\varphi_0=0,97$, $\mu_0=0,62$ болады

2) Жетілмеген сығылу. Бұндай сығылу тесік резервуар қабырғаларына және түпжиегіне орналасқанда байқалады. Өтім коэффициенті $\mu_{\text{несов}}$ аудандарың ара қатынасы $\frac{N^1}{N}$ -ге байланысты шамалы үлкейеді:

$$\mu_{\text{несов}} = \mu_{\text{сов}} \left(1 + \frac{K}{100}\right) \quad (14.8)$$

мұндағы K - аудандар ара қатынасы $\frac{N^1}{N}$ -на тәуелді коэффициент:

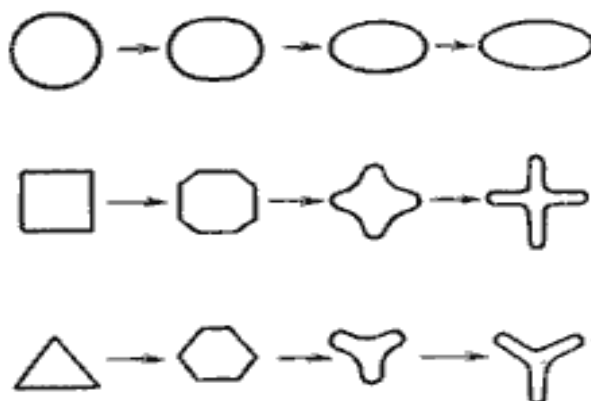
егер $\frac{N^1}{N} = 0,1$, онда $K=1,5$; егер $\frac{N^1}{N} = 0,2$, $K=3,5$

3) Шала сығылу. бұндай сығылу тесіктен қабырғаға дейін немесе түбіне дейінгі арақашықтық нөлге тең болған жағдайда байқалады. Сұйықтық бөлшектері қабырға байлап қозғалып инерция күшінің ықпалына вертикал төменге ұмтылады, мұндай әрекет сұйықтық ағысының жоғарғы жағынан сығылуына алып келеді. Резервуар түбін қарастырсақ, сұйықтық бөлшектері тесікке жақындағанда түзу сызықты траекториялармен қозғалулы көрініп тұр. Сұйықтық ағысының төменгі жағынан сығылуы жоқ екендігі байқалады, сығылудың бұл түрінде өтім коэффициенті үлкейеді:

$$\mu_{\text{несов}} = \mu_{\text{сов}} (1 + 0,4 N^1/N) \quad (14.9)$$

мұндағы: N -тесіктің периметрі, N^1 - ағыс сығылуын болмаған тесік периметрінің бөлігі

Ағыс инверсиясы. Егер мысалы, сұйық ағысы квадрат тесіктен болған жағдайда ағыс көлденеің қимасының пішіні өзгереді. Бұл құбылыс инверсия деп аталады (1-114 сурет).



1-114 сурет. Ағыс инверсиясы

Тесікке жақындағанда тесік периметірінің әртүрлі учаскілерінде сұйық бөлшектерінің жылдамдықтары біртүрлі болуын инверсия құбылысын туындатады.

Сұйықтың кіші тесіктен деңгейі төменіне ағуы (су басқан тесіктен ағуы)

Төменгі жорамалдарды енгізейік: т тесіктің кеі жағындағы резервуарларда сұйықтық еркін жазықтық деңгейлерін уақыт өтіумен өзгермейді, бұл деңгейлердегі қысым атмосфера қысымына тең .

1-1 және 2-2 қималары үшін бернулли тендеуін жазайық:

$$H_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{z_1}{g} = H_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{z_2}{g} + h_f \quad (14.10)$$

Мұнда:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 1, \quad V_1 = 0, \quad V_2 = 0; \quad \frac{v_1^2}{2g} \approx 0$$

$$H_1 = H_2 + h_f$$

$$H_1 = H_2 = z \quad (14.11)$$

$$z = h_f \quad (14.12)$$

$$h_f = \sum \xi \frac{v^2}{2g} \quad (14.13)$$

ξ коэффициенті 1-1 қимасына с-с қимасына дейінгі және С-С қимасынан 2-2 қимасына дейінгі арын жоғалуларын есепке алады. 1-1 дан с-с ке дейінгі бірінші учаскедегі арын жоғалулары сұйықтықтың кіші тесіктен атмосфераға ағуындағы арын жоғалуларына ұқсас келеді, ал с-с ден 2-2ге дейінгі екінші учаскеде ағынның с-с қимасы ауданынан өте үлкен болған 2-2 кима ауданына дейінгі кенет кеңею құбылысын байқаймыз, мұндағы кедергі коэффициентін $\xi_{c-2}=1$ деп алуға болады:

$$h_f = z = (\xi_{1-c} + \xi_{c-2}) \frac{v^2}{2g} = (\xi_{1-c} + 1) \frac{v^2}{2g} \quad (14.14)$$

ξ_0 кедергі коэффициентін тесіктің кедергі коэффициентіне тең екенін ескеріп, сығылған қимадағы жылдамдықты табайық:

$$V_c = \frac{a}{\xi} \sqrt{2gz}$$

Жылдамдық коэффициенті деп, төмендегіге ие боламыз:

$$V_c = \varphi \sqrt{2gz} \quad (14.15)$$

Су басқан тесіктен ағып өтетін өтім мәні:

$$Q = \omega_c V_c = \xi \omega \varphi \sqrt{2gz} \quad (14.16)$$

немесе

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gz} \quad (14.17)$$

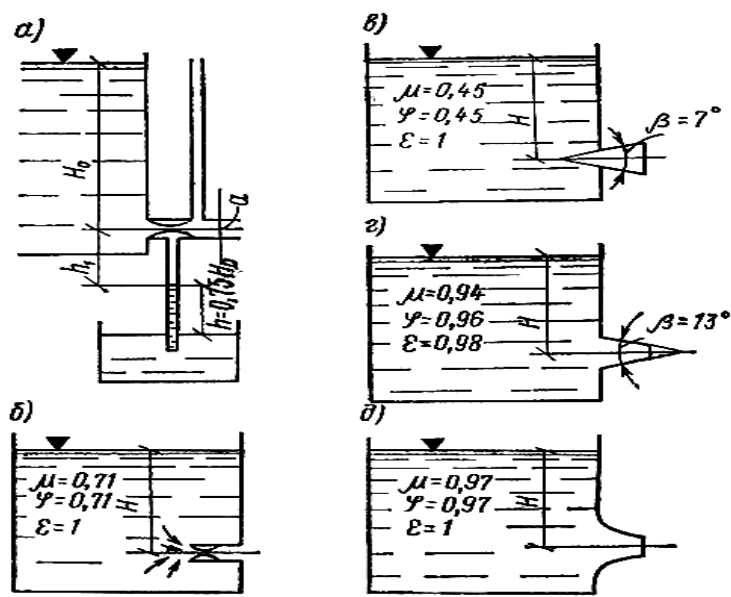
Өтім үшін келтіріп шығарылған (14.17) формуласы сұйықтықтың атмосфераға ағуындағы өтім формуласы көрінісіндей. Айырмашылығы: тек қана Н шамасының орнына Z-резервуардағы сұйықтық деңгейлерінің айырмасы шамасы енгізілген.

Тәжірибиелер көрсетуінше, су басқан тесіктен ағудағы өтім коэффициенті μ -ді су басқан тесіктен атмосфераға ағудағы өтім коэффициентіне ξ -ге тең деп алуға болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Қандай тесік жұқа қабырғадағы кіші тесік деп аталады?
2. Сығылу қимасының жүзеге келуіне қандай факторлар себеп болады?
3. Сығылу түрлері.
4. Сығылу түрлерінің өтім коэффициенті мәніне әсері қандай?
5. Тесіктен ағудың әрқилы түрлері.

Сұйықтықтардың саптамалардан ағуы. Жұқа қабырғалы кіші тесікке жалғанған (орнатылған), ұзындығы $3 < (3D < I < 10D$, шамасында болған қысқа құбырды саптама деп атайды. Қабырға қалыңдығы саптама ұзындығына тең болған, қалың қабырғалы тесіктен сұйықтықтың ағуы дәл саптамадан ағуымен тең құбылыс болады. Практикалық тұрмыста кең таралған үлгілері 1-115 суретте көрсетілген.



1-115 сурет. Саптамалардың үлгілері

Саптамалық тесікке жалғануы резервуардан ағып шығып жатқан өтім мөлшерін өзгертеді, ол сондықтан резервуардың босау уақытына, ағыстың ұшу қашықтығына және т.б. өз ықпалын тигізеді.

Саптамадағы ағын дербес екі бөлшектен құрасқан: орталық (транзит) бөлшек, мұнда сұйықтықтың кіші бөлшектері алдыға қарай бағытта қозғалады (дерлік түзу сызықш қозғалыс) және иірім аймағы, мұнда сұйықтықтың бөлшектері айналмалы қозғалыста болады. Алдыға қарай қозғалыста болған ағының орталық бөлігінде ең кіші қимыл қимасына ис болтан жерін сығылған қимасы деп атайды. Иірім аймағында (ұзындығында) сұйықтықпен бірге одан бөлінген бу және еріген газдар айналмалы қозғалыста болады. Бұл аймақты кейде өлі аймақ (өлі зона) деп те атайды, алғашқы уақытта бұл аймақта болған ауа негізгі (орталық) бөлшектегі ағынға ерісіп, оған қосылып ағып кетеді, сондықтан саптамада кіреберіс жерінде вакуум жаратылады.

Вакуумдық максмал мәні сығылған қимада байқалады, мұнда ағыс ең үлкен сығылуға ие, ағыстың орташа жылдамдығы және кинетикалық энергиясы ең үлкен мәндерге ие болады. Кіреберіс учаскесінен соң саптама толық қимасы мен жұмыс істеуі үшін саптаманы алдын-ада сұйықтықпен толтырып тұру қажетігін ұмытпау керек. Бұндай толтыру ауданың сығылтан қимаға баруына тосқауыл болады. 1-1 және 2-2 қималары үшін 0-0 салыстыру жазықтығына қатынасты Бернулли теңдеуін жазайық:

$$H = \frac{v^2}{2g} + h_f \tag{15.1}$$

$$h_f = \sum \xi \frac{v^2}{2g} \quad (15.2)$$

$$H = \frac{v^2}{2g} (1 + \sum \xi) \quad (15.3)$$

Мұндағы $\sum \xi \frac{v^2}{2g}$ сұйықтық саптамадан ағып өтуіндегі арын жоғалуы. Бұл жоғалу үшкүрастырушыдан: сұйықтық атының сығылу барысындағы арын жоғалуынан, ағының сығылған кимадан кейінгі кеңеюіндсігі арын жоғалуынан және саптама ұзындығы бойынша арын жоғалуымен құралған:

$$\sum \xi = \xi_{\text{суж}} + \xi_{\text{росш}} + \xi_{\text{д}} \quad (15.4)$$

Бұл арын жоталуларыш бірінші және екінші түрлері сұйықтықтың кіші тесіктен агуындаты арын жоғалуына шамамен тең.

$\xi_{\text{суж}} + \xi_{\text{росш}} = \xi_{\text{дх}}$ - саптамаға кінү кедергісінің коэффициенті.

Ұзындық бойынша қарсылық коэффициенті:

$$\xi_{\text{дх}} = \lambda \frac{l}{d}$$

l - саптама ұзындығы,

d - оның диаметрі.

Барлық құрастырушыларының коэффициенттерін біле тура:

$$\sum \xi = \xi_{\text{нх}} + \lambda \frac{l}{d} = \xi_{\text{нас}} \quad (15.5)$$

Бұны (15.2) өрнегіне енгізсек және одан саптамадағы орташа жылдамдықты тапсақ:

$$V = \frac{\sqrt{2gH}}{\sqrt{1 + \xi_{\text{нас}} + \lambda \frac{l}{d}}} = \varphi \sqrt{2gH} \quad (15.6)$$

φ -жылдамдық коэффициенті.

Саптамадан шығуға ағын сығылуы болмаағандықтың $\xi=1$ деп есептеуге мүмкін, ал онда өтім коэффициенті μ төмендегіге тең болады:

$$\mu_{\text{нас}} = \varepsilon \varphi = \varphi \quad (15.7)$$

Саптамадан ағатын өнім:

$$Q = \mu_{\text{нас}} \omega \sqrt{2gH} \quad (15.8)$$

Тәжірибелер қортындысын көрсетуінше, сыртқы цилиндрлы саптама ұзындығы $l = (3-4)d$ болған сыртқы цилиндрлы саптама вентури саптамасы деп аталған.

Сыртқы цилиндрлы саптамадғы вакуум

Егер сығылу аймағында вакуумметр жалғанған болса, кері пезометрлік түтікте сұйықтық бұл аймақта вакуум болғанын сипаттайтын, биіктікке көтеріледі:

$$h_{\text{нас}} = 0.75H \quad (15.9)$$

Яғни вакуум шамасы әсер етуші орынға тәуелді, және ол арын өсуінен артып барады.

Бырақ вакуумның мүмкін болған максималды мәні бар:

$$(6,27) \quad (h_{\text{нас}})_{\text{max}} = 10,33 \text{ мсу. ба } \varepsilon$$

Вакуум бұл мәніне әсер етуші орынның шекті шамасына жетеді;

$$H_{\text{пр}} \approx 11,6H \quad (15.10)$$

Арынды шекті шамасы $H_{\text{пр}}$ -деп асыру ағыстың сақтама қабырғаларынан ажыратуына алып келеді, бұл жағдайда вакуум жоғалуы және саптама жұқа қабырғадағы тесік сияқты жұмыс істейді.

Егер саптама тесік ішінен жабылса, сұйықтық ағысының сыртқы цилиндрлы саптамаға қарағанда үлкен болады. Сондықтан, жылдамдық және өтім коэффициенттері кішілеу болады: $\mu = \varphi = 0.707$; $\varepsilon = 1$

Ішкі цилиндрлы саптам ұзындығы ($1 \ll 1.5d$) аз болғанда ағыс саптамның қабырғаларына тиместен ағып шығады.

$$\text{Бұл жағдайда } \varphi = 0,98 \quad \varepsilon = 0,5 \quad \mu = 0,49$$

1-115-суретте көрсетілген саптамалардың әрбір түрін қарастырып шығайық:

1) Сыртқы цилиндрлы саптама :

Сығылған қимадағы вакуум сұйықтықты сорғандай болады, мұның есесіне жұқа қабырғадағы кіші тесікке $\mu_0 = 0,62$ қарағанда өтім артады

1) ішкі цилиндрлы саптама $\mu_{\text{нас}} = \varphi = 0,82$; $\varepsilon = 1$

кіруге кедергі үлкен. сондықтан $\mu_{\text{нас}} = \varphi = 0,707$; $\varepsilon = 1$

2) Диффузор түрлі конустық саптама

Шығудағы жылдамдық үлкен емес, бырақ арын жағалауы үлкен.

Шығудағы жылдамдық үлкен болмайды, өтімі асыру қажет болған жағдайда қолданылады. Үйлесімді бұрышы $\theta = 5/7^0$, $\mu_{\text{нас}} = 0,5$; $\varepsilon = 5$ жол көтермелерінің астындағы қабырғаларындағы және т.с.с. қолданылады.

Бұл саптамаларда сығылған қимада сыртқы цилиндрлы саптамаға қарағанда үлкен вакуум жаратылады. сондықтан бұл саптаманы үлкен сорушы әсер қажет болған жағдайда –инжекторларды, электрларды жәе т.с.с жерде пай. $\theta \gg 12^0$. болғанда саптама жұқа қабырғадағы тесік сияқты жұмыс атқарады.

3) Конфузор түрлі конустық саптама.

Өтім коэффициенті μ конустың бұрышы Θ -ға тәуелді ө-нің артуымен $\mu_{\text{нас}}$ асады. бұрыштық шектік мәні $\Theta = 13^\circ$, $\mu_{\text{нас}} = 0.94$ болады одан соң Θ артуының $\mu_{\text{нас}}$ азайады. Бұл саптамалар үлкен жылдамқта, үлкен үші қашықтығы және үлкен дүмпу күшіне ие ағысты жаратады.

Бұл саптамаларды гидромеханизацияда гидромонитордың сопласы, өрт сөндіруші бұранде пойттың сопласы ретінде пайдаланылады.

4) Коноидал саптама

Бұл саптаманың пішіні жұқа қабырғадағы кіші тесіктен аққан ағыс пішінне сәйкес. Арын жоғалуы минималь болады; Өтім $\mu_{\text{нас}}$ және жылдамдық φ коэффициенттерін басқаларға қарағанда үлкен $\mu_{\text{нас}} = \varphi = 0.97-0.98$

Тесіктерден газдың ағуы резервуардағы тұрақты қысым ықпалымен кіші тесіктен газдың ағуын бақылайық. Газдың ағу жылдамдығын табайық. 1-1 қимада, P_1 -қысым, γ_1 газдың көлемдік салмағы T_1 -оның температурасы 2-2 қимада P_2 -қысым γ_2 -газдың көлемдік салмағы; T_2 - оның температурасы.

Газдың резервуар ішіндегі жылдамдығы $V_1 \approx 0$, шығудағы жылдамдығы V_2 Газдың ағуы кезінде адабиатикалық процесс арын алған деп есептейміз, яғни 1-1ден 2-2 қимаға дейінгі қысқа жолда ағып шығып жатқан газбен қоршаған орта аралығындағы жылу алмасуды елемейміз болады.

Осы жағдайда арын жоғалуын есепке алмай Бернулли теңдеуін төмендегідей жазуға болады.

$$Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{P_1}{\rho} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] \quad (15.11)$$

Басқа шамаларға салыстырғанда z_1 және $\frac{v_1^2}{2g}$. Ларды ескермеуге болады, сонда:

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{P_1}{\rho} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] \quad \text{немесе} \quad V_2 = \sqrt{2g \frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{P_1}{\rho} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} \quad (15.12)$$

Бұл тәуелділікті газдың тесіктен ағу жылдамдығы үшін Сен-Венан формуласы делінеді.

Мұндағы K - адабиаты көрсеткіші $\kappa = \frac{\kappa-1}{\kappa}$

Бұл формуланы төмендегідей өрнектейік:

$$\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 1 - \frac{v_2^2}{2g} \frac{\kappa-1}{\kappa} \frac{\rho}{P_1}$$

$$\text{Ал осыдан : } P_2 = P_1 \left[1 - \left(\frac{v_2^2}{2g} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \frac{\rho}{P_1} \right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad (15.13)$$

(15.3) теңдеуін тағы да өрнектесек

$$P_1 - P_2 = \gamma_1 \frac{V_1^2}{2g} \left(1 - \frac{V_2^2}{V_1^2} \right) \quad (15.14)$$

Мұндағы C_1 - тыныш күйде болған газдағы дыбыс жылдамдығы осы арадан:

$$V_2 = \sqrt{2g \frac{P_1 - P_2}{\gamma_1} \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \right]} \quad (15.15)$$

$\frac{V_2}{V_1} \ll 1$ болғанды жағдайында $V_2 \ll C_1$ болған барлық жағдайларда (15.15) формуласындағы бөлгіштің мәнін ескермеу мүмкін ал онда:

$$\sqrt{V_2} = \sqrt{2g \frac{P_1 - P_2}{\gamma_1}} \quad (15.16)$$

Демек, газдың ағып шығу жылдамдығын тамшылы сұйықтық үшін дәл осы тесіктен ағу жылдамдығы формуласымен анықтауға болады.

Рейнольдс санының ағу коэффициентіне әсері

Өртүрлі пішінді тесіктер және саптамалар үшін ұсынылған ағу коэффициентінің мәндері ағу құбылысына сұйықтық тұтқырлығының әсері дерлік жоқ деп есептелінетін жағдайларда әділетті, мұнда тесіктер үшін:

$$Re_0 \geq 100000 \quad (15.17)$$

$$Re_0 = \frac{V_0 d}{\nu} = \frac{V_0 d}{\nu} \quad (15.18)$$

Жоғарғы тұтқырлығы сұйықтықтардың ағуына шартты орындалмайды және барлық ағу коэффициенттері Рейнольдс санына Re_0 -ге тәуелді болады. Re_0 санының кіші мәндерде, судың кіші тесіктен ағуына да осы Re_0 -дің әсері байқалады.

А.Д.Альтшульдің ұсынылған мәлімет бойынша μ коэффициенті Рейнольдс санының Re_0 өсімен бірге өседі және Re_0 -дің үлкен мәндерінде 1-ге жуықтайды. Ал ε Re_0 -дің өсуімен қатар 1 ден 0,6-ға дейін азайып барады. өтім коэффициенті μ -дің өзгеруі күрделі көрініске ие. Алғашқыда бұл коэффициенті μ максимумына ($\approx 0,7$) жеткенше өсіп барады, содан соң азаяды. Рейнальс санының салыстырмалы үлкен мәндеріне $Re_0 > 10000$ өтім коэффициенті μ мәнін А.Д.Альтшуль формуласымен анықтауға болады:

$$\mu = 0,592 + \frac{0,0005}{\sqrt{Re_0}} \quad (15.19)$$

V. ЖАСАНДЫ АРНАЛАРДАҒЫ /КАНАЛДАРДАҒЫ/ СҮЙЫҚТЫҢ ТҰРАҚТАЛҒАН АРЫНСЫЗ БІРҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫСЫ

Халық шаруашылығының мұқтажы үшін су жеткізіп беруге арналған дұрыс пішінді, жасанды арна түріндегі гидротехникалық құрылымды **канал** деп атайды.

Каналдар ашық және тұйық қималы болып екіге бөлінеді. Ашық каналдардағы ағынның еркін бетіне атмосфералық қысым түсіп тұрады.

Сұйық өз салмағының әсерімен еңістік бойынша қозғалыста болады. Бұл тарауда ашық каналдар мен тұйық қималы арналардағы арынсыз қозғалыстарды қарастырамыз.

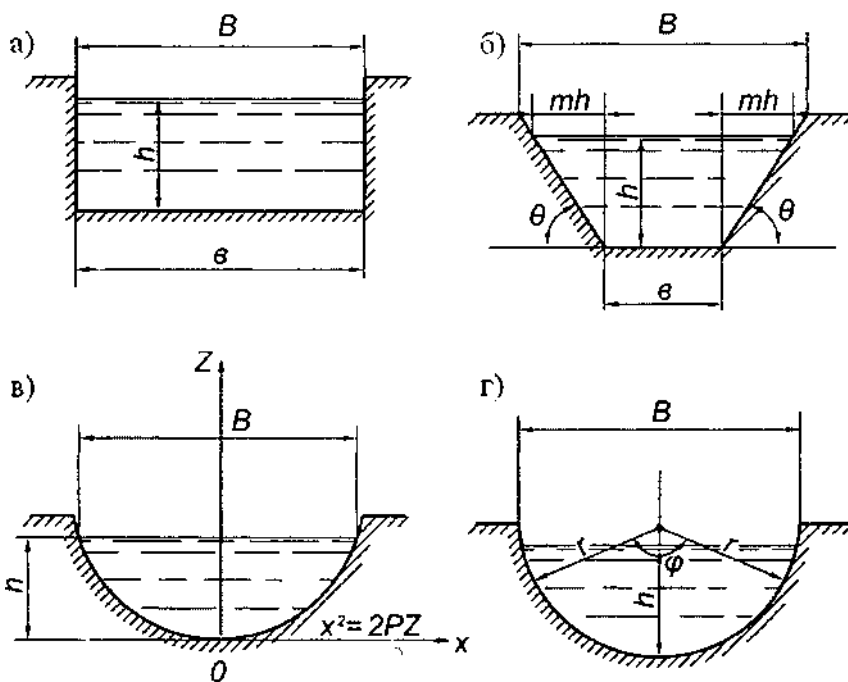
5.1 Жасанды арналардың түрлері және оларға қойылатын талаптар. Бірқалыпты қозғалыс туралы ұғым

Өмірде қолдану мақсаттарына қарай ашық каналдар мына түрлерге бөлінеді: суғаратын /иригациялық/, құрғататын, ауыз су жеткізетін, орман ағаштарын тасымалдайтын, энергетикалық, кеме жүзетін және т.б. каналдар. Осы аталған каналдардың әрқайсысын есептеу тәсілдері өз алдына бөлек-бөлек және көп ретте бір-біріне қайшы келуі де мүмкін. Өйткені оларды жобалаудағы ескерілетін бастапқы шарттар әртүрлі. Сондықтан төменде тек суғаратын каналдар ғана қарастырылады.

Каналдарды жобалау негізінен "құрылыс нормалары мен ережелері" бойынша жүргізіледі, сонымен қоса, экологиялық және экономикалық талаптарды ескеруден басталады. Бұл талаптарға:

- канал маңындағы жерлерді батпақтанудан және су басып қалудан сақтау шараларын қарастыру;
- каналды жан-жақты, кешенді пайдаланудың жөнін қарастырып, жобаны экономикалықталдаудан өткізу;
- жергілікті табиғатты сақтауға ерекше мән беру;
- каналды пайдалану барысында бастапқы жобадан ауытқып кетпеу жолдарын қарастыру жатады.

Жер бетіне салынған каналдардың көлденең қималары: трапеция, парабола және полигональды (көпжақты) пішіндес. Практикада жиі пайдаланатын, бір-бірімен жалғанатын темір-бетон науалар, негізінен, параболалық немесе сегменттік бөп келеді. Жалпы, каналдардың көлденең қималарының пішіндері: тік бұрышты (5.1а-сурет), трапеция тәріздес (5.1б-сурет), парабола сияқты (5.1в-сурет), жарты дөңгелек қималы (5.1г-сурет) бола береді.



5.1 сурет Каналдардың көлденең қималарының пішіндері

Ашық арналарда, бірқалыпты қозғалыс кезінде, су бетіндегі канал бойында қысым (P_0) мен жылдамдық арыны $\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right)$ канал бойында тұрақты. Ал мұндай бірқалыпты қозғалыс төмендегі шарттар орындалғанда ғана кездеседі:

- 1) арнаның көлденең қимасы агын бойына бірдей (призмалық арна);
- 2) су өтімі тұрақты ($Q = \text{const}$);
- 3) судың тереңдігі (h) және сол арқылы өрнектелетін өтім қимасының ауданы (ω), сулану периметрі (λ) және гидравликалық радиус (R) тұрақты;
- 4) арнаның су тиетін бетінің бұжырлығы өзгермейді;
- 5) жергілікті кедергілер жоқ;
- 6) канал табанының еңістігі (i), судың еркін бетінің еңістігі (i_p) үйкеліс еңістігі (J) өзара тең және өзгермейді:

$$i = i_p = J = \text{const} > 0. \quad (5.1)$$

Бұл шарттар тек призмалық пішіндегі $\left(\frac{d\omega}{ds} = 0\right)$ жасанды арналарда (каналдарда) ғана орындалады.

Бірқалыпты қозғалыс кезіндегі өтім Шези формуласы арқылы анықталады:

$$Q = \omega_0 c_0 \sqrt{R_0 i} \quad (5.2)$$

немесе

$$Q = K_0 \sqrt{i} \quad (5.3)$$

мұндағы $K = \omega_0 c_0 \sqrt{R_0}$ - бірқалыпты қозғалыстағы судың өтімдік сипаттамасы деп аталады.

(5.2) формуланы қанағаттандыратын судың тереңдігін қалыпты тереңдік (h_0) деп атайды.

5.2. Жасанды арналардың /каналдардың/ көлденең қимасының гидравликалық элементтері

Су шаруашылығында қолданылатын жасанды арналардың көлденең қималары дұрыс геометриялық пішінді боп келеді. Канал өзінің көлденең қимасы, ағын тереңдігі мен қима геометриясы арқылы анықталған гидравликалық элементтермен сипатталады. 5.1-суретте каналдардың көлденең қималарының түрлері келтірілген. Осы қималардың негізгі гидравликалық элементтерін былай белгілеу қабылданған:

h - су тереңдігі (судың еркін бетінен канал табанына дейінгі арақашықтық);

b - канал табанының ені;

B - каналдың көлденең қимасындағы су бетінің ені;

m - канал жағасының ылдильық коэффициенті:

$$m = \operatorname{ctg} \theta. \quad (5.4)$$

Каналдардың гидравликалық есептеулерінде осы айтылған элементтерге қоса, солар арқылы анықталатын, мынадай гидравликалық сипаттамалар пайдаланылады:

ω - өтім қимасының ауданы;

χ - өтім қимасының сулану периметрінің ұзындығы;

R - гидравликалық радиус,

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (5.5)$$

h - ағынның орташа тереңдігі,

$$h = \frac{\omega}{\beta} \quad (5.6)$$

β - арынның пішін коэффициенті

$$\beta = \frac{b}{h} \quad (5.7)$$

δ - өтім қимасындағы еркін беттің салыстырмалы ені,

$$\delta = \frac{B}{\chi} \quad (5.8)$$

Әр түрлі пішінді қималардағы негізгі гидравликалық элементтерді (сипаттамаларды) анықтау формулалары 5.1-кестеде берілген.

Рет саны №№	Каналдың көлденең қимасының		Өтім қимасының ауданы, ω	Сулану периметрі, χ	Каналдағы су бетінің ені, В	Орташа тереңдік
	пішіні	схемасы				
1	2	3	4	5	6	7
1	Трапециялы		$(b+mh)h$	$b+2h\sqrt{1+m^2}$	$b+2mh$	h
2	Тік бұрышты		bh	$b+2h$	b	h
3	Үш бұрышты		mh^2	$2h\sqrt{1+m^2}$	$2mh$	h
4	Квадраттық парабола		$\frac{4}{3}\sqrt{2}ph^{3/2}$	$P\left(\sqrt{2\frac{h}{p}(1+2\frac{h}{p})} + \ln\left(\sqrt{2\frac{h}{p}+1+2\frac{h}{p}}\right)\right)$	$2\sqrt{2}ph$	h
5	Дөңгелек		$\frac{1}{2}\left(\frac{D^2}{800} - \frac{14D^2}{2}\right)r^2$	$\frac{D\varphi^2}{180}$	$2\sqrt{r^2-h^2}$	$2r\sin\frac{\varphi}{4}$

5.1-сурет Каналдардың көлденең қималарының түрлері

5.3. Жасанды арналардың гидравликалық ұтымды қималары

Каналдың гидравликалық ұтымды қимасы деп, өтім қимасының ауданы (ω) мен еңістігі (i) бірдей қималар ішінде, ең жоғарғы су өткізгіштік қабілеттісін айтады. Шези формуласына жүгінсек

$$Q_{\max} = \omega C \sqrt{R_{\max} i}, \quad (5.9)$$

$$C = \frac{1}{n} R_{\max}^y, \quad (5.10)$$

Демек, $R \rightarrow R_{\max}$ шартын анықтап алу қажет. Басқа сөзбен айтқанда, аудандары бірдей ($\omega = \text{const}$) қималардың ішінен сулану периметрі χ ең қысқа ($\chi \rightarrow \chi_{\min}$) болатын пішінді табу керек. Сонда ғана оның гидравликалық радиусы ең үлкен мәнге ие болады

$$R = \frac{\omega}{\chi} \rightarrow R_{\max}, \quad (8.11)$$

Бұндай шартқа тек дөңгелек қима дәл келеді, өйткені өтім аудандары бірдей қималардың ішінде дөңгелектің ғана суланған периметрі ең аз мәнге ие. Сондықтан құбырларды көбіне дөңгелек цилиндр түрінде шығарады. Ал ашық каналдар жартылай дөңгелек түрінде тұрғызылса өте тиімді болар еді, өйткені суланған периметр ең аз болғандықтан кедергі де аз болар еді. Кедергісі төмен өткізгіштің су өтім мүмкіншілігі артады. Бірақ дөңгелек пішіндес каналдар тасынды әрекетімен, бірте-бірте трапеция қималы каналдарға айналады. Сондықтан практикада каналдарды бірден трапеция қималы етіп жобалайды.

Енді көлденең қимасы трапеция пішіндегі әртүрлі (аудандары бірдей) каналдар үшін гидравликалық ұтымдысын таңдайық. Трапециялық қима үшін

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2}, \quad (5.12)$$

$$\omega = h(b + mh). \quad (5.13)$$

(5.13)-тен каналдың түпкі ені

$$b = \frac{\omega}{h} - mh. \quad (5.14)$$

Осы өрнекті (5.12) теңдеуіндегі b -ның орнына қойсақ,

$$\chi = \frac{\omega}{h} - mh + 2h\sqrt{1+m^2}, \quad (8.15)$$

Жоғарыда айтылғандай, қима гидравликалық ұтымды болу үшін сулану периметрінің, $\chi = f(h)$ ең кіші мәнін табу керек. Ол үшін (5.15)-ші теңдеуден туындыны ($d\chi/dh$) тауып, оны нөлге теңеу керек (экстремум)

$$\begin{aligned} \frac{d\chi}{dh} &= \frac{\omega}{h^2} - m + 2\sqrt{1+m^2} = \\ &= \frac{h(\omega + mh)}{h^2} - m + 2\sqrt{1+m^2} = 0. \end{aligned}$$

Бұл тәуелділіктен

$$\frac{\omega}{h} = \beta_{r,y} = 2(\sqrt{1+m^2} - m). \quad (5.16)$$

Мұндағы $\beta_{r,y}$ - каналдың түпкі ені (b) мен су тереңдігінің (h) өзара гидравликалық ұтымды қатынасы. Оның әр түрлі m үшін табылған $\beta_{r,y}$ мәндері 8.2-кестеде берілген.

Мысалы, арна тік бұрышты болған жағдайда ($m=0$), қима гидравликалық жағынан ұтымды болуы үшін, канал табанының ені су тереңдігінен екі есе көп болуы керек,

$$\beta_{r,y} = \frac{\omega}{h} = 2. \quad (8.17)$$

5.2 –кесте

m	0	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3	4
$\beta r \gamma$	2	1,56	1,236	1	0,828	0,606	0,472	0,385	0,325	0,246

Трапециялық арна үшін гидравликалық радиус

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{h \left(\frac{\alpha}{h} + m \right)}{\frac{\alpha}{h} + 2\sqrt{1+m^2}} = \frac{h(\beta + m)}{\beta + 2\sqrt{1+m^2}}$$

Трапеция пішінді каналдар гидравликалық жағынан ұтымды болғанмен, кейде, әсіресе үлкен каналдар үшін, экономикалық түрғыдан алғанда тиімді бола бермеуі мүмкін. Сондықтан канал-дарды жобалағанда олардың экономикалық тиімді болуы жағын да қарастырған жөн, ол үшін жер қазу қимасының ауданы барынша аз болуын қамтамасыз ету керек.

5.4. Канал есеп герінің негізгі түрлері және оларды шешу жолдары

Каналдардың су өткізгіштік қабілеті оның пішініне, өлшемдеріне, бұжырлығына және еңістігіне байланысты екендігі белгілі. Бұл шамалардың көбісі каналдарды жобалауда алдын ала беріледі. Мақсат есептің шарты бойынша белгісіз шамаларды табу немесе олардың алдын ала берілген гидравликалық параметрлердің сан мәндеріне сай болуын қамтамасыз ететін шараларды анықтау. Енді осы есептердің түрлеріне тоқталайық.

Iа - есеп. Каналдың көлденең қимасының барлық гидравликалық элементтері v , h , t , p және i берілген. Каналдағы су өтімін (Q) анықтау керек.

Шешуі. Шезидің су өтімі үшін жазылған (5.2) формуласын пайдаланса болғаны.

Iб - есеп. Q , v , i , және p , n берілген. Канал табанының еңістігін (h) анықтау керек.

Есепті шешу үшін жоғарыда келтірілген формулалар бойынша ω , χ , R және C шамаларының мәндерін анықтап, Шези формуласы-нан канал табанының еңістігін (h) табады.

II - есеп. Q , t , p , i және өтім қимасының бір геометриялық параметрі (трапециялық каналдар үшін v , немесе h , ал параболалық каналдар үшін r , немесе I) берілген. Өтім қимасының белгісіз екінші геометриялық параметрін, сосын орташа жылдамдықты (V) анықтау керек.

VI. ЕСЕПТЕР МЕН ЖАТТЫҒУЛАР

6.1. ГИДРОСТАТИКАЛЫҚ ҚЫСЫМДЫ АНЫҚТАУ

6.1.1 Жазық беттерге түсірілген судың қысым күшін анықтау.

Тапсырма мақсаты

А. Анықтамалық тәсілімен жазық бетке және төменгі беттері жағынан түсірілген судың манометрлік қысым күштерін сонымен қатар осы күштердің қысым орталығын және теңәсерлі күшті анықтау.

Б. Масштабымен манометрлік қысым эпюрін тұрғыз және проаналитикалық тәсілмен «а» пунктінде аналитикалық әдіспен есептелген манометрлік қысым күштерін және қысым орталығын тексеру.

Есептеуді 1.1 – 1.10 кестелерде келтірілген мәліметтер бойынша орындау керек.

Есептеу үлгісі

Жазық қабырғаларға түсірілген толық қысым күші мына тәуелділіктен анықталады:

$$P = \rho g h_{co} W,$$

мұнда: ρ - сұйықтық тығыздығы; g - дененің еркін түсу үдеуі;

h_{co} - суланған аумәліметтерның салмақ орталығының тереңдігі;

W - жазық қабырғаның суланған аумәліметтері.

Берілгені: 1.3 сурет

$$h_1 = 5.0\text{ м} \quad h_2 = 2.0\text{ м} \quad \alpha = 45^\circ \quad b = 1.0\text{ м}$$

Шешімі:

$$W_1 = b h_1 / \sin 45^\circ = 5 \cdot 1 / 0.707 = 7.07 \text{ м}^2$$

$$W_2 = b h_2 / \sin 45^\circ = 2 \cdot 1 / 0.707 = 2.82 \text{ м}^2$$

$$h_{1co} = h_1 / 2 = 5 / 2 = 2.5 \text{ м}$$

$$h_{2co} = h_2 / 2 = 2 / 2 = 1 \text{ м}$$

Жазық қабырғаларға оң жағынан түсірілген судың қысым күші:

$$P_1 = 9810 \cdot 2.5 \cdot 7.07 = 173.44 \text{ КН}$$

$$P_2 = 9810 \cdot 1 \cdot 2.82 = 27.75 \text{ КН}$$

Тең әсерлі күш P табылған P_1 және P_2 күштерінің айырымына тең болады не ол артық күш орналасқан жағына салынады.

$$P = P_1 - P_2 = 173.44 - 27.75 = 145.69 \text{ КН}$$

P_1 күшінің тіркелген нүктесі мына тәуелділіктен анықталады

$$L_{ko} = L_{ao} + I_0 / W \quad L_{ao} = 3.54 + 29.45 / 3.54 \cdot 7.07 = 4.71 \text{ м}$$

L_{ao} – суланған аумәліметтерның ауырлық орталығының тереңдігі;

$$L_{ao} = h_1 / 2 \sin \alpha = 5 / 2 \cdot 0.707 = 3.54$$

I_0 – су жиегіне параллель салмақ орталығы арқылы өтетін өске байланысты суланған аумәліметтерның инерция моменті.

$$I_0 = b \cdot L_{ao}^3 = 29.45 \text{ м}^4$$

P_2 күшінің тіркелген нүктесі

$$L_{ko} = 1.88 \text{ м}$$

Тең әсерлі күштің қысым орталығын анықтау үшін теңәсерлі жазық күйінен күштер моменті жөніндегі Вариньон теңдеуін құрастырады.

$$M_0(P) = M_0(P_1) + (P_2)$$

Бұмәліметтер

$$x = h_1 - h_2 / \sin\alpha = 5 - 2 / 0.707 = 4.24 \text{ м}$$

Графоаналитикалық тәсілмен шешу

Масштабпен оң және сол жақтан қабырғаға, а түсірілген судың қысым эпюрлерін тұрғызамыз. Тең әсерлі күш эпюрі айырымына тең, сондықтан КГВС трапециясы арқылы беріледі.

Теңәсерлі күштің тіркелу нүктесі былай табылады. КГ және СВ жақтарын жартылай бөлеміз, МН сызығын жүргіземіз. Сомәліметтер соң К нүктесінен төмен қарай ВС кесіндісін, В нүктесімен жоғары қарай КГ кесіндісін саламыз. Алынған кесінділер үшін қосамыз. МН және СГ сызықтарының қиылысу нүктесі тең әсерлі күштің тіркелу нүктесін береді

Кесте 1.1 (1.1 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	3.0
v, м	2	3	4	5	6	7	8	8	4	5
d, м	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.0
α^0	45	42	40	38	45	52	50	40	43	45
ҚТД,м	45.8	44.6	42.6	40.6	40.6	44.6	44.4	40.2	42.8	45

Кесте 1. 2 (1.2 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h ₁ , м	2	2.3	2.5	3.0	3.2	3.4	3.5	3.6	3.8	4.0
h ₂ , м	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	3.2
v, м	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6
ҚТД,м	90.0	90.4	91.2	91.0	91.6	92.0	93.0	94.0	95.0	96.0

Кесте 1..3 (1..3 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H	76.2	76.4	76.8	77.0	77.5	77.8	78.0	79.4	78.6	79.0
h ₁ , м	1.4	1.8	2.0	2.3	2.6	2.7	2.8	2.0	3.0	3.2
v, м	2	3	4	5	6	7	8	9	10	5
α^0	45	48	60	50	55	54	62	64	65	70
h ₂ , м	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.0	2.4	2.7
ТБСД,м	75.8	75.8	76.2	76.2	76.2	77.0	77.3	77.5	78.0	78.5

Кесте 1.4 (1.4 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	1.5	1.8	2.0	2.1	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.8
b	0.7	0.8	0.8	0.9	2.1	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2
α^0	60	65	70	70	74	78	80	82	84	86
ҚТД,м	100	102	104	106	108	110	112	113	116	117

Кесте 1.5 (1.5 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a, м	1.5	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	3.0	3.5	4.0	3.5
b, м	1.5	1.8	2.5	2.5	2.4	2.5	3.0	3.5	4.0	3.5
ҚТД,м	90.0	90.4	91.2	91.0	91.6	92.0	93.0	94.0	95.0	96.0

Кесте 1.6 (1.6 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	10	15	20	23	25	30	32	36	40	45
h ₁ , м	5	7	10	10	12	15	16	18	20	22
α^0_1	30	32	40	35	42	44	45	50	54	60
α^0_2	40	48	50	54	60	64	65	70	75	80
h ₂ , м	2	3	3	4	5	7	8	10	12	14
ҚТД,м	100	102.4	104	106	108	110	112	113	116	117.4

Кесте 1.7 (1.7 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h ₁ , м	1.0	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7
h ₁ , м	0.4	0.5	0.8	1.0	1.2	1.1	1.3	1.7	0.8	2.0
b, м	2	4	4	6	8	10	3	5	7	9
h, м	0.4	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.8	0.7	0.6	0.5
ҚТД,м	121.0	122	123	124	125	126	127	128	129	130
ТБСД,м	120.4	121.2	122.8	123.3	124.4	125.1	126.1	126.2	127.4	128.3

Кесте 1.8 (1.8 сурет)

Берілг . мәлімет.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15
b	2	3	4	5	5	5	6	6	7	8
d	80	70	75	77	68	67	65	64	62	60
α^0	2	4	3	2	4	5	3	2	1	2
ҚТД	140	141	143	145	148	150	154	157	158	160

Кесте 1. 8 (1.8 сурет)

Берілг . мәлімет.	Нұсқа									
$h_1, \text{ м}$	1.0	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7
$h_1, \text{ м}$	0.4	0.5	0.8	1.0	1.2	1.1	1.3	1.7	0.8	2.0
$b, \text{ м}$	2	4	4	6	8	10	3	5	7	9
$h, \text{ м}$	0.4	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6	0.8	0.7	0.6	0.5
ҚТД,м	121.0	122	123	124	125	126	127	128	129	130
ТБСД,м	120.4	121.2	122.8	123.3	124.4	125.1	126.1	126.2	127.4	128.3

Кесте 1.9 (1.9 сурет)

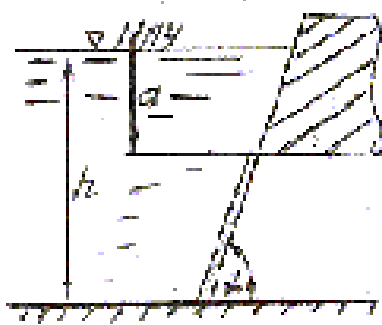
Бер . мәлім.	Нұсқа									
$h_1, \text{ м}$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$h_2, \text{ м}$	3	4	5	6	7	6	6	7	7	8
α^0	50	60	70	50	60	70	50	60	70	60
x	2	1.0	2.5	2.0	2.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
ҚТД,м	180	182	181	184	186	187	188	190	191	195
ТБСД, м	177	178	178	181	183	182	184	184	184	188

Кесте 1. 10 (1.10 сурет)

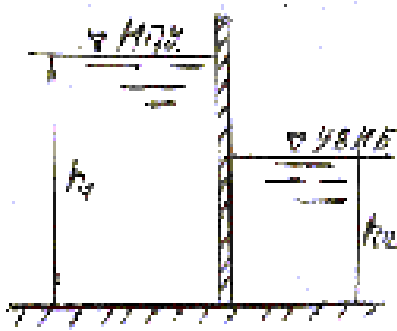
Беріл . мәлім.	Нұсқа									
$h, \text{ м}$	4	5	6	7	8	8	6	7	6	5
$h_2, \text{ м}$	1.6	1.7	2.0	3.2	2.5	4.0	2.0	2.4	3.0	1.9
$h_1, \text{ м}$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0	3.5	1.5
α^0	30	35	40	45	50	55	60	61	70	75
ҚТД,м	160.2	161	163	164	165	167	168	170	171	174

Кесте 1.10 (1.10 сурет)

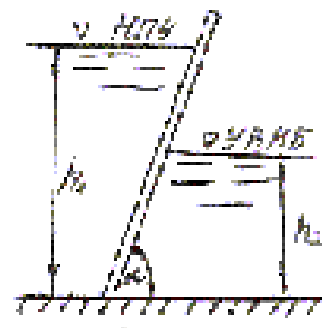
Беріл. мәлім.	Нұсқа									
$h_1, \text{ м}$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$h_2, \text{ м}$	3	4	5	6	7	6	6	7	7	8
α^0	50	60	70	50	60	70	50	60	70	60
x	2	1.0	2.5	2.0	2.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
ҚТД,м	180	182	181	184	186	187	188	190	191	195
ТБСД, м	177	178	178	181	183	182	184	184	184	188



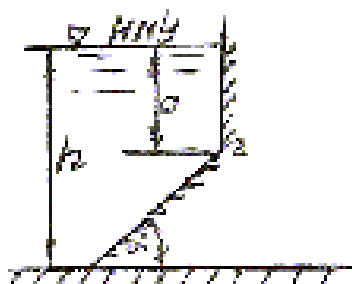
Сырет 1.1



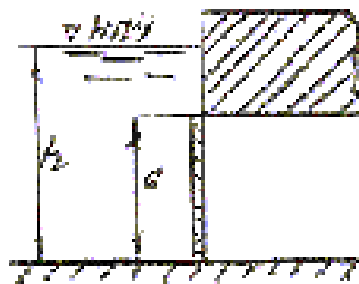
Сырет 1.2



Сырет 1.3



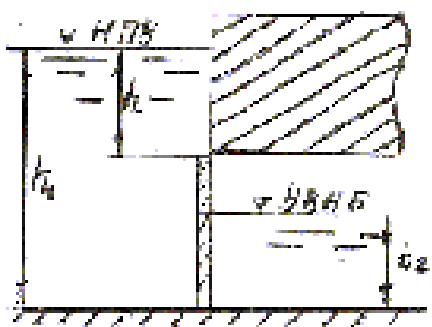
Сырет 1.4



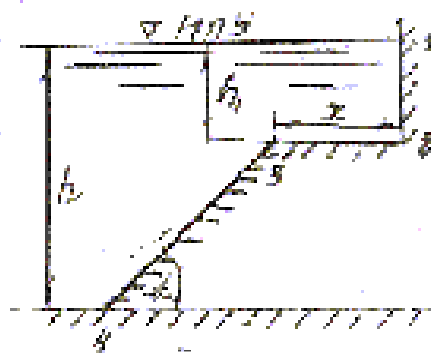
Сырет 1.5



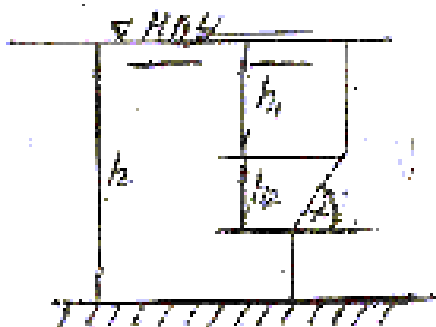
Сырет 1.6



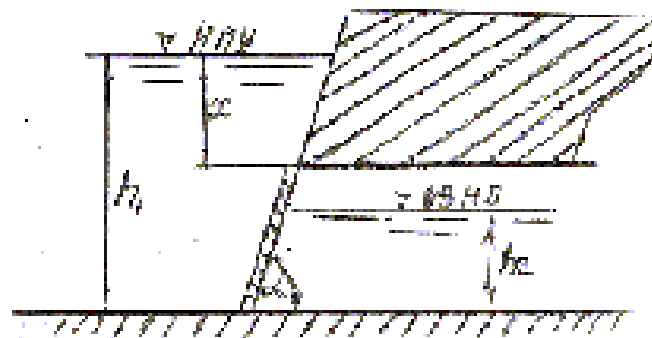
Сырет 1.7



Сырет 1.8



Сырет 1.9



Сырет 1.10

6.1.2 ҚИСЫҚ СЫЗЫҚТЫ БЕТТЕРГЕ ТҮСІРІЛГЕН ҚЫСЫМ КҮШТЕРІН АНЫҚТАУ.

1.2 2.1 – 2.7 – суреттерде жоғарғы беттегі суды қажетті деңгейде ұстап тұратын қисық сызықты сұқпалар көрсетілген.

Есептің мақсаты:

А. Қисықсызықты беттерге түсірілген судың бойлық және тік құраушы монометрлік күштерін, сонымен қатар олардың теңәсерлі күшті анықтау.

Б. Қисықсызықты бетке түсірілген судың бойлық құраушы қысымкүшінің эпюрін қысым денесін өкрсету .

В. Аналитикалық тәсілмен теңәсерлі күштің тіркелген қысым орталығының кардинатын табу және табылған координаттардың графиктік жолмен тексеру .

Есептеудің 2.1 – 2.10 – кестелерде келтірілген мәләметтер бойынша орындау қажет.

Шешімі:

Практикада гидростатикалық қысым түсетін әртүрлі қисық сызықты беттермен кездесуге тура келеді. Бұлар резервуарлардың қақпақтары, гидротехникалық сұқпалар, цилиндр бактарын ішкі қабырғалары және т.б.

Цилиндрлі беттерге түсірілген қысымды анықтау үшін жалпы формула мынындай:

$$P = \sqrt{P^2_x + P^2_z}$$

мұндағы: P_x -бойлық құраушы күш

$$P_x = \rho q h_{co} W$$

W -сұқпаның, қабырғаның ені

h -сұқпалар алдындағы судың тереңдігі

P_z -толық қысымның тік құраушы күші , ал қысым денесінің салмағы ретінде анықталады:

W – қысым денесінің көлемі.

Берілгені: 2.6 сурет

$$h_1 = 3.0\text{м} \quad \alpha = 45^0 \quad b = 1.0\text{м}$$

Табамыз:

$$P_x = \rho q b h_1^2 / 2 = 9810 * 1 * 5^2 / 2 = 122.625 \text{ Кн}$$

$$F_{ABC} = (F_{OAB} - F_{OCB})b$$

$$r = h / \sin \alpha = 5.0 / 0.707 = 7.07 \text{ м}$$

$$F_{OAB} = \pi r^2 \alpha / 360^0 = 19.62 \text{ м}^2$$

$$F_{OCB} = OC * BC / 2 = r h \cos \alpha / 2 = 12.49 \text{ м}^2$$

$$F_{ABC} = 19.62 - 12.4 = 7.13 \text{ м}^3$$

$$P_z = 9810 * 7.13 = 69.9 \text{ Кн}$$

Жалпы қысым күші

$$P = \sqrt{122.625^2 + 69.9^2} = 141 \text{ Кн}$$

$x^2 + z^2 = r^2$ шеңбердің теңдеуі бойынша және координаттарын табуға болады.

$$\text{tg} \alpha = P_z / P_x = 34.63 / 122.625 = 0.28$$

бұмәліметтер $z = 0.28 * x$ мәнін шеңбердің теңдеуіне қоя отырып, табамыз:

$$x^2 + 0,28^2 * x^2 = 6^2$$

$$1,078 * x^2 = 36$$

$$x = \pm \sqrt{36 / 1.078} = 5.78 \text{ м}$$

$$z = 5.78 * 0.28 = 1.62 \text{ Кн}$$

P теңәсерлі күштің бағытын сонымен қатар көкжиекке қарай еңкею бұрышы арқылы табуға да болады.

$$\sin \alpha = Pz / P$$

$$\cos \alpha = Px / P$$

$$\operatorname{tg} \alpha = Pz / Px$$

Кесте 2.1 (2.1 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	2.0	2.5	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.6
r, м	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
v, м	2	4	6	8	9	10	8	7	6	5
ҚТД,м	45.8	44.6	42.4	40.2	40.6	44.6	44.4	40.2	42.3	45

Кесте 2.2 (2.2 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	1.4	1.6	1.8	2.0	2.4	2.8	3.0	2.4	2.6	2.8
v, м	2	4	6	8	10	12	16	5	7	9
ҚТД,м	64.4	65.2	66.8	69.0	70.1	70.4	71.4	72.0	73.6	74.0

Кесте 2.3 (2.3 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	1,5	1,8	2,0	2,1	2,4	2,5	2,6	3,2	3,4	4,0
r, м	2,2	2,8	2,4	2,0	3,0	3,4	3,6	3,8	4,0	4,6
v, м	2	4	3	5	6	8	7	9	2,5	5
ҚТД,м	76,2	76,4	76,8	77,0	77,5	77,8	78,0	78,4	73,6	74,0

Кесте 2.4 (2.4 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	1,2	1,4	1,6	1,8	2,4	2,8	3,0	3,2	3,4	3,8
a, м	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
r, м	2,0	2,4	2,6	2,8	3,0	3,4	3,6	3,8	4,0	4,6
v, м	2	4	6	8	10	3	5	7	9	8
ҚТД,м	80,0	81,6	83,0	83,4	84,2	85,2	86,7	87,0	88,0	89,0

Кесте 2.5 (2.5 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а, м	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,6	3,8	4,0
h, м	3,5	4,0	4,2	3,6	3,8	4,2	4,6	4,8	5,0	5,9
в, м	2	4	5	6	7	8	9	10	3	5
ҚТД,м	90,0	90,4	91,2	91,0	91,6	92,0	93,0	94,0	95,0	96,0

Кесте 2.6 (2.6 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	1,8	1,9	2,0	2,4	2,6	2,8	3,0	3,5	4,0	4,5
г, м	2,5	3,0	4,0	3,5	4,0	4,2	4,6	4,8	6,0	6,2
в, м	2	4	5	6	7	8	9	10	4	6
ҚТД,м	100,0	102,4	104,0	106,0	108,0	110,0	112,0	114,0	115,0	116,0

Кесте 2.7 (2.7 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	3,0	3,2	3,6	3,8	4,0	4,2	4,6	4,8	5,0	5,2
г, м	3,8	4,2	4,8	4,6	5,4	5,4	6,2	7,0	5,8	7,2
в, м	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
а, м	1,5	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5	3,0	3,0
ҚТД,м	121,0	122,0	123,0	124,0	125,0	126,0	127,0	128,0	129,0	130,0

Кесте 2.8 (2.4 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	3	3,4	4	5	6	7	8	9	10	12
а, м	1,0	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
г, м	2,0	3,0	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8
в, м	2,0	3	4	5	6	7	8	9	5	4
ҚТД,м	140	141	143	145	148	150	154	157	158	160

Кесте 2.9 (2,4 сурет)

Берілген . мәліметтер	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a, м	2	2,5	3	4	4	5	6	6	6	7
r, м	3	4	4,2	5	6,0	6,2	6,6	8	8	7,5
B, м	2	3	4	5	2	3	4	5	6	7
ҚТД,м	160,2	161,0	163,0	164,0	165,0	167,0	168,0	170,0	171,0	174,0

Кесте 2.10 (2.2 сурет)

Берілген . мәліметтер.	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	1,5	2	2,5	3,0	3,5	4,0	4,2	4,6	5	5,2
B, м	2	4	5	3	4	5	6	7	8	10
ҚТД,м	180	182	181	184	186	187	188	190	191	195

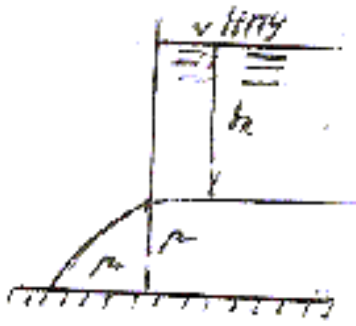


Рис. 2.1

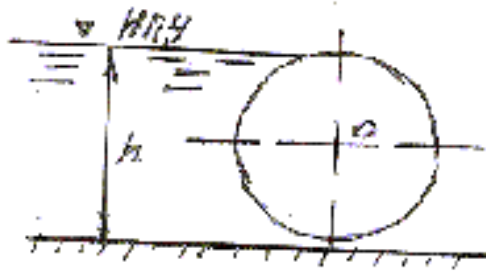


Рис. 2.2

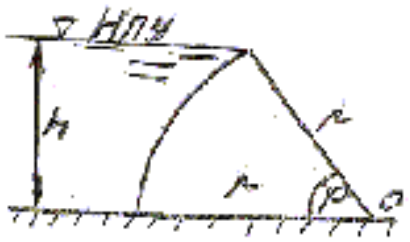


Рис. 2.3

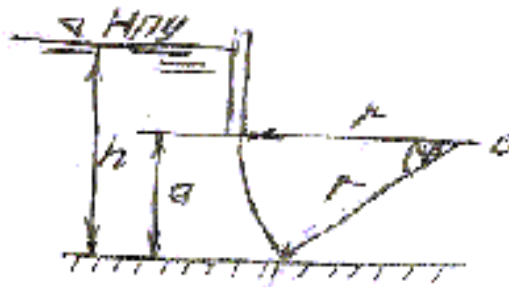


Рис. 2.4

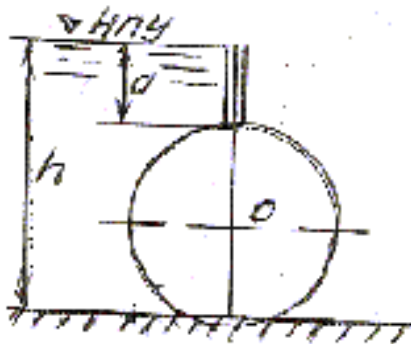


Рис. 2.5

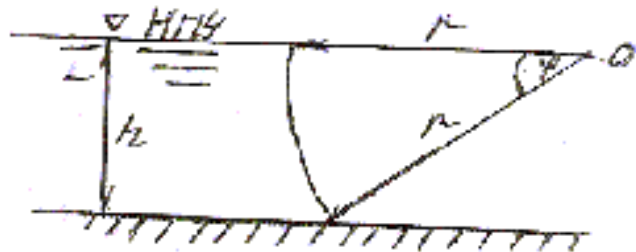


Рис. 2.6

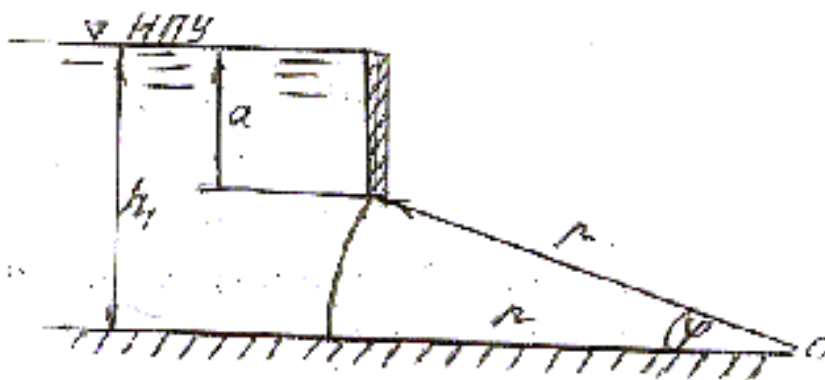


Рис. 2.7

6.2. ҚЫСҚА ҚҰБЫРЛАРДЫ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУ

2.1 – 2.1 – суреттерде су берілудің немесе жіберудің әртүрлі варианттары көрсетілген .

Есептің мақсаты:

А. 2.1 -2.10 – кестелерде берілген бастапқы мәліметтер бойынша судың өтімін анықтау.

Б. 20 градус температурада бобынша қозғалыс тәртібін анықтау.

В. Алдын ала арын шығынын және жылдамдық арындарды есептеп, пьезометрлік және үлесті энергия сызығын масштабпен тұрғызу.

Есептеуді 2.1 – 2.10 – кестелерінде келтірілген мәліметтер бойынша есептеу керек.

Көптеген жылдар пайдаланылған кейінгі болат құбырлар.

2.4 – сурет үшін насос аодындағы қиманың құбырдағы жіберілетін вакуумды қабылдап, сору биіктігін анықтау керек.

Бернули теңдеуді қысыммен жылдамдық арасындағы байланысты анықтайды және гидравликаның негізгі теңдеуі болып табылады.

Екі қима үшін Бернулли теңдеуі мына түрде жазылады.

$$z_1 + P_1 / \rho g + \alpha V_1^2 / 2g = z_2 + P_2 / \rho g + \alpha V_2^2 / 2g + h_w$$

мұнда: z_1 және z_2 - қарастырылып отқан қимадағы геометриялық биіктік;

$P_1 / \rho g$ және $P_2 / \rho g$ - пьезометрлік биіктік

α - Кориолис коэффициенті, ағынның кинетикалық коэффициенті;

h_w - екі қима арасындағы арын шығыны;

Ұзындық бойынша арын шығыны Дарси – Вейсбек формуласымен анықталады:

$$h_{q1} = \lambda L / d * V^2 / 2g$$

мұндағы: λ – ұзындық бойынша үйкеліс коэффициенті

Қозғалыстың ламинарлық режимінде

$$\lambda = 64 / Re$$

Рейнольдс саны $4000 < Re < 10^5$ болғанда, гидравликалық жылтыр құбырлар аймағында

$$\lambda = 0,316 / Re^{0,25}$$

Жегілікті кедергілер үшін арын шығыны Бейсбах формуласымен анықталады.

$$h_{жн} = \zeta_{жн} V^2 / 2g$$

мұнда: $\zeta_{жн}$ - жегілікті кедергі коэффициенті

V - құбырдағы орташа жылдамдық

d - құбыр диаметрі

L - құбыр ұзындығы

Арын шығыны есептеліп болғаннан кейін пьезометрлік сызықты тұрғызуға болады.

Арын сызығын тұрғызу бастапқы қима мәліметтер, ал пьезометрлік сызықты тұрғызу соңғы қима мәліметтер басталады.

Есеп:

Әр түрлі диаметрді гидравликалық қисыққа құбырлар жүйесі арқылы берілген су өтімін өткізуге қажетті арынды анықтау керек.

Берілгені:

$$Q = 10 \text{ л/с} \quad \Delta = 1.35 \text{ мм} \quad t = 20^0 \text{ C} \quad L_1 = 140 \text{ м} \quad L_2 = 100 \text{ м} \quad L_3 = 100 \text{ м} \\ d_1 = 125 \text{ м} \quad d_2 = 150 \text{ м} \quad d_3 = 100 \text{ м}$$

Ысырманың ашылуы салыстырмалы түрде

Шешімі:

Тұтқыр сұйықтың ағыны үшін Бернулли теңдеуін 1-1 және 111-111 қималары үшін жазамыз. Салыстыру жазықтығын құбырлар өсінен өтетін етіп аламыз.

$$z_1 + P_1 / \rho q + \alpha V_1^2 / 2q = z_2 + P_2 / \rho q + \alpha V_2^2 / 2q + h_w$$

мұнда: $z_1 = H$ $z_2 = 0$

Сонда

$$H = \alpha V_3^2 / 2q + h_w$$

Үздіксіздік теңдеуінен

$$Q = W_1 V_1 = W_2 V_2$$

учаскілеріндегі жыламдықтарды табамыз.

$$V_1 = Q / W_1 = 0.21 \text{ м/с}$$

$$V_2 = Q / W_2 = 0.56 \text{ м/с}$$

$$V_3 = Q / W_3 = 1.27 \text{ м/с}$$

Қозғалыс режимін анықтаймыз

$$R_{11} = V_1 d_1 / \nu = 77299$$

$$R_{12} = V_2 d_2 / \nu = 64122$$

$$R_{13} = V_3 d_3 / \nu = 96946$$

мұнда: ν – сұйықтық тұтқырлығының кинематикалық коэффициенті.

Рейнольдс санының мәндеріне құбырдың үш учаскісінде қозғалыс – турбулентті екенін көрсетеді. Құбыр диаметрі учаскедегі кедергіні анықтаймыз.

1) Диаметрі $d_1 = 125$ учаскеде Рейнольдс саны мына аралықтан алынған

$$4000 < R_{11} = 77299 < 10^5$$

Демек құбыр гидравликалық жылтыр аймақта жұмыс істейді. Дарси коэффициенті Блазиус формуласымен табылады.

$$\lambda_1 = 0,316 / Re^{0,25} = 0.019$$

Ұзындығы учаскісіндегі арын шығыны Дарси – Вейсбах формуласымен есептелінеді

$$h_{\text{вз}} = \lambda L_1 V_1^2 / a2q = 0.71 \text{ м}$$

2) $4000 < R_{11} = 64122 < 10^5$

$$\lambda_2 = 0,316 / Re^{0,25} = 0,02$$

$$h_{\text{вз}} = \lambda L_2 V_2^2 / a2q = 0,213 \text{ м}$$

3) $4000 < R_{11} = 96946 < 10^5$

$$\lambda_3 = 0,316 / Re^{0,25} = 0,018$$

$$h_{\text{вз}} = \lambda L_3 V_3^2 / a2q = 1,46 \text{ м}$$

Барлық бойлық арын шығынын жиынтығы

$$\sum h_{\text{уз}} = 0,71 + 0,213 + 1,48 = 2,4 \text{ м}$$

Жергілікті кедергілер коэффициентін анықтама мәліметтер аламыз:

$$\zeta_{\text{кк1}} = 0.56 \quad \zeta_{\text{кк2}} = 0.19$$

$$\zeta_{\text{кк3}} = 0.197 \quad \zeta_{\text{кк4}} = 2.06$$

Жылдамдық орындарын есептейміз

$$\alpha V_1^2 / 2q = 0.037$$

$$\alpha V_2^2 / 2q = 0.0176$$

$$\alpha V_3^2 / 2q = 0.09$$

Жергілікті кедергілерге кететін энергия шығынын анықтаймыз

$$h_{\text{к}} = \zeta_{\text{кк1}} \alpha V_1^2 / 2q = 0.0185 \text{ м}$$

$$h_{\text{кк}} = \zeta_{\text{кк2}} \alpha V_1^2 / 2q = 0.0033 \text{ м}$$

$$h_{\text{вс}} = \zeta_{\text{кк3}} \alpha V_1^2 / 2q = 0.0177 \text{ м}$$

$$h_{\text{ыс}} = \zeta_{\text{кк4}} \alpha V_1^2 / 2q = 0.18 \text{ м}$$

$$\sum h_{\text{жк}} = 0,22 \text{ м}$$

Кесте 3.1 (Сурет)

Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d, м	1000	1500	1200	1300	900	800	700	600	500	400
ΔН, м	2,7	2,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,4	2,6	2,8	2,4
в, м	3	4	5	3	4	5	8	4	5	6
m ₁	2,0	2,0	2,0	1,75	1,0	2	2	1	2	2
m ₂	1,75	2	1,25	1,5	1	1,75	1	1	1	1,5
ҚТД, м	45,8	44,5	42,4	40,2	40,6	44,5	44,4	40,2	42,8	46,5

Кесте 3.2 (Сурет)

Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΔН, м	0,5	0,8	1	1,2	0,9	0,8	1	1,2	1,4	1,5
L, м	10	15	20	25	26	28	30	32	40	45
d, м	1,0	1,2	1,4	1,5	2,0	1,25	2,5	3,0	1,5	2,0
ҚТД, м	64,4	65,2	66,8	69,0	70,1	70,4	71,0	72,0	73,6	74,0
ҚТД, м	63,9	64,4	65,8	67,8	69,2	69,6	70,4	70,8	72,2	72,5

Кесте 3.3 (Сурет)

Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h, м	0,7	0,8	0,9	1,0	0,1	1,2	1,3	1,4	1,5	0,9
L, м	10	15	17	18	20	22	23	24	26	30
d, м	200	300	400	500	600	700	250	350	400	450

Кесте 3.4 (Сурет)

Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta H, м$	2	4	3	4,5	3	4	2	4,5	3,5	3
$v, м$	4	5	6	4	5	6	7	4	5	6
$a*v, м$	78	77,6	79,0	78,9	81,2	81,2	84,2	84,7	84,5	86,0
m_1	1,5	2,0	1,75	2	2	2,5	2	1,5	2	2
m_2	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
$L, м$	10	11	13	18	17	19	20	14	13	16
ҚТД,м	80	81,6	82	83,4	84,2	85,2	86,2	86,7	87,0	88,0

Кесте 3.5 (Сурет)

Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d, м$	200	300	400	500	600	700	250	350	400	450
$\Delta H, м$	2	4	3	4,5	3	4	2	4,5	3,5	3
$v, м$	4	5	6	4	5	6	7	4	5	6
m_1	1,75	2	1,25	1,5	1	1,75	1	1	1	1,5
m_2	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
УВН,м	50	51	52	54	56	58	61	62	65	70
ҚТД,м	57	59	61	63	64	65	68	72	73	74

Кесте 3.6 (Сурет)

Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta H, м$	2	4	3	4,5	3	4	2	4,5	3,5	3
$L, м$	10	15	17	18	20	22	23	24	26	30
$d, м$	1000	1500	1200	1300	900	800	700	600	500	400
ҚТД,м	64,4	65,2	66,8	69,0	70,1	70,4	71,0	72,0	73,6	74,0
УВН,м	63,9	64,4	65,8	67,8	69,2	69,6	70,4	70,8	72,2	72,5

Кесте 3.7 (Сурет)

Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$h, м$	0,7	0,8	0,9	1,0	0,1	1,2	1,3	1,4	1,5	0,9
$L, м$	10	11	13	18	17	19	20	14	13	16
$d, м$	1,0	1,2	1,4	1,5	2,0	1,25	2,5	3,0	1,5	2,0

Кесте 3.8 Сурет)

Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta H, м$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,3	0,8	0,9	0,5	0,7
$L, м$	30	40	50	60	70	80	90	10	110	120
$d, м$	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500
α^0	30	35	40	33	37	39	41	42	43	45

ҚТД,м	140	141	143	145	148	150	154	157	159	160
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Кесте 3.9 (Сурет)

Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1 , м	150	200	250	150	10	350	400	450	500	350
L_1 , м	12	16	14	20	25	26	30	35	40	42
d_2 , м	100	150	200	100	75	300	350	400	450	300
L_2 , м	10	15	12	16	20	22	25	30	35	40
ΔH , м	5	8	16	12	11	9	7	6	4	3
ҚТД,м	160	161	163	164	165	167	168	170	177	174

Кесте 3.10 (Сурет)

Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΔH , м	4	6	8	10	15	20	18	19	21	24
L_1 , м	20	21	23	24	26	28	30	34	36	40
L_2 , м	19	20	24	28	30	40	50	60	70	80
d_1 , м	175	200	150	150	20	250	300	250	200	100
d_2 , м	100	150	100	125	100	150	250	200	150	75
L_3 , м	15	17	19	20	26	24	25	23	30	33
d_3 , м	75	100	75	100	75	100	200	150	100	50

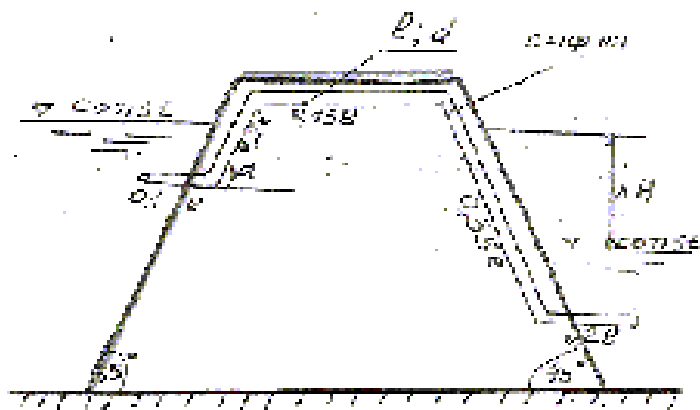


Рис. 3.1

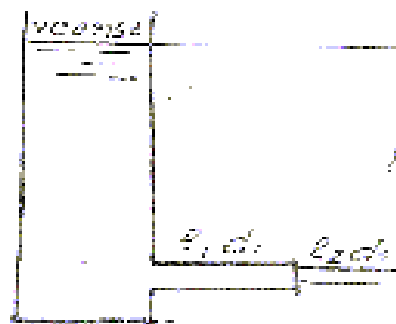


Рис. 3.2

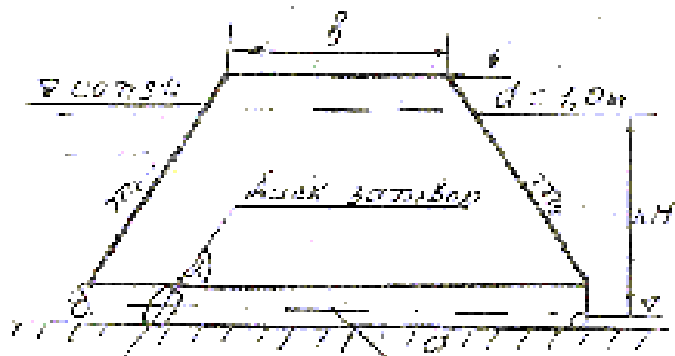


Рис. 3.3



Рис. 3.4



Рис. 3.5

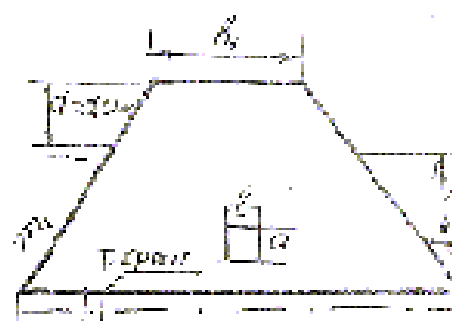
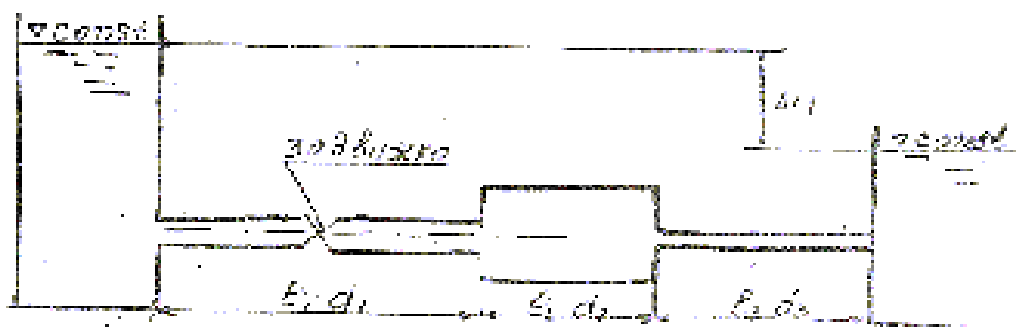


Рис. 3.6



Сурет 2.7

6.3. АРЫНДЫ ҰЗЫН ҚҰБЫРЛАР ЖҮЙЕСІН ЕСЕПТЕУ

3.1 Тарапты нүктелерде еркін арынды есепте $h_1 = 10$ м құбырлар жүйесін «3.1, 3.2, 3.3 сурет» берілген схемалар бойынша мыналарды табу керек:

А. Учаскілердегі құбырлардың диаметрлері;

Б. Арынды су мұнара бағіндегі судың денгейі отметкасының

В. Шатты түрде құбыр жатқан отметканы 0.0 –ге тең деп қабылдап пьезометрлік сызықты тұрғызу. Құбырларды шойыннан жасалған .

Паралель қосылған учаскілерде өтімдер 0.1 Q_p бірінші желінен, 0.5, екінші және 0,2 Q_p үшінші желімен бөлінеді.

Арынды құбырлар желісіндегі сұйық қозғалысы қысым айырмасы әсерімен болады.

Ұзын құбырлар желісін есептеуде арын ысырабы тек ұзындық бойынша ескеріледі.

Арын шығынын анықтау үшін негізгі есептік тәуелділік мынадай :

$$h_{\text{ыз}} = H = Q^2 L / K^2$$

Әдет бойынша бұндай есепті шешкенде әрқашан кедергінің квадраты аймақтағы заңдылықтарын ескереді, ал егер құбырлар желісіндегі судың қозғалысы жылтыр және шарлы кедергілерге дейінгі аймақта жататын болса, ондай есептік формула 3.5 - кесте бойынша анықтайтын коэффициент енгізіледі.

Сонда формула мынадай түрде енеді:

$$H = Q^2 L * 1000 / K^2$$

L – ұзындықты км – мен есептейді.

Берілгені:

$$Q_2 = 8 \text{ л/с} \quad Q_5 = 10 \text{ л/с} \quad Q_{\text{mp}} = 11 \text{ л/с} \quad q_1 = 0.02 \text{ л/с}$$

$$q_2 = 0.03 \text{ л/с} \quad L_1 = 4000 \text{ м} \quad L_2 = 350 \text{ м} \quad L_3 = 300 \text{ м}$$

Шешімі:

Алдымен 1 – 2 – 3 – 4 – магистральды учаскілердегі сөтімдерінің анықтаймыз.

3 – 4 учаскісіндегі өтім

$$Q_{3-4} = Q_{\text{mp}} + 0,55 * q_2 L_3 = 15,95 \text{ л/с}$$

2 -3 учаскісіндегі өтім

$$Q_{2-3} = Q_{\text{mp}} + q_2 L_3 + Q_5 = 30 \text{ л/с}$$

1 – 2 учаскісіндегі өтім

$$Q_{1-2} = Q_{\text{mp}} + q_2 L_3 + Q_5 + Q_2 + 0,55 * q_2 L_3 = 42,4 \text{ л/с}$$

Табылған өтімдері бойынша құбырларға ұсынылған шектеулі жылдамдықтардың негізіндегі, құбыр диаметрлерін табамыз «3 кестеге кара».

3 – 4 учаскісіндегі $Q_{3-4} = 15,95$ л/с өтім үшін $d = 150$ мм – ті қабылдаймыз. Сол сияқты басқа учаскілердегі құбыр диаметрлерінің анықтаймыз.

Магистраль учаскілеріндегі арын шығынын анықтау үшін құбырдағы су қозғалысы қай кедергілі аймаққа жататындығын білу қажет. Егер квадратын аймаққа дейін болса, онда θ_2 -ні коэффициенті енгізіледі.

Учаскілердегі жылдамдықтарды анықтаймыз:

$$V_{3-4} = Q_{3-4} / W_{3-4} = 0,9 \text{ м/с}$$

$$V_{2-3} = Q_{2-3} / W_{2-3} = 0.95 \text{ м/с}$$

$$V_{1-2} = Q_{1-2} / W_{1-2} = 0.86 \text{ м/с}$$

Құбырларға осы жылдамдықтарды 6 –кесте жылдамдықпен салыстырамыз. Яғни, $d = 150$ мм диаметрі үшін $V = 0.95$,ал біздің есептер $V_{3-4} = 0,9$ м/с. Сонымен қозғалыс квадрат аймаққа дейінгі аралықта болады, сондықтан θ_2 -ні енгіземіз. Есепті жылдамдықтар үшін 5 - кестеде қараңыз.

$$\theta_{21} = 1.04$$

$$\theta_{22} = 1.08$$

$$\theta_{23} = 1.05$$

Енді магистральді желі учаскісіндегі арын шығыны есептейміз.

$$Q_{3-4} = Q_{3-4}^2 * \theta_{23} * 1000 * L_3 / K^2 = 3.1 \text{ м}$$

$$Q_{2-3} = Q_{2-3}^2 * \theta_{22} * 1000 * L_2 / K^2 = 2.8 \text{ м}$$

$$Q_{1-2} = Q_{1-2}^2 * \theta_{21} * 1000 * L_1 / K^2 = 1.49 \text{ м}$$

$1000 / K^2$ -ты диаметрден тәуелділікте 3.2 – кесте бойынша қабылдаймыз.

Пьезометрлі сызықты тұрғызу үшін соңғы 4 –нүктесіндегі жер белгісіне $h_1 = 10$ м еркін арынды қосу керек. Бұл 4 -нүктесіндегі пьезометрлік белгі болады, яғни жер белгісі барлық нүктеде 0 –ге тең, сонымен 4- ші нүктедегі пьезометрлік белгі $\Delta 10$ м.

3 – нүктедегі пьезометрлік белгіні табу үшін 4 – нүктесіндегі пьезометрлік белгіге 3 – 4 учаскісіндегі арын шығынын қосу керек.

$$\Delta_3 = 10 + 3.1 = 13.1 \text{ м}$$

Ары қарай осыған ұқсастырып

$$\Delta_2 = 13.1 + 2.8 = 15.9 \text{ м}$$

$$\Delta_1 = 15.9 + 1.49 = 17.39 \text{ м}$$

Есептеуден көріп тұрғандай, бактегі судың белгісі 17.3 м–ге тең. Енді 2 – 5 тармақтың есептеуінде ауысамыз. Тармақ диаметрін табу үшін келесі есептеуді жүргіземіз.

2 – нүктедегі пьезометрлік белгі 15,9 – ға тең, ал 5 – нүктеде

$$(\Delta_{\text{жер}} + h_c = 0 + 10 \text{ м})$$

Тармақтың гидравликалық енісі

$$I = 59 / 100 = 0.059$$

Өтім сипаттамасы

$$K = Q / \sqrt{L} = 10 / 0.24 = 41.7 \text{ л/с}$$

$K = 41.7$ л/с болғанда 3.7- кесте бойынша диаметрін анықтаймыз.

$$V = Q / W = 10 / 0.785 = 1.27 \text{ м/с}$$

3.6 – кестедегі мәліметтермен жылдамдықтарды салыстыру тармақтарда кедергілерінің квадраттық аймақтар екенін көрсетеді, сонымен түзету енгізіледі, қажеті жоқ және есептеулер дұрыс жазылған.

Пьезометрлік сызықты тұрғызамыз. 5 – нүктеден жоғары қарай $h_1 = 10$ м саламыз және алынған нүктені пьезометрлік сызықтың белгісімен қосамыз (4 – суретке қара) сонымен есептеу аяқталады.

Егер өтімі құбыр бойымен үздіксіз үлестіру түрде жарылатын болса, онда арын шығыны былай анықталады;

$$h = 1 / 3 * Q^2 q q L / K^2$$

Егер үздіксіз үлестіруден $Q_{q\phi}$ басқа транзитті өтім $Q_{т.р}$ бар болса, онда арын шығыны

$$H = Q / (\sum K / \sqrt{L_1})^2$$

Құбыр паралель қосылғанда арын мына формула бойынша анықталды

Кесте 3.1

Берілгенные данные	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_4 , л/с	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Q_5 , л/с	5,5	6,2	7,8	8,4	9,2	10,6	11,7	12,6	13,6	14,7
Q_6 , л/с	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
q , л/с	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,04	0,02	0,03	0,05	0,06
L , м	500	600	300	200	300	400	500	600	700	800

Кесте 3.2

Берілгенные данные	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_4 , л/с	4	4,2	5	5,6	7,2	8,0	10,2	11,6	12	13,6
Q_5 , л/с	5,6	7,2	8,6	10,6	11,2	12,4	13,0	12,7	15,6	15
Q_6 , л/с	10,2	12,6	10,4	12,7	18,6	17,5	15,6	12	13,4	16,0
q , л/с	0,025	0,03	0,37	0,047	0,04	0,048	0,045	0,044	0,047	0,05
L , м	200	300	40	450	560	700	720	640	650	700

Кесте 3.3

Берілгенные данные	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_4 , л/с	6	6,4	7,0	7,2	8,0	8,4	8,6	8,8	9,0	10,4
Q_5 , л/с	4,6	5,4	4,4	4,8	9,0	10,6	11,7	11,6	12,0	13,6
Q_6 , л/с	14,4	15	16	17	18	19	20	21,2	23,0	24,6
q , л/с	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
L , м	500	520	580	600	620	700	780	800	820	900

Кесте 3.4

Берілген мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_4 , л/с	10	11	13	14	16	18	19	20	21	24
Q_5 , л/с	4,4	4,8	9,6	5,4	6,8	7,2	7,4	8,4	5,7	9,6
Q_6 , л/с	6,0	7,0	7,4	9,0	4,6	5,8	4,4	4,7	4,8	6,9
q , л/с	0,015	0,02	0,024	0,028	0,034	0,04	0,034	0,03	0,041	0,046
$L,м$	430	460	450	470	480	490	500	510	520	530

Кесте 3.5

Берілген мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_4 , л/с	6	8	10	12	13	15	16	17	18	20
Q_5 , л/с	5	4	8	10	12	14	16	15	17	18
q_1 , л/с	0,015	0,02	0,25	0,03	0,034	0,036	0,04	0,044	0,042	0,024
$L,м$	200	300	320	400	450	500	600	900	700	800

Кесте 3.6

Берілген мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_4 , л/с	5	7	9	11	13	15	16	18	13	14
Q_5 , л/с	10	4	8	7	11	16	19	20	8	4
q_1 , л/с	0,015	0,02	0,024	0,028	0,034	0,04	0,034	0,03	0,041	0,046
$L,м$	400	400	800	840	620	410	320	560	500	600

Кесте 3.7

Беріл мәлім	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_2 , л/с	4,5	6,7	8,4	8,6	10,4	7,8	9,4	11,7	12,8	16,4
Q_3 , л/с	11,3	16,8	19,5	20,5	20,8	11,4	8,5	9,5	10,5	11,7
Q_4 , л/с	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Q_5 , л/с	7,5	8,8	9,4	10,8	4,6	7,8	9,9	10,1	12,3	14,6
q , л/с	0,25	0,03	0,034	0,036	0,04	0,044	0,042	0,024	0,024	0,022
$L,м$	400	500	600	700	800	900	100	600	700	800

Кесте 3.8

Берілген мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_2 , л/с	6	8	10	12	13	15	16	17	18	20
Q_3 , л/с	5	7	9	11	13	15	16	18	13	14
Q_4 , л/с	6	7	8	9	10	11	12	13	15	14
Q_5 , л/с	6	8	10	12	13	15	16	17	18	17
q_1 , л/с	0,015	0,024	0,026	0,028	0,034	0,04	0,034	0,03	0,05	0,04

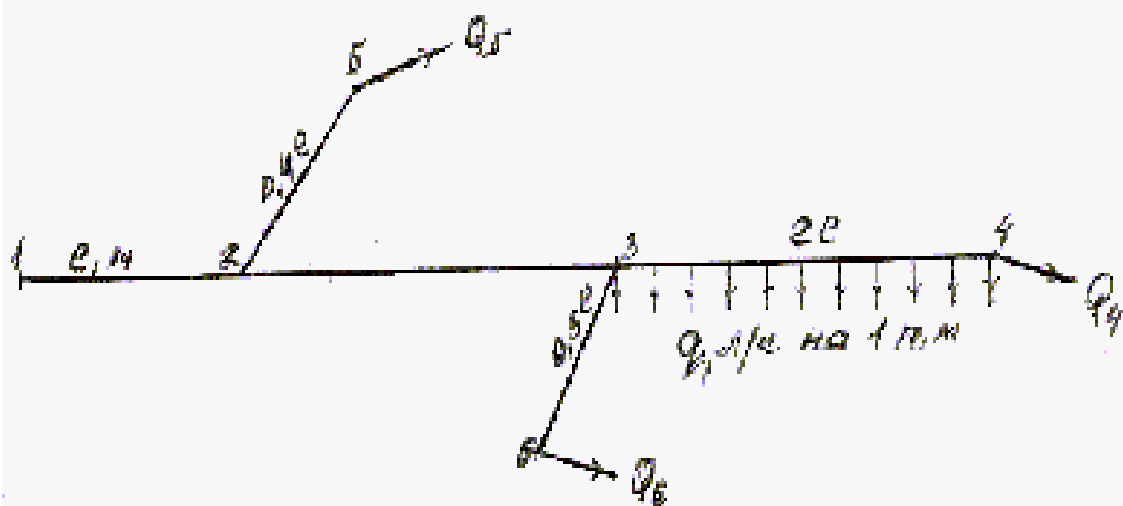
L,м	600	800	400	300	200	250	600	400	500	700
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Кесте 3.9

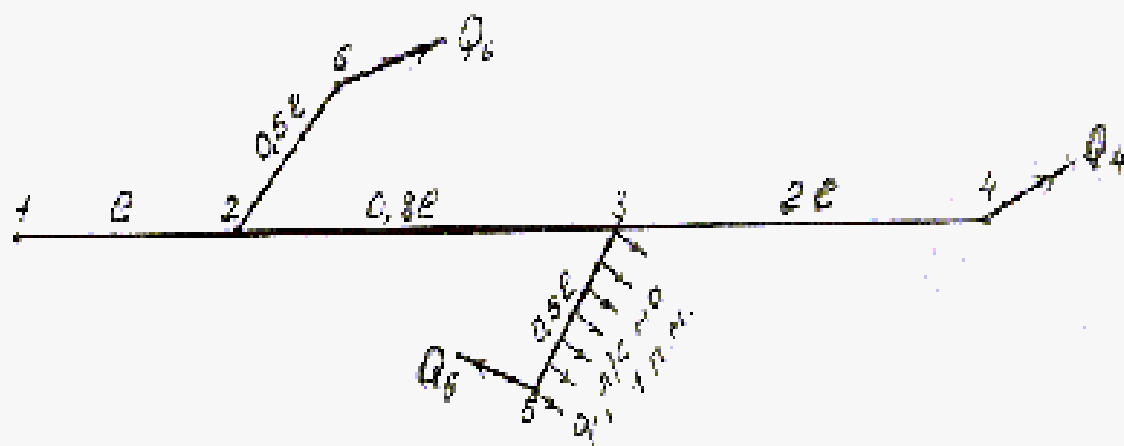
Берілген. мәлімет	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q ₄ , л/с	6,2	7,4	4,2	8,5	5,57	10,4	10,6	15,4	15	17
Q ₅ , л/с	6	7	8	4	5	10	10	17	15	17
Q ₆ , л/с	6	5	4	6	5	4	7	8	9	10
q ₁ , л/с	0,04	0,046	0,04	0,034	0,03	0,041	0,046	0,048	0,044	0,06
L,м	400	500	600	700	800	900	100	600	700	800

Кесте 3.10

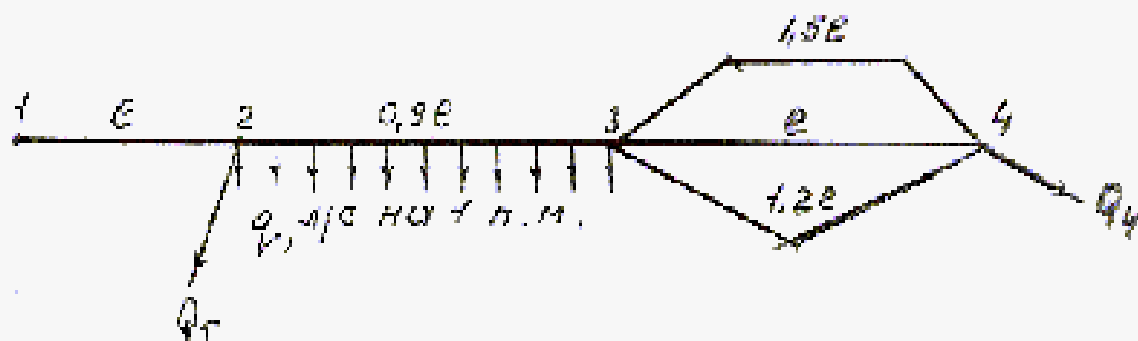
Берілг мәлім	Нұсқа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q ₄ , л/с	9,6	5,7	8,4	10,7	11,6	12	13	15,4	20	21,2
Q ₅ , л/с	11,7	16,4	13,2	14	15	16	13	12	14	15
Q ₆ , л/с	9,6	9,7	9,8	7,4	8,6	8,9	11,7	10,6	12	13
q ₁ , л/с	0,24	0,03	0,034	0,036	0,04	0,044	0,042	0,024	0,024	0,022
L,м	100	800	900	700	600	600	700	800	900	1000



Сурет 3.1



Сурет 3.2



Сурет 3.3

6.4. ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ КЕШЕНДІ ЖОБАЛАУ

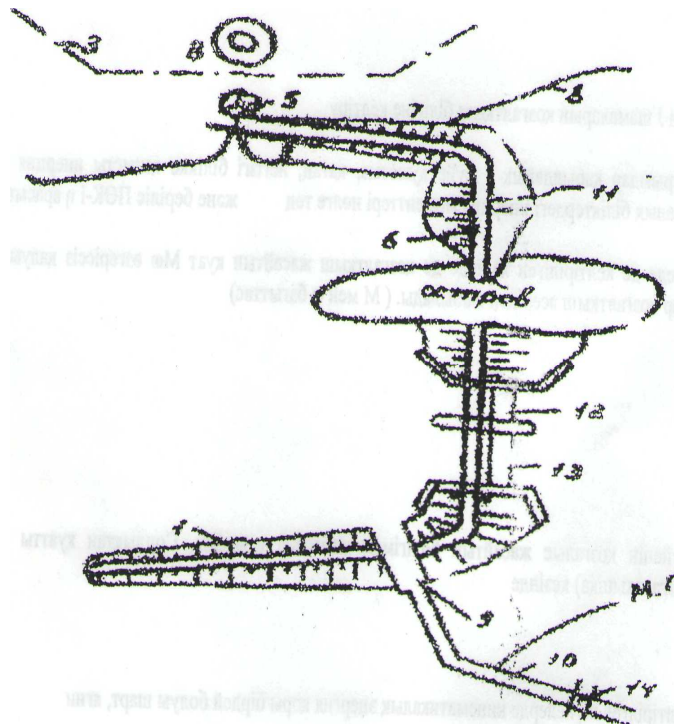
Курстық жұмыс

Курстық жұмыстың мақсаты – студенттерге гидравликалық есептеулердің: бірқалыпты және бірқалыпсыз қозғалу режимдерінде ашық арнамәліметтер суағызба арқылы сұйықтың қозғалуын, сұйықтың ысырма астынан ағуын және қосылған құрылыстарды есептеуді дамыту. Есептелетін құрылыс бірінғай кешенгежинақталған – гидротехникалық құрылыс торабы, топырақты немесе бетонды бөгет, қашыртқы каналы және бас жағында реттегіші бар магистральды канал.

КАНАЛДАҒЫ БІРҚАЛЫПТЫ ЖӘНЕ БІРҚАЛЫПСЫЗ ҚОЗҒАЛУ РЕЖИМДЕРІН ЕСЕПТЕУ

Магистральды каналды есептегенде қажетті мәліметтер:

1. Магистральды каналдың шайылмайтын және құм баспайтын жағдайларында оның керекті көлденең қиманың өлшемдерін анықтау.
2. $Q = f(h)$, $V = f(h)$ байланыстарының графиктерін тұрғызу.
3. Каналдағы судың қалыпты тереңдігін анықтау.
4. Q_{\max} және Q_{\min} су өтімі өткен жағдайындағы магистральды каналдың жұмысын тексеру.
5. Сызбаны оқуға қолайлы масштабпен магистральды каналдың көлденең және ұзына бойғы қималарын тұрғызу.
6. каналдың аумалы тереңдігін анықтау.
7. Қиманың меншікті энергиясының сызбасын тұрғызу.
8. Бахметьев Б.А. әдісін пайдалана отырып ($h = k \cdot h_0$ жағдайында) каналдағы тірелген қисық сызығын тұрғызу.
9. Каналдағы су тереңдігінің h_0 -ден h_k -ге дейін құлаған жағдайдағы төмендеу сызығын Н.Н. Павловскийдің әдісімен тұрғызу.



4.1 сурет. Кешенді мақсаттағы гидротораптың схемасы (ирригациялы-энергетикалық)

- 1 – оң жақтағы көтерме
- 2 – сол жақтағы көтерме
- 3 – сушылардың тұрағы
- 4 – насостық станция
- 5 – тегеурінді трубалы желінің бас бекеті
- 6 – тұйық топырақтан тұратын бөгеу
- 7 – сифон
- 8 – суару каналы
- 9 – бас реттеуші
- 10 – магистральді канал
- 11 – труба тәрізді су жібергіш
- 12 – тасқын суды жіберетін қақпа
- 13 – тасқын суды жіберетін бөлігі
- 14 – жапсарлас ғимарат
- 15 – тегеурінді мұнара

4.1 Кесте

Берілген мәндер	Өлше м бірлігі	Есептеу нұсқалары									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
∇ ФТД	м	46,4	46,2	43,6	41,4	41,6	45,6	45,6	42,0	43,5	46,7
∇ ҚТД	м	45,8	44,6	42,4	40,2	40,6	44,6	44,4	40,2	42,8	45,0
∇_2	м	43,4	42,0	40,3	38,0	38,2	42,0	42,0	38,0	40,5	43,5
∇_3	м	25,5	22,6	20,4	20,0	20,0	23,6	25,4	15,2	18,8	24,0
∇_4	м	26,0	23,0	21,0	21,0	21,0	24,0	26,0	16,0	19,0	25,0
∇ ТССД	м	30,5	26,0	24,0	25,0	24,0	28,0	29,0	20,0	23,0	28,0
Өтім Q_0	м ³ /с	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9
Топырақ		құмдақ	орташа саздақ	жеңіл саздақ	ауыр саздақ	саз	құм	құм	құмдық	жеңіл саздақ	орташа саздақ
Каналдың еңісі i	10 ⁻³	0,2	0,2	0,3	0,18	0,22	0,22	0,22	0,21	0,23	0,24
Каналдың ұзындығы I	км	2,4	2,6	2,8	3,0	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4
Тірелу коэффициенті k		1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Жер құламасы ΔH	м	4,0	6,0	8,0	5,0	6,0	7,0	8,0	4,0	5,0	6,0
Су тасқынының өтімі $Q_{\text{тас}}$	м ³ /с	500,0	550,0	575,0	6000,0	625,0	650,0	675,0	700,0	725,0	750,0
ПК 0-дегі жер беті деңгейі		46,0	45,0	43,0	41,0	41,0	45,0	45,0	41,0	43,0	45,2
ПК х-тегі жер беті деңгейі		45,5	44,4	42,1	40,4	40,2	44,2	44,2	40,1	42,0	45,2

4.1 Кестенің жалғасы

Берілген мәндер	Өлшем бірлігі	Есептеу нұсқалары									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
∇ ФТД	м	77	77	78,8	78,2	79,0	79,4	79,4	80	80	81,2
∇_2 ҚТД	м	76,2	76,4	76,8	77	77,5	77,8	78	78,4	78,6	79
∇_2	м	75	74,5	74	74	76	75	76	76	76,5	77
∇_3	м	56,0	54	56,8	69	55,5	57,0	49	50	51	59
∇_4	м	56,5	55	57,0	70	56	58	49	51	53	60
∇ ТССД	м	60,5	62	60	74	61	63	52	55	55	64
Өтім Q_0	м ³ /с	кұмдақ	жеңіл саздақ	орташа саздақ	орташа саздақ	ауыр саздақ	ауыр саздақ	саз	саз	кұм	кұм
Топырақ		0,1	0,14	0,16	0,18	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,19
Каналдың енісі i	10 ⁻³	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	5,5	6,0	5,8	5,7
Каналдың ұзындығы I	км	1,12	1,22	1,32	1,42	1,52	1,13	1,23	1,33	1,43	1,53
Тірелу коэффициенті k		8,0	8,1	9,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	9,0
Жер құламасы ΔH	м	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
Су тасқынының өтімі $Q_{\text{тас}}$	м ³ /с	570	670	770	870	970	1070	1025	1050	1100	800
ПК 0-дегі жер беті деңгейі		76,0	76,0	76,0	77,0	77,0	77,0	78,0	78,0	78,0	79,0
ПК x -тегі жер беті деңгейі		75,0	75,6	75,5	76,4	76,5	76,4	77,2	77,0	77,0	78,0

4.1 Кестенің жалғасы

Берілген мәндер	Өлшем бірлігі	Есептеу нұсқалары									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
∇ ФТД	м	101	104	105,2	107	110	112	113	115	116	117,4
∇_2 КТД	м	100	102,4	104	106	108	110	112	114	115	116
∇_2	м	980	101	102	104	106	108	110	112	112	113,4
∇_3	м	80	85	85	88	88	90	90	93	95	98
∇_4	м	80	85	85	88	88	90	90	93	95	98
∇ ТССД	м	82	86	88	90	89,5	90	91,5	95,5	98,2	99,5
Өтім Q_0	м ³ /с	11,0	11,2	11,4	11,6	11,8	12	12,2	11,2	11,5	11,5
Топырақ		жеңіл саздақ	орташа саздақ	ауыр саздақ	кұмдық	жеңіл саздақ	орташа саздақ	ауыр саздақ	кұмдақ	саз	кұм
Каналдың еңісі i	10 ⁻³	0,2	0,2	0,18	0,18	0,14	0,16	0,18	0,16	0,14	0,16
Каналдың ұзындығы l	км	2	3	4	5	5,6	6	3	2	4	5
Тірелу коэффициенті k		1,17	1,18	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33
Жер құламасы ΔH	м	3	4	5	6	7	8	4	5	6	7
Су тасқынының өтімі $Q_{\text{тас}}$	м ³ /с	620	720	820	920	510	610	710	810	910	1010
ПК 0-дегі жер беті деңгейі		100	102	104	106	108	110	112	114	115	116
ПК x -тегі жер беті деңгейі		99,5	101,5	103,5	105,5	107	109	111	113	114	115

4.1 Кестенің жалғасы

Берілген мәндер	Өлшем бірлігі	Есептеу нұсқалары									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
∇ ФТД	м	122,4	123,4	124,6	125,2	126,6	127,7	128,6	129,7	130,4	131,6
∇_2 ҚТД	м	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
∇_2	м	119	120,4	121	122	121,6	123	124,5	126	127	128
∇_3	м	102	106	110	111	105	109	110	110	112	115
∇_4	м	103	106,5	110,5	112	106	108	110,5	110,5	113	116
∇ ТССД	м	105	108	112	114	108	110	112	112	115	118
Өтім $Q_ө$	м ³ /с	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	4,3	4,6	4,2	4,0
Топырақ		құмдақ	жеңіл саздақ	саз	ауыр саздақ	құмдақ	саз	ауыр саздақ	ауыр құмдық	саздақ	жеңіл саздақ
Каналдың еңісі i	10 ⁻³	0,2	0,2	0,2	0,18	0,18	0,18	0,22	0,22	0,22	0,19
Каналдың ұзындығы I	км	4,2	4,6	5,1	5,4	3,6	4,7	5,0	5,6	5,8	6,0
Тірелу коэффициенті k		1,19	1,29	1,39	1,49	1,5	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24
Жер құламасы ΔH	м	2	3	4	5	6	7	8	3	4	5
Су тасқынының өтімі $Q_{тас}$	м ³ /с	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490
ПК 0-дегі жер беті деңгейі		121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
ПК х-тегі жер беті деңгейі		120	121	122	123	124	125	126	127	128	129

Жалпы әдістеме

1. Каналдың қимасы – трапеция
2. Есеп негізіне қайыранусыз және шайылмаусыздық шарттары алынған

$$V_{\kappa} < V_{есеп} < V_{ш}$$

3. Жаңа каналдар үшін кедір-бұдырлық коэффициентінің мәні 4.2-кестесіне байланысты қабылмәліметтер ады.

4.2-кестесі

Каналдардың сипаттамалары	Канал арналарының кедір-бұдырлық коэффициенті	
	Суару	Қашырту
I. Топырақ арнадағы каналдар		
1. Өтімі 1 м ³ /с-тан 25 м ³ /с дейін		
а) тұтасқан және құмдақ топырақта	0,0225	0,025
б) қиыр тасты – малта тасты топырақта	0,025	0,0275
2. Өтім 25 м ³ /с жоғары каналдар		
а) тұтасқан және құмдақ топырақта	0,02	0,0225
б) қиыр тасты – малта тасты топырақта	0,0225	0,025
II. Бетон қапталған канал		
а) жақсы өңделген бетон	0,012... 0,014	0,012... 0,014
б) нашар өңделген бетон	0,015... 0,017	0,015... 0,017

4.3-кестесі

Топырақ санаты	Ылди коэффициенті м.
1. Ұсақ түйіршікті құнды топырақ	3... 3,5
2. Құмдақ немесе бос тығыздалған	2... 2,5
3. Тығыз құмдақ және жеңіл саздақ	1,5... 2,0
4. Қиыр тасты және құмды-қиыр тасты	1,5
5. Ауыр саздақ және кәдімгі балшық	1... 1,5
6. Ауыр тығыз балшық	1
7. Жартасты жыныс	0,5... 0,10
8. Орташа тығыздықты саздақ	1,25

Байланысқан топырақ үшін рұқсат етілген шайылмаусыздық жылдамдығы V , м/с

4.4-кестесі

Топырақ санаты	$V, м/с$
1. Бос құмдақ	0,7... 0,8
2. Тығыздалған құмдақ	1
3. Жеңіл саздақ	0,7... 0,8
4. Орташа саздақ	1
5. Тығыз саздақ	1,1... 1,2
6. Қалыпты саз (балшық)	1,2... 1,4
7. Тығыз саз (балшық)	1,5... 1,8
8. Лайлы топырақты	0,5

Байланыспаған топырақтар үшін рұқсат етілген жылдамдық $V_{\text{рп}}, м/с$

4.5-кесте

Топырақ атауы	Ағынның орташа тереңдігі			
	$h_{op} = 0,4$	$h_{op} = 1$	$h_{op} = 2$	$h_{op} \geq 2$
1. Ұсақ құмды	0,17... 0,27	0,21... 0,32	0,24... 0,37	0,36... 0,4
2. Орташа құмды	0,27... 0,47	0,32... 0,57	0,37... 0,65	0,4... 0,7
3. Ірі құмды	0,47... 0,53	0,57... 0,65	0,65... 0,75	0,7... 0,8
4. Ұсақ қиыршық тас	0,65... 0,8	0,8... 1	0,9... 1,1	0,95... 1,2
5. Орташа қиыршық тас	0,65... 0,8	0,8... 1	0,9... 1,1	0,95... 1,2
6. Ірі қиыршық тас	0,8... 0,95	1... 1,2	1,1... 1,3	1,2... 1,4

Су деңгейінен $\Delta h_{\text{ст}}$ каналдың бермасының, жарқабақ және бөгет жотасының жоғарылығы

4.6-кесте

Каналда судың өтімі $Q, м^3/с$	Қаптаусыз	Қаптаумен
1-ге дейін	20	15
1-ден 10-ға дейін	30	20
10-нан 20-ға дейін	40	30



4.2-сурет. Каналдың көлденең қимасы

4.1 МАГИСТАРЛДЫҚ КАНАЛДЫ ЕСЕПТЕУ ҮШІН БАСТАПҚЫ МӘЛІМЕТТЕР.

Қалыпты өтім Q_o 8,2 м³/с

Минималды өтім $Q_{min} = 0,5 \cdot Q_o = 0,5 \cdot 8,2 = 4,1$ м³/с

Максималды өтім $Q_{max} = R \cdot Q_o = 1,15 \cdot 8,2 = 9,43$ м³/с

Еңіс $i = 0,16 \cdot 10^{-3} = 0,00016$

Топырақ – орташа тығыздықты саздақ.

Тірелу коэффициенті $k = 1,3$

Топырақты түріне қарап, каналдың кедір бұдырлық коэффициентін және баурайының орналасу коэффициентін анықтаймыз.

$M = 1,25$ (4.3-кестеден)

$n = 0,0225$ (4.2-кестеден).

Есептеу:

Магистралды канал су қоймасынан егістікке су беруге арналған.

Шези өрнегі бойынша судың бір қалыпты қозғалысы үшін каналды есептеу.

$$Q = C\omega \sqrt{Ri} \quad (1)$$

Есептеу қалыпты өтім Q_a жүргізіп және Q_{max} және Q_{min} өтімдерінде тексеріледі.

Каналдың табаны бойынша енін анықтау:

$$b = \beta h_{np} \quad (2)$$

мұндағы: $h_{np} = \left(\frac{Q_o n}{A \sqrt{i}} \right)^{3/8}$;

β – табаны бойынша салыстырмалы ені

$$\beta = 2 \left[\sqrt{1+m^2} - m \right]$$

4.7 кесте бойынша A мәнін қабылдаймыз.

$$A = \frac{(\beta + m)^{1.7}}{(\beta + 2\sqrt{1+m^2})^{0.7}}$$

$\beta = 2; A = 2,4$

$$h_{np} = \left(\frac{3.2 \cdot 0.0225}{2.4 \cdot \sqrt{0.00016}} \right)^{3/8} = 1,9 \text{ м}$$

ені $b = 2 \cdot 1,8 = 3,8$ м;

$b = 4$ м деп қабылдаймыз.

Каналдың толу тереңдігін талдау әдісімен тауып, тереңдік мәнін $h=1$ м қабылдап, қима аумәліметтерін анықтаймыз.

$$\omega=(b+mh)h; \omega=(4+1,25 \cdot 1 = 5,25 \text{ м}^2$$

Ылғалмәліметтерған периметр $\chi = b+2 h\sqrt{1+m^2} = 4 + 2 \cdot 1\sqrt{1+1,25} = 7,2 \text{ м}$

$$\text{Гидравликалық радиус } R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{5,25}{7,2} = 0,73 \text{ м}$$

$$\text{Шези коэффициенті } C = \frac{1}{n} R^{1/6} = \frac{1}{0,0225} \cdot 0,73^{1/6} = 42,2 \text{ м}^{0,5} / \text{с}$$

Каналдағы судың жылдамдығы

$$V = C\sqrt{Ri} = 42,2 \cdot \sqrt{0,73 \cdot 0,00016} = 0,46 \text{ м/с}$$

Судың өтімі

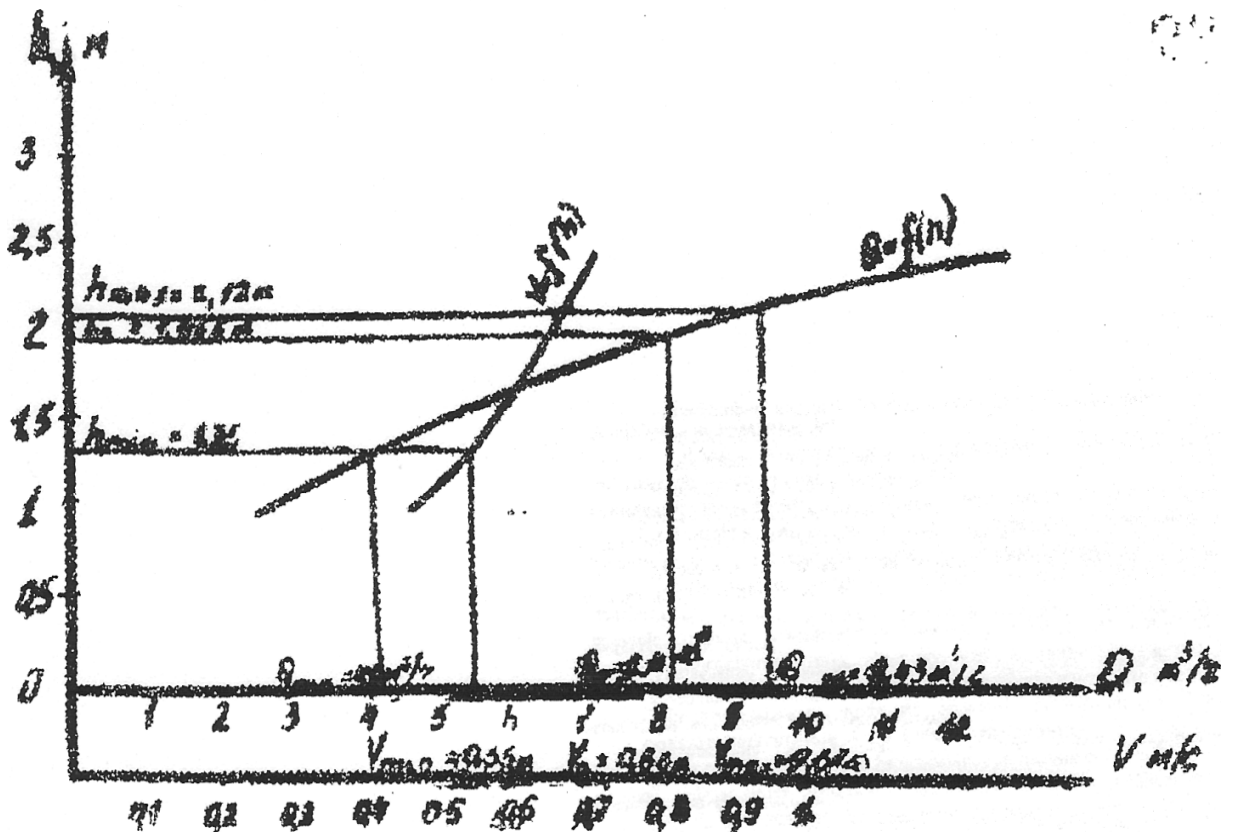
$$Q = 5,25 \cdot 42,2 \cdot \sqrt{0,73 \cdot 0,00016} = 2,42 \text{ м}^3/\text{с}$$

Есептеу қорытындысын 4.18-кестеге жазамыз

4.7-кесте

$h, \text{ м}$	$\omega, \text{ м}^2$	$\chi, \text{ м}$	$R, \text{ м}$	$R^{1/6}, \text{ м}^{0,6/c}$	$C, \text{ м}^{0,5/c}$	$\sqrt{Ri}, \text{ м}^{0,5}$	$V, \text{ м/с}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$
1	5,25	7,2	0,73	0,95	42,2	0,011	0,46	2,42
1,2	6,95	8	0,87	0,98	43,6	0,012	0,52	3,61
1,5	8,8	8,8	1	1	44,4	0,013	0,58	4,96
1,75	10,83	9,6	1,13	1,02	45,3	0,0135	0,62	6,61
2	13	10,4	1,25	1,04	46,2	0,014	0,65	8,45
2,25	15	11,27	1,37	1,06	46,8	0,015	0,7	10,9
2,5	17,8	12	1,48	1,07	47,6	0,0154	0,73	13

Кестенің негізінде $Q=f(h)$, $V=f(h)$ байланыстарының графигін тұрғызамыз.



4.3 Сурет. $Q=f(h)$ бағыныштылығының графигі

Графиктен табатынымыз:

$$\begin{aligned}
 h_o &= 1,965 \text{ м} & V_o &= 0,65 \text{ м/с} \\
 h_{min} &= 1,62 \text{ м} & V_{min} &= 0,55 \text{ м/с} \\
 h_{max} &= 2,12 \text{ м} & V_{max} &= 0,67 \text{ м/с}
 \end{aligned}$$

Шайылмаусыздық және қайырланусыз шартын тексереміз. Орташа тығыздықты саздақ үшін шайылуысыздық жылдамдығы

$$V_{ш} = 1 \text{ м/с (4.13-кесте)}$$

С.Абельянц өрнегі бойынша қайырланусыздық жылдамдығын анықтаймыз

$$\begin{aligned}
 V_{к} &= 0,3 R^{1/4} = 0,3 \cdot 1,3^{1/4} = 0,32 \text{ м/с} \\
 V_{к} &< V_{есеп} < V_{ш} \\
 0,32 &< 0,65 < 1
 \end{aligned}$$

Шарт орындалғандықтан, есептеу дұрыс жүргізілген деп қорытуға болады.

Ұзына бойлық кескінін тұрғызу үшін каналдың табан деңгейлерін (ПК және ПК₃₀) анықтау қажет.

$$\nabla_{\text{дно ПК0}} = 76,8 - 12,2 - 0,1 = 74,58 \text{ м}$$

$$\nabla_{\text{дно ПКО}} = \nabla_{\text{дно ПКО}} - iL = 74,58 - 0,00016 \cdot 3000 = 74,1 \text{ м,}$$

мұндағы: L – каналдың ұзындығы, 3 км тең.

4.1.1 Аумалы тереңдік және көлденең қимадағы меншікті энергия

ПК₃₀ пакетінде тіреу құрылысы бар, тіреу коэффициенті $\kappa = 1,3$, осыны нәтижесінде магистралды каналда тірелген қисық сызық пайда болады.

Тірелген қисық сызығының түрін анықтау үшін, аумалы тереңдікті және аумалы еңісті есептеу қажет. Аумалы тереңдік – қимадағы меншікті энергияны ең төменгі мәніне сәйкес тереңдік.

Қиманың меншікті энергиясы деп белгілі бір уақыт аралығында көлденең қима арқылы өтетін механикалық энергия. Ол салмақ бірлігіне және көлденең қиманың ең төменгі нүктесінен өтетін салыстырмалы жазықтыққа қатысты есептеледі.

Энергияның негізгі теңдеуі:

$$\mathcal{E} = h + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

Тереңдікте әр түрлі мәндер бере отырып, каналдағы энергияны анықтайды. Мысалы: $h=0,5 \text{ м}$

$$\omega = (4 + 1,25 \cdot 0,5) \cdot 0,5 = 2,31 \text{ м}^2$$

$$V = \frac{Q_0}{\omega} = \frac{8,2}{2,31} = 3,55 \text{ м/с}$$

$$\mathcal{E} = h + \frac{\alpha V^2}{2g} = 0,5 + \frac{1,1 \cdot 3,55^2}{2 \cdot 9,81} = 1,21 \text{ м,}$$

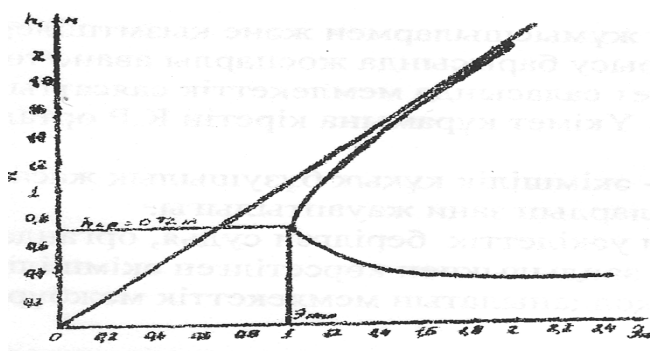
мұндағы α – Кориолис коэффициенті, ол қимадағы жылдамдықты біркелкі таралмауына байланысты анықталды.

Барлық есептеулерді 4.19-кестеге толтырылады.

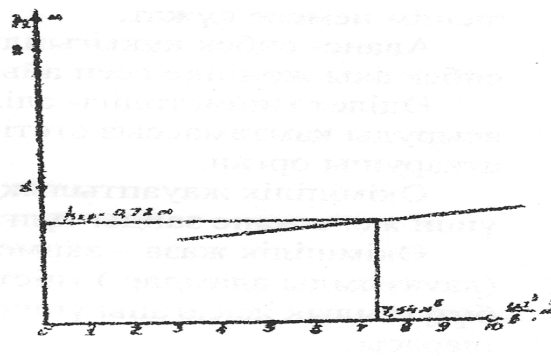
4.8-кесте

h	ω	V	$\frac{\alpha V^2}{2g}$	\mathcal{E}
м	м ²	м/с		м
0,3	1,31	6,26	2,2	2,5
0,4	1,8	4,56	1,16	1,56
0,5	2,31	3,55	0,71	1,21
0,6	2,82	2,91	0,47	1,07
0,7	3,41	2,41	0,33	1,03
0,8	4	2,05	0,24	1,04
2	13	0,63	0,022	2,022

Алынған мәндер бойынша қиманың меншікті энергиясының графигіне тұрғызылады (4.5-сурет).



4.5. Қиманың меншікті энергиясы анықтау



4.6. Аумалы тереңдікті

График бойынша $Э_{\min}$ – ге сәйес келетін $h_{кр}$ – дің мәнін анықтайды.

$$h_{кр} = 0,72 \text{ м}$$

Аумалы тереңдікті ағынның аумалы күйінің теңдеуін шешу арқылы табуға болады.

$$\frac{\omega^3}{B} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

мұндағы B – судың беті бойынша каналдың ені $B = b + 2mh$

Тереңдіктің әртүрлі мәндері үшін теңдеудің сол жағын $\left(\frac{\omega^3}{B}\right)$ есептен,

белгілі оң бөлікпен салыстырамыз $\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{1.1 \cdot 8.2^2}{9.81} = 7.54$

Жүргізілген есептеулерді 4.9-кестесіне жинаймыз.

4.9 - кесте

$h, \text{ м}$	$\omega, \text{ м}^2$	ω^3	$B, \text{ м}$	
0,6	2,82	2243	5,5	4,08
0,7	3,41	39,65	5,75	6,9
0,8	4,0	6,4	6,0	10,67

Алынған кестенің мәндері бойынша график тұрғызамыз да омәліметтер аумалы тереңдікті табамыз $h_{кр}=0,72 \text{ м}$ (4.6-сурет). Аумалы тереңдікті Агроскиннің әдісімен анықтауға болады. Бұл үшін шартты түрде алынған, ені каналдың табанының еніне $b=4 \text{ м}$ тең болатын төртбұрышты арнаның аумалы тереңдігін формула бойынша анықтап: σ_n мен k -ның мәндерін табамыз.

$$h_{кр.п.к.} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gB^2}} = \sqrt[3]{\frac{1.1 \cdot 8.2^2}{9.81 \cdot 4^2}} = 0,78 \text{ м}$$

$$\sigma_n = \frac{m \cdot h_{кр.п.к}}{B} = \frac{1,25 \cdot 0,78}{4} = 0,25$$

$$k = 1 - \frac{\sigma_n}{3} + 0,105 \cdot \frac{2}{\sigma_n} = 1 - \frac{0,25}{3} + 0,105 \cdot 0,25^2 = 0,92$$

Берілген трапеция тәрізді каналдың аумалы тереңдігін табамыз:

$$h_{кр} = k \cdot h_{кр.п.к.} = 0,92 \cdot 0,79 = 0,72 \text{ м}$$

Аумалы еңіс дегеніміз – берілген су өтімі Q_0 бірқалыпты қозғалыс шартын сақтай отырып канал бойымен $h_{кр}$, немесе $h_0 = h_{кр}$ тереңдігімен ағуы.

$$Q = \omega_{rh} \cdot C_{кр} \cdot \sqrt{R_{кр} \cdot i_{кр}}$$

бұмәліметтер

$$i_{кр} = \frac{Q^2}{\omega_{кр}^2 C_{кр}^2 R_{кр}^2}$$

$\omega_{кр}$, $\chi_{кр}$, $R_{кр}$ мәндері табылған аумалы тереңдік $h_{кр}$ арқылы анықталады.

$$\omega_{кр} = (4 + 1,25 \cdot 0,72) \cdot 0,72 = 3,52 \text{ м}^2$$

$$\chi_{кр} = 4 + 2 \cdot 0,72 \cdot \sqrt{1 + 1,25^2} = 6,3 \text{ м}$$

$$R_{кр} = \frac{3,53}{6,3} = 0,56 \text{ м}$$

$$C_{кр} = \frac{0,56^{1/6}}{0,0225} = 40,27 \text{ м}^{0,5}/\text{с}$$

$$i_{кр} = \frac{8,2^2}{3,53^2 \cdot 40,27^2 \cdot 0,56} = 0,0059$$

$0,0059 > 0,0016$ болғандықтан $i_{кр} > i$ – ағыс жағдайы тыныштықты.

Судың еркін бетінің қисық сызығын талдау

Тыныштық күйінің үш түрі болады:

1. $h_0 > h_{кр}$ күйі $1,965 > 0,72$

Кинетикалық параметрі $П_k < 1$

$$П_k = \frac{\alpha Q^2 B}{g \cdot \omega^3} = \frac{1,1 \cdot 13,56^2 \cdot 10,38}{9,81 \cdot 6158,68} = 0,035$$

Су өтімін Q тоспал судың тереңдігінде анықтаймыз.

$$h_n \quad 1,3 \cdot h_0 = 1,3 \cdot 1,965 = 2,55 \text{ м}$$

$$\omega = (B + m h_n) \cdot h_n = (4 + 1,25 \cdot 2,55) \cdot 2,55 = 18,33 \text{ м}^2$$

$$\chi = B + 2 h_n \sqrt{1 + m^2} = 4 + 2 \cdot 2,55 \cdot \sqrt{1 + 1,25^2} = 12,16 \text{ м}$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{18.33}{12.16} = 1.37 \text{ м}$$

$$C = \frac{1}{0.0225} \cdot 1.51^{1/6} = 47.56 \text{ м}^{0.5} / \text{с}$$

$$\kappa = \omega C \sqrt{R} = 18.33 \cdot 47.56 \sqrt{1.51} = 1071.25 \text{ м}^3 / \text{с}$$

мұндағы κ_0 $h_0 = 1,965$ м кезіндегі өтім модулі

$$\kappa_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{8.2}{\sqrt{0.00016}} = 6.48 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$Q = \omega \vartheta = 18.33 \cdot 0.74 = 13.56 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$\vartheta = c \sqrt{Ri} = 47.56 \sqrt{1.51 \cdot 0.00016} = 0.74 \text{ м/с}$$

$$B = c + 2m h_n = 4 + 2 \cdot 2.55 = 10.38 \text{ м}$$

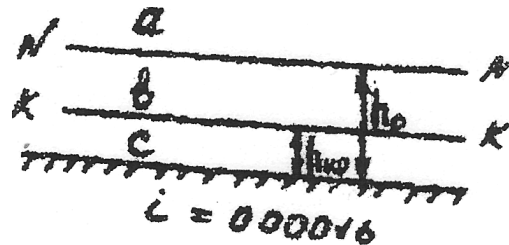
$$\omega^3 = 18.33^3 = 6158.68 \text{ м}^6$$

Есептелген барлық мәндерді судың бірқалыпсыз қозғалысының дифференциалды теңдеуіне қоямыз:

$$\frac{dh}{dl} = i \frac{1 - \left(\frac{648}{1071.25} \right)^2}{1 - 0.035} = 0.657$$

Бөлшек оң сан болғандықтан, ағынның тереңдігі ұзына бойына өседі және α типті тірелген қисық сызығы пайда болады.

2. Тасқынды күйде $h_0 < h_{кр}$, $\Pi_\kappa > 1$



3. Аумалы жағдайда $h_0 < h_{кр}$, $\Pi_\kappa > 1$

Б.А.Бахметьев әдісімен каналдың тірелген қисық сызығын есептеу.

Теңдеудің толық түрі

$$l = \frac{h_0}{i} \{ \eta_2 - \eta_1 - (1 - j_{cp}) \cdot [B(\eta)] \},$$

мұндағы h_0 – бірқалыпты қозғалыстағы тереңдік; l – тірелген қисық сызығының ұзындығы; i – каналдың еңісі.

$\eta_i = \frac{h_i}{h_0}$ - ағынның салыстырмалы тереңдігі.

$$j_{cp} = \frac{\alpha \cdot i \cdot C_{cp}^2 \cdot B_{cp}}{g \cdot \chi_{cp}}$$

$B(\eta_i)$ – Бахметьев функциясы, η мен χ – ке байланысты және (3) кесте бойынша алынады.

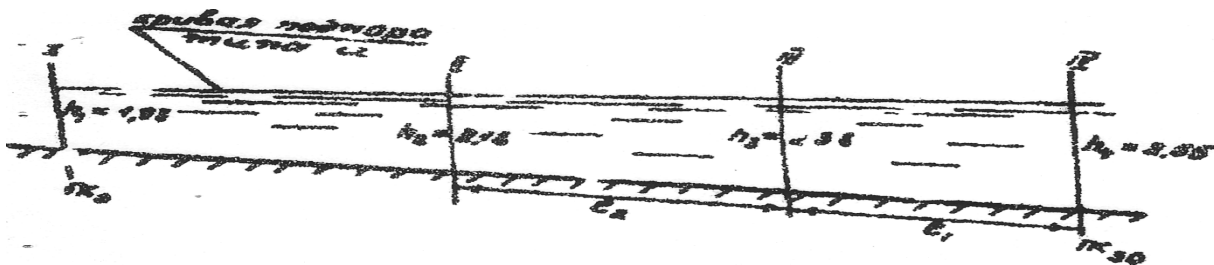
x – арнаның гидравликалық көрсеткіші:

$$x = 2 \frac{\lg \kappa_{cp} - \lg \kappa_0}{g \cdot \chi_{cp}},$$

мұндағы $\kappa = \alpha \omega \sqrt{R} - h$ -тен

$\kappa_0 = \frac{Q_0}{\sqrt{i}} - h_0$ теңдігіне сәкес өтім сипаттамасы.

$ПК_0$ -ден $ПК_{30}$ -ға дейінгі каналдың есептеулері дәл болу үшін, оны учаскілерге бөлеміз, яғни бірнеше қимағақ (4.8-сурет).



Қимадағы тереңдіктерді келесі жолмен бөлеміз. I-I қимадағы тереңдік

$$h_1 = h_0 \cdot 1,005 = 1,98 \text{ м.}$$

IV-IV қимасындағы судың тереңдігі $h_4 = h \cdot k = 1,965 \cdot 1,3 = 2,55 \text{ м.}$

II-II және III-III қималарындағы тереңдік ағып бойына тереңдіктің өсуіне байланысты алынады, яғни II-II қимасындағы судың тереңдігі $h_2 = 2,18 \text{ м.}$

III-III қимасында $h_3 = 2,38 \text{ м.}$

Қисық сызықты есептеуді соңғы участкілерден III-III және IV-IV бастаймыз. Есептеу мысалы $h_3 = 2,38 \text{ м, } h_4 = 2,55 \text{ м, } l_{3-4} = ?$

$$h_{cp} = \frac{2.38 + 2.55}{2} = 2.265 \text{ м}$$

$$\omega_3 = (4 + 1.25 \cdot 2.38) \cdot 2.38 = 16.6 \text{ м}^2$$

$$\omega_4 = (4 + 1.25 \cdot 2.55) \cdot 2.55 = 18.32 \text{ м}^2$$

$$\chi_3 = 4 + 2 \cdot 2.38 \sqrt{1 + 1.25^2} = 11.62 \text{ м}$$

$$\chi_4 = 4 + 2 \cdot 2.55 \sqrt{1 + 1.25^2} = 12.16 \text{ м}$$

$$R_3 = \frac{\omega_1}{\chi_1} = \frac{16.6}{11.62} = 1.43 \text{ м}$$

$$R_4 = \frac{\omega_2}{\chi_2} = \frac{18.32}{12.16} = 1.51 \text{ м}$$

$$B_3 = 4 + 2 \cdot 1.25 \cdot 2.38 = 9.95 \text{ м}$$

$$B_4 = 4 + 2 \cdot 1.25 \cdot 2.55 = 10.38 \text{ м}$$

$$C_3 = \frac{1}{0.0225} \cdot 1.43^{1/6} = 47.23 \text{ м}^{0.5} / \text{с}$$

$$C_4 = \frac{1}{0.0225} \cdot 1.51^{1/6} = 47.67 \text{ м}^{0.5} / \text{с}$$

$$\kappa_3 = 16.6 \cdot 47.23 \sqrt{1.43} = 937.55 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$\kappa_4 = 18.32 \cdot 47.67 \sqrt{1.51} = 1073.18 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$\kappa_{cp} = \frac{937.55 + 1073.18}{2} = 865.63 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$f_3 = \frac{1.1 \cdot 0.00016 \cdot 47.23^2 \cdot 9.95}{9.81 \cdot 11.62} = 0.0343$$

$$f_4 = \frac{1.1 \cdot 0.00016 \cdot 47.67^2 \cdot 1.38}{9.81 \cdot 12.16} = 0.03448$$

$$\eta_3 = \frac{2.38}{1.965} = 1.211$$

$$\eta_4 = \frac{2.55}{1.965} = 1.298$$

$$x = 2 \frac{\lg 865.63 - \lg 64}{\lg 2.265 - \lg 1.965} = 3.7$$

Бахметьев функциясы:

$$\eta_3 = 1.211, B(1.211) = 0.291$$

$$\eta_4 = 1.298, B(1.298) = 0.222$$

$$I_{3-4} = \frac{1.965 \{1.298 - 1.211 - (1 - 0.034) \cdot [0.221 - 0.291]\}}{0.00016} = 1898.68 \text{ м}$$

Әрі қарай есептеуді кесте түрінде жүргіземіз (4.22-кесте). Соңғы екі участкіні есептегенде ұзындықтарының қосындысы каналдың ұзындығынан ұзын болды $4866 > 3000$, сондықтан тереңдіктері $h_1 = 1.98 \text{ м}$ және $h_2 = 2.98 \text{ м}$ участкілерді есептейміз. $ПК_0$ -дегі судың тереңдігін дәлелдеу қажет, ол II-II

қимасының $h = 2,18$ м және III-III $h = 2,38$ м тереңдіктері арасындағы аралықта орналасқан.

Интерполяция (жуықтама) жасаймыз.

4.10-кесте

Қима N	$h, м$	$\Sigma l, м$	$h, м$	$(\Sigma, l), м$
II-II	2,18	1898,68	0,2	2947,32
III-III	2,38	4346		

Онда:

$$h = 2.18 + \frac{0.2}{2947.32}(4846 - 3000) = 2.3\text{м}$$

ПК₀ Тереңдік $h = 2,3$ м

4.11 Кесте -Тірелген қисық сызығын тұрғызу

52

Қиманың №	h, м	$\omega, м^2$	$\chi, м$	B, м	R, м	$c, м^{0.5}/с$	$K, м^3/с$	j	j_{cp}	$1-j_{cp}$	η	$\Delta\eta = \eta_2 - \eta_1$	$\Delta B(\eta_2)$	$\Delta B(\eta) = B(\eta_2) - \Delta B(\eta_1)$	11-15	13-16	$L=(bo/l)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
IV-IV	2,55	18,32	12,16	1,51	10,38	47,67	1073,15	0,0348			1,298		0,221				
									0,345	0,655		0,087		-0,07	-0,0676	0,1546	1898,68
III-III	2,38	16,6	11,62	1,43	9,95	47,23	937,55	0,0343			1,211		0,291				
									0,340	0,660		0,102		-0,142	-0,138	0,24	2947,5
II-II	2,18	14-66	10,98	1,34	9,45	46,7	792,68	0,0337								$\Sigma B46M$	
I	1,98																

6.4.2 ГИДРОҚҰРЫЛЫМ АРҚЫЛЫ АҒЫННЫҢ ҚОЗҒАЛУЫ

4.2.1 Су ағызба

а) Табаны енді су ағызба

Магистралды каналдың жоғары жағында бас саға құрылысы орнатылған (басты реттегіш), ол каналға су жіберіп тұруға және оны реттеп отыруға арналған (4.1-сурет).

Жоғары бьефте су деңгейі ∇ ҚТД белгісінде, ал құрылым арқылы максималды өтім Q_{\max} жіберіледі деп қабылдаймыз.

Анықтау керек:

1. Су ағызбаның енін, каналдың табанының деңгейі $ПК_0$ -дегі су ағызбаның табанының деңгейімен дәл келеді және су ағызба батырылған деп есептейміз.
2. Қалқан тесігін есептеу.
3. Ағынның төменгі бьефпен жанасуына есептеу жүргізу.

б) Су ағызба практикалық кескінді

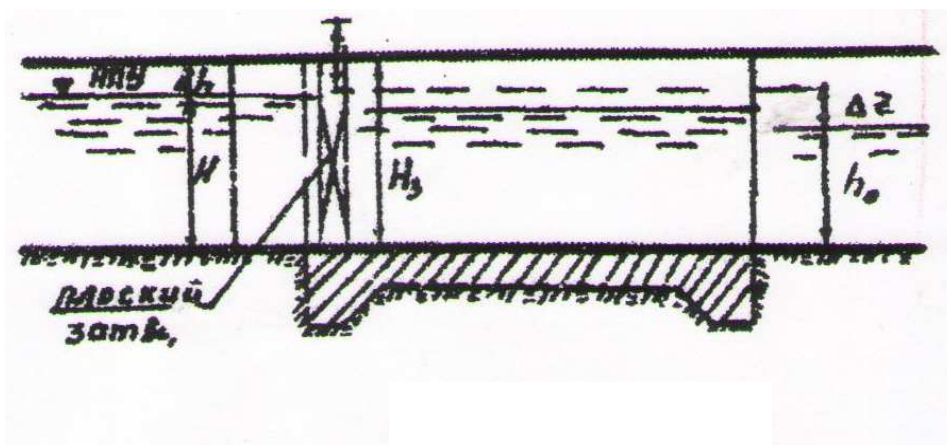
Су қоймасы платинасының құрамында бетоннан салынған пішіні практикалық болып келетін су ағызба бар (4.3-сурет). Оның су өтер жерінің деңгейі ∇ ҚТД және екі су жіберу тесігі сегментті ысырмамен жабылған.

Ысырманың жоғарғы бөлігі ∇ ҚТД белгісінде, ал тесіктің табаны ∇_2 белгісінде орналасқан. Жоғарғы бьефта су деңгейі ∇ УНВ белгісінде орналасқан деп есептейміз.

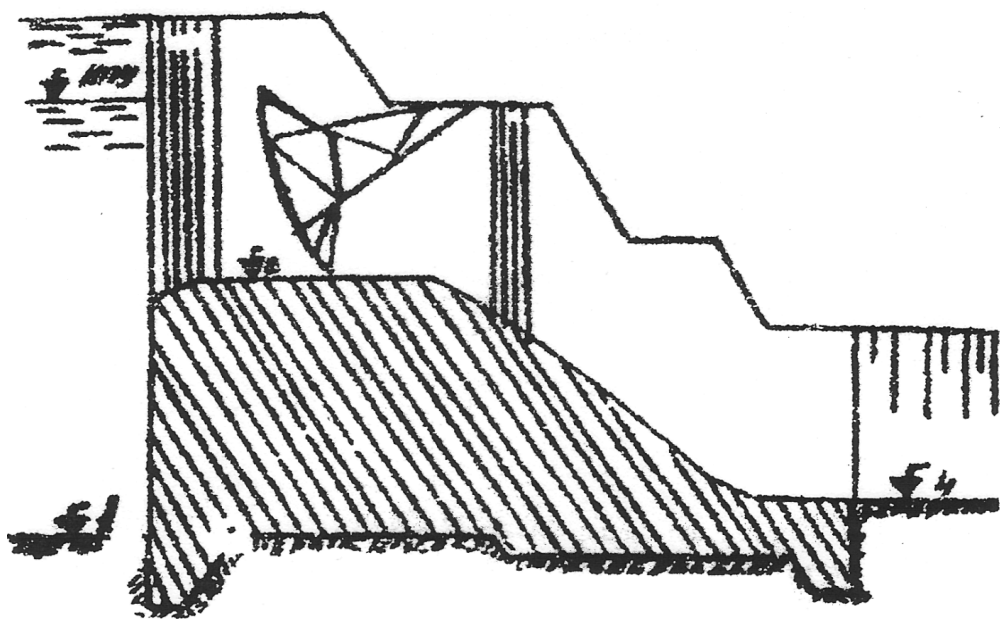
Есептейміз:

1. Белгілі тасқынды өтімдігі $Q_{\text{пав}}$ су ағызба бөлігі $Q_{\text{суа}}$ және тесік $Q_{\text{отв}}$ арқылы шығатын судың өтімін.
2. Бөгеттің су ағызу бөлігінің енін.
3. Су ағызу бөлігі үшін Кригер-Офицеров координатасында кескін тұрғызу.
4. Ағынның (су ағызу бөлігінің) төменгі бьефпен жанасуына есептер шығару.

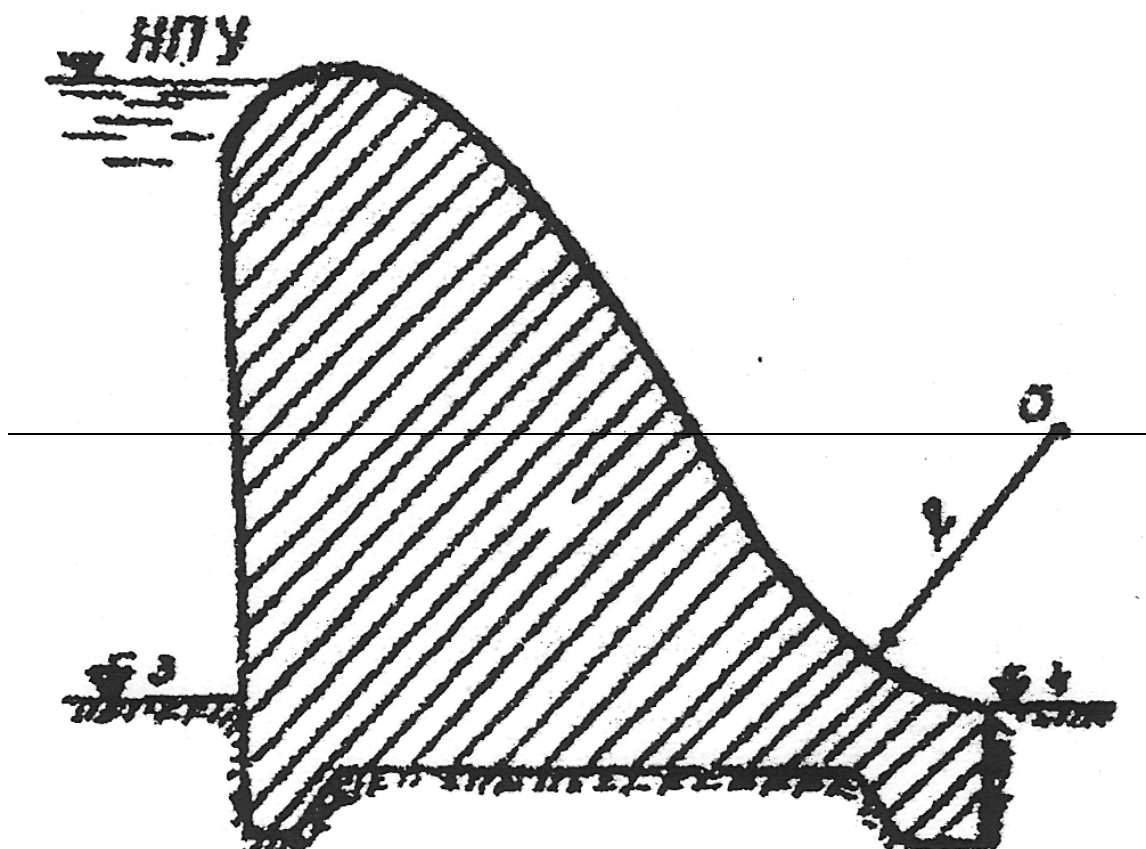
Энергия азайтқышты есептеу.



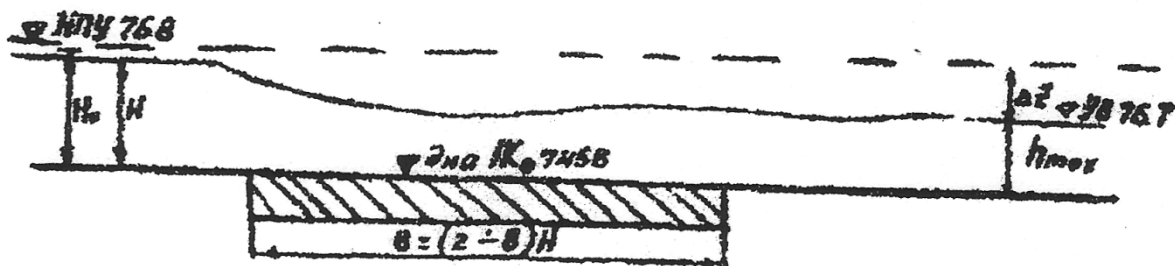
4.2.1 Басты реттегіш



4.2.2-сурет. Суқашырту тесігі



4.2.3-сурет. Практикалық пішінді суағызба



4.2.4-сурет. Кең табалдырықты суағызба

Мұндағы H – су ағызбадағы тегеурін $\nabla_{КТД} - \nabla_{дноПКО}$

H_0 $V_0 > 1$ м/с үшін қолмәліметтерілатын, су ағызбаға тақалған судың жылдамдығын есепке алатын тегеурін.

δ – су ағызбаның қалыңдығы, оның ағыстың бойымен алғандағы өлшемі;

B_n – су жіберетін құрылғы, ағысқа көлденең бағыттағы өлшемі;

$H_{max} - Q_{max}$ – өтіміндегі каналдағы судың тереңдігі

ΔZ – су деңгейінің күрт төмендеуі

h_n – су ағызбаның суға батуы

$h_n = \nabla_{УВ} - \nabla_{дноПКО}$

Кең табанды су ағызбаның негізгі есептеу формуласы:

$$Q = \phi B_n h_{max} \sqrt{2g\Delta Z},$$

мұндағы ϕ – жылдамдық коэффициенті, 0,95 деп қабылмәліметтерлады.

Берілгені $Q_{max} = 9,43$ м³/с; $h_{max} = 2,12$ м; $\nabla_{КТД} = 76,8$ м;
 $\nabla_{дноПКО} = 74,58$ м; $\Delta Z = 0,1$ м; $B_n = 4$ м.

Есептеу:

Су ағызғыштың енін анықтаймыз:

$$B_e = \frac{Q_{max}}{\phi_{max} h_{max} \sqrt{2g\Delta Z}} = \frac{9,43}{0,95 \cdot 2,12 \sqrt{19,62 \cdot 0,1}} = 3,35 \text{ м}$$

Канаодың ені су ағышқыш енінен үлкен болғандықтан, ағынның бүйірден сығылуы пайда болады. Бүйірден сығылу коэффициентін есептеу қажет.

$$E = \xi_{б.у.} - \xi_{мол}$$

$$E_{б.у.} = 1 - 0,2 \xi_{см} \frac{H}{B_{отв}}$$

Мұндағы $\xi_{см} = 0,7$ – бүйірдің тұрақтылық формасының коэффициенті.

$B_{отв}$ – тесіктің ені:

$$B_{отв} = \frac{B_e}{n} = \frac{3,35}{3} = 1,17 \text{ м}$$

n – тесіктің саны

Сонда
$$\xi_{б.у.} = 1 - 0,2 \cdot 0,7 \cdot \frac{2,12}{1,17} = 0,73$$

мұндағы $\xi_{м.с.}$ – металл тіреудің бүйірлік сығылу коэффициенті.

Егер бір тіреу орнатылса, онда $\xi_{м.с.} = 0,99$, егер екі тіреу болса, онда

$$\xi_{м.с.} = 0,98.$$

Яғни әрбір тіреу $\xi_{м.с.}$ мәнін 1% кемітеді.

Біздің жағдайда үш тесік болғандықтан, 2 тіреу болады $\xi_{м.с.} = 0,98$.

Бүйір сығылу коэффициенті

$$\xi = 0,73 \cdot 0,98 = 0,71$$

Бүйір сығылуын есепке алып су ағызба енін есептейміз.

$$B_u = \frac{9,43}{0,71 \cdot 0,95 \cdot 2,12 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,1}} = 4,9м$$

Бір тесіктің ені

$$v_{отв} = \frac{v_e}{n} = \frac{4,9}{3} = 1,63м$$

Өткізу мүмкіндігін тексереміз

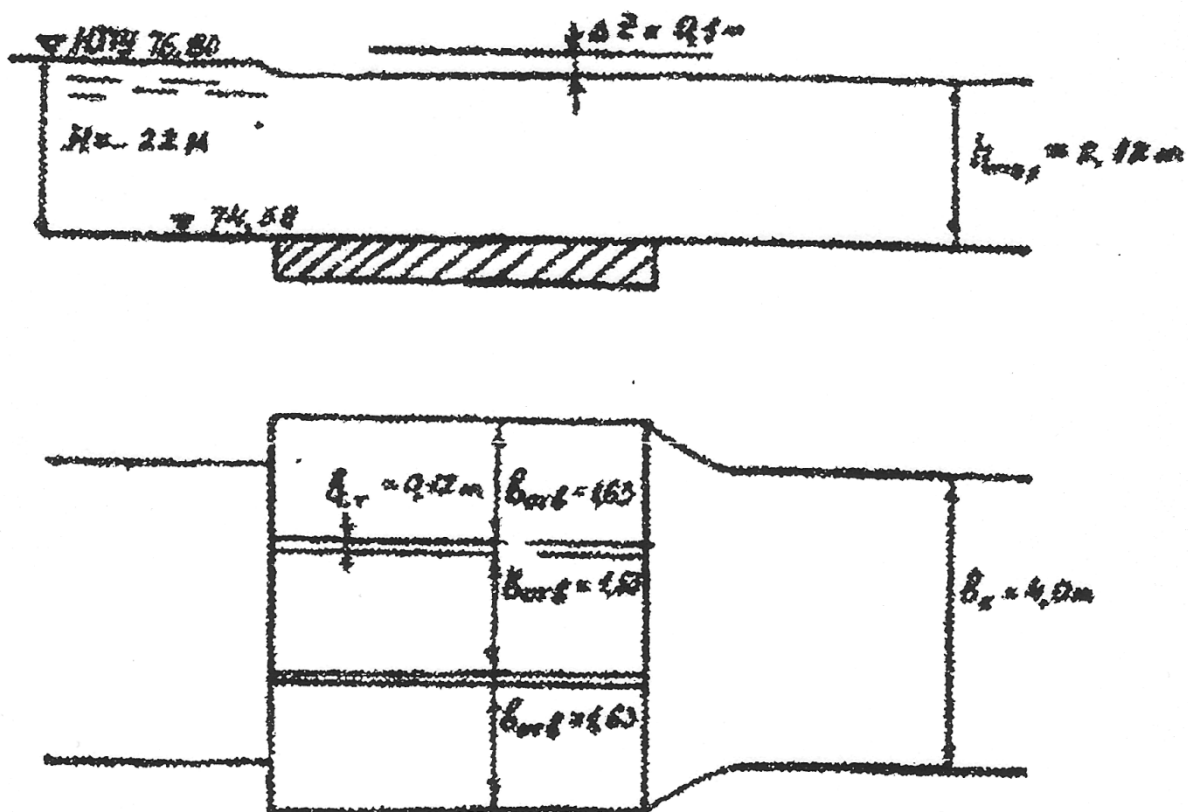
$$Q = 0,71 \cdot 4,9 \cdot 2,12 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,1} = 10,3м^3 / с$$

Шыққан өтім берілгеннен $10,3 > 9,43$ м³/с болғандықтан, есептеуді осымен тоқтатамыз, су ағызбаның ені дұрыс есептелген. Су ағызбаның толық ені

$$B = v_{отв} \cdot n + (n+1) \cdot v_{см},$$

мұндағы $v_{см}$ – металл тіреуіштің ені $v_{см} = 12... 15см$.

$$B = 1,63 \cdot 3 + (3+1) \cdot 0,12 = 5,13м$$



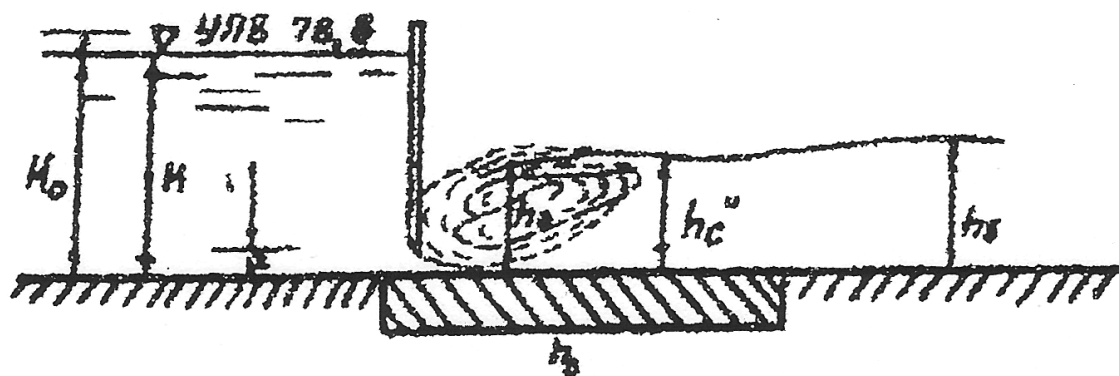
4.2.5-сурет.

4.2.2 Ысырманың астынан су ағуы

Кең табанды су ағызба арқылы Q_{\min} жіберген кезде ысырманы пайдалану қажет. Жоғарғы бьефтегі су деңгейі УПВ белгісінде орналасқан деп алып, ысырманың ашылу биіктігін анықтаймыз. Барлық тесіктерде ысырмалар бірде биіктікке көтерілген, сонымен бірге төменгі бьефтің ағынның қосалқылығын есептеу қажет.

а) Еркін ағып шығу.

Еркін ағу, егер тесік арқылы өткен өтім мәніне төменгі бьеф деңгейі әсер етпесе



4.2.6-сурет. Еркін ағып шығу

Еркін ағудағы судың өтімі

$$Q_{cb} = \mu ab \cdot \sqrt{2g(H_o - h_c)}$$

Мұндағы μ - өтім коэффициенті $\mu = \varphi \varepsilon$

φ – жылдамдық коэффициенті

$\varepsilon = f\left(\frac{d}{H}\right)$ - тігінен сығылу коэффициенті, 4.1-кесте бойынша

анықталады.

v – су ағызба ені.

h_c – сызылған қиманың тереңдігі.

$$h_c = \varepsilon \cdot d$$

$\frac{d}{H}$	ε	$\frac{d}{H}$	ε	$\frac{d}{H}$	ε
0,1	0,615	0,35	0,628	0,6	0,66
0,5	0,618	0,4	0,63	0,65	0,675
0,2	0,620	0,45	0,638	0,7	0,69
0,25	0,622	0,5	0,645	0,75	0,705
0,3	0,625	0,55	0,65		

б) Еріксіз ағып шығу

Егер ысырманьң артынан аққан ағын тасқынды болғанда, ағу еріксіз немесе бытырылған болады.

$$h_c < h_6$$

Екінші қосалқы тереңдік мына өрнекпен анықталады.

$$h_c'' = \frac{h_c}{2} \cdot \left[\sqrt{1 + \frac{8h^3 kp}{h_c^3}} - 1 \right]$$

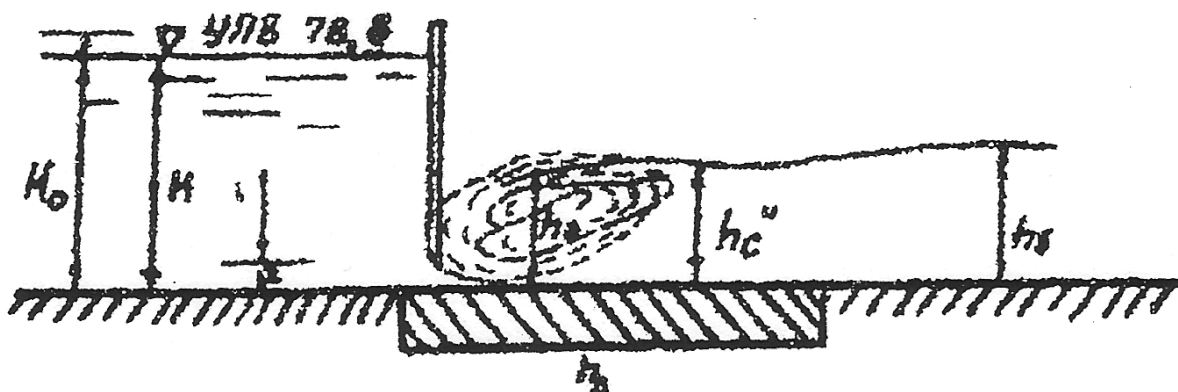
Батырылып аққанда өтім сығылған қима және ысырма алдындағы судың арасындағы күрт төмендеу мәніне байланысты.

$$Q = \mu v d \sqrt{2g(H_o - h_z)}$$

Мұндағы h_z – сызылған қимадағы бату тереңдігі

$$h_z = \sqrt{h_6^2 - M \left(H_o - \frac{M}{4} \right) + \frac{M}{2}},$$

$$M = \Delta \mu v a \sqrt{2g(H - h_c)}$$



4.2.7-сурет. Еріксіз ағып шығу

Бастапқы мәліметтер

$$Q_{\min} = 4,1 \text{ м}^3/\text{с}; v_{\text{вод}} = 4,9 \text{ м}$$

$$H_0 = H = \nabla \text{УПВ} - \nabla_{\text{дноГКО}} = 78,8 - 74,58 = 4,22 \text{ м}$$

Есептеу:

Алдын ала тесік батырылмаған деп алып, өтімді мына өрнекпен табамыз.

$$Q = \mu \alpha \sqrt{2g(H - h_c)}$$

Ысырманың ашылу мәнін таңдау әдісімен әр түрлі алып өтімді анықтаймыз.

$$a = 0,1 \text{ м болсын, } \frac{a}{H} = \frac{0,1}{4,22} = 0,024$$

$$\varepsilon = 0,615 \text{ қабылдаймыз}$$

$$h_c = a \cdot \varepsilon = 0,1 \cdot 0,615 = 0,0615 \text{ м}$$

$$\mu = \varphi \cdot \varepsilon = 0,95 \cdot 0,0615 = 0,584 \text{ м}$$

$$Q_{\text{св}} = 0,584 \cdot 4,9 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{19,6 \cdot (4,22 - 0,0615)} = 2,58 \text{ м}^3/\text{с} \quad h_c =$$

$h_c = 1 \text{ м}$ аламыз.

Меншікті өтім

$$g = \frac{Q_{\text{св}}}{v_s} = \frac{2,58}{4,9} = 0,53 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$h_c'' = \frac{0,0615}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \frac{0,315^3}{0,0615^3}} - 1 \right] = 0,33 \text{ м}$$

$h_c'' < h_0$, яғни $0,33 < 1$ судың ағысы еріксіз. h_z мәнін анықтаймыз.

$$M = 4\mu^2 d^2 \frac{h_0 - h_c}{h_0 \cdot h_c} = 4 \cdot 0,584^2 \cdot 0,1^2 \frac{1 - 0,0615}{1 \cdot 0,0615} = 0,21$$

$$h_z = \sqrt{h_0^2 - M \left(H_0 - \frac{M}{4} \right)} + \frac{M}{2} = \sqrt{1^2 - 0,21(4,22 + 0,05)} + 0,105 = 0,46 \text{ м}$$

Өтімді анықтаймыз

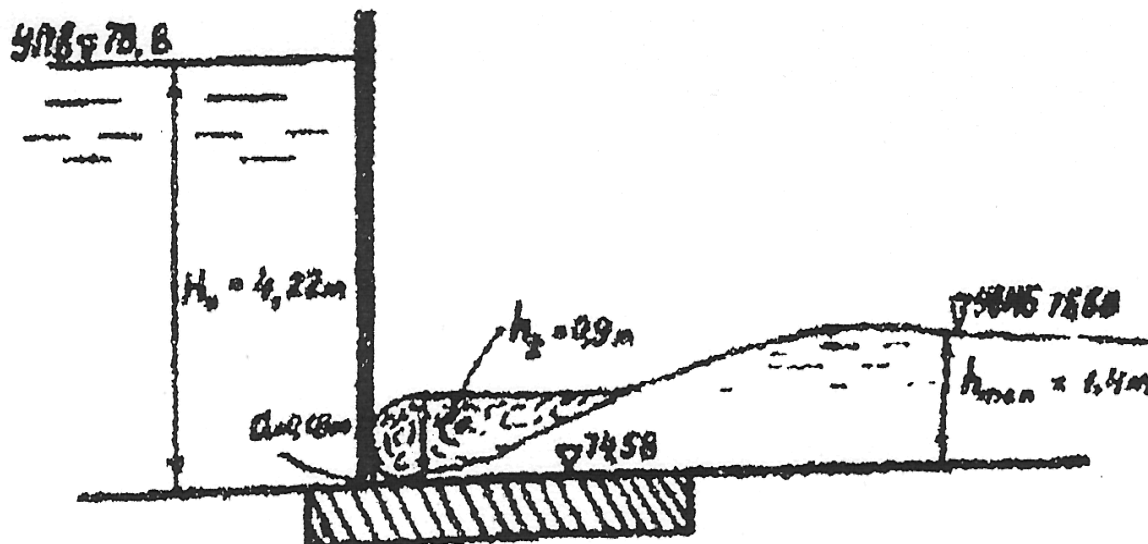
$$Q_{\text{над}} = 0,584 \cdot 4,9 \cdot 4,9 \cdot 0,1 \sqrt{19,6 \sqrt{4,22 - 0,46}} = 2,46 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Барлық есептеулерді 4.2.2 -кестеге жазамыз.

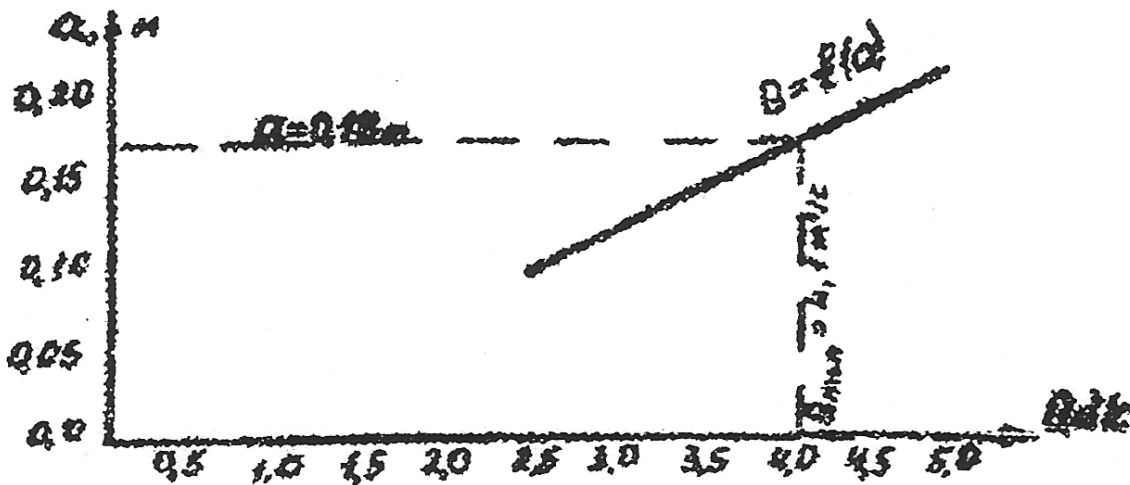
4.2.2-кесте

a_n	a/H	ε	μ	h_c	$Q_{cб}$	$H_б$	q	h^n_c	$\frac{h^n_c}{h_б^n}$	вид	h_x	Q
0,1	0,024	0,584	0,0615	2,58	2,58	1	0,53	0,33	-0,67	Батырылған	0,46	2,46
0,15	0,036	0,58	0,092	3,84	3,84	1,3	1,17	1,17	-0,33	Батырылған	0,82	3,48
0,2	0,047	0,58	0,123	5,08	5,08	1,5	1,34	1,34	-0,16	Батырылған	0,97	4,5,3

Есептелген мәндер бойынша $f(a)$ байланыстылық қисық сызығын тұрғызамыз (2.9-сурет). Қисық сызыққа минималды өтімді $Q_{\text{min}}=4,1 \text{ м}^3/\text{с}$ салып, ысырманың ашылу $a=0,18 \text{ м}$ мәнін аламыз. Минималды өтімді жіберу үшін барлық саңлаулардағы ысырмаларды $a=0,18 \text{ м}$ биіктікке көтеру қажет. Сұйықтың саңлаумәліметтер ағып шығуы батырылған сипатта болады.



4.2.8-сурет. Ысырманың астымен ағу



4.2.9-сурет. Ысырманың ашылу мәнін анықтау

4.2.3 Ағынның төменгі бьефпен жанасуы

Ысырманың астынан ағып шыққан ағынның төменгі бьефпен жанасуының сипаттамасын айқындау үшін, сығылған қимадағы тереңдікті анықтау қажет, ал сомәліметтер кейін онымен жанасатын h_c^n тереңдігін табамыз.

Егер $h_a^n > h_0$ – жанасқан ағын батырыңқы қарғу түрінде болады.

Егер $h_c^n < h_0$ – сығылған қимасымен салыстырғанда ағынның қарғуы төмен орналасқан.

Егер $h_c^n > h_0$ шарты орындалса энергия бәсеңдеткішті есептеу қажет. Берілген есеп жағдайында $h_c < h_0$ орындалады, яғни ағын батырылған. Есеп аяқталды. Бірақ басқа жағдай үшін энергия өшіргішті есептейміз.

б) Практикалық кескіндегі су ағызба.

Су қоймасынан тасқынды $Q_{нов}$ жіберу үшін, бөгеттің бетон бөлігінде ысырмамен жабылатын тесіктер және ағызу бөлігі орнатылған.

Анықталатын шамалар:

1. Екі саңылау арқылы жіберілетін жалпы өтімнің мәнін.

Ысырмалар толығымен ашылған және тесіктер қисық сызықты ағызуы қырлы практикалық кесінді су ағызба (2.3-сурет) ретінде жұмыс істейді.

3. Бөгеттің су ағызу бетонының енін. Ол арқылы $Q_{вод} = Q_{нов} - 2 Q_{оме}$ өтімі өтеді және бөгет өзімен су практикалық кескінді су ағызбаны Кригер-Офицеров координатасында сызылған қисық сызықты ағызу қыры деп есептейміз.

4. Бөгеттегі су ағызбаның кескінін тұрғызамыз (4.2.10-сурет).

Бастапқы мәліметтер

$$Q_{нов} = 1000 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\nabla_3 = 56,8 \text{ м}$$

$$n = 2$$

$$\nabla_4 = 57 \text{ м}$$

$$v_{оме} = 33$$

$$\nabla \text{ ТД} = 76,8 \text{ м}$$

$$\nabla_2 = 78,8 \text{ м}$$

Есептеу:

1. Саңлау арқылы ағатын судың өтімі

$$Q_{омг} = \varepsilon \cdot m \cdot \sigma \sqrt{2gH_0^{3/2}}$$

Мұндағы ε – сығылу коэффициенті, Франсис-Кригер өрнегі бойынша анықталады:

$$\varepsilon = 1 - 0,1n\xi \frac{H_0}{\sigma}$$

Мұндағы ξ – жағадағы тұрақ формасы коэффициенті $\xi = 0,4$

$$\varepsilon = 1 - 0,1 \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot \frac{3}{9} = 0,74$$

$$H_0 = H = НПУ - \nabla_2 = 76,8 - 73,8 = 3 м$$

Мұндағы m – бөгет өтімінің коэффициенті

$$m = 0,36 + 0,1 \frac{2,5 - \frac{S}{H}}{1 + \frac{2S}{H}}$$

Мұндағы S – ағызба табанындағы көлбеу тармақ, жұмыс және жөндеу ысырмаларын орнату үшін қажет

$$S = (1,5 \dots 2)H = 2 \cdot 3 = 6 м$$

Сонда

$$m = 0,36 + 0,1 \frac{2,5 - \frac{6}{3}}{1 + \frac{2 \cdot 6}{3}} = 0,37$$

$$Q_{омг} = 0,74 \cdot 0,37 \cdot 9 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3^{3/2}} = 56,7 м^3 / с$$

2. Су ағызба бөлігінің енін анықтаймыз

$$\sigma_{\sigma\sigma\sigma} = \frac{Q_{\sigma\sigma\sigma}}{m \sqrt{2gH_0^{3/2}}}$$

Су ағызба бөлігінің ені

$$\sigma_{\sigma\sigma\sigma} = \frac{886,6}{0,49 \sqrt{19,62 \cdot 2^{3/2}}} = 14,4 м$$

Мұндағы $H = \nabla УПВ - \nabla ҚТД = 78,8 - 76,8 = 2 м$

3. Кригер-Офицеров координатасында су ағызба бөгетінің кескінін тұрғызу.

4. 4.2-кесте бойынша ағызу қырының кескінін тұрғызамыз, мұнда $H = 1$ м тегеурін кезінде координаталар берілген, бізге кестедегі барлық мәндерді екіге көбейту қажет, яғни $H = 2,0$ м болғандықтан.

4.2 -кесте

$H=1m$	$H=1m$	$H=2m$	$H=2m$	$H=1m$	$H=1m$	$H=2m$	$H=2m$	$H=1m$	$H=1m$	$H=2m$	$H=2m$
x	y	x_1	y_1	x	y	x_1	y_1	x	y	x_1	y_1
0	0,126	0	0,252	1,2	0,394	2,4	0,788	3,4	3,609	6,8	7,218
0,1	0,036	0,2	0,072	1,4	0,564	2,8	1,128	3,6	4,031	7,2	8,062
0,2	0,007	0,4	0,014	1,6	0,764	3,2	1,528	3,8	4,471	7,6	8,942
0,3	0	0,6	0	1,8	0,978	3,6	1,956	4	4,930	8	9,86
0,4	0,007	0,8	0,014	2	1,235	4	2,47	4,5	6,22	9	12,44
0,5	0,027	1	0,054	2,2	1,508	4,4	3,016				
0,6	0,06	1,2	0,12	2,4	1,894	4,8	3,788				
0,7	0,1	1,4	0,2	2,6	2,122	5,2	4,244				
0,8	0,146	1,6	0,292	2,8	2,462	5,6	4,924				
0,9	0,198	1,8	0,396	3	2,824	6	5,648				
1	0,256	2	0,512	3,2	3,207	6,4	6,414				

«В» нүктесінен жоғары ағызу қыры тік сызықты. Ағызу қырының жұмырлану радиусының мәнін 2.3-кестеден алуға болады.

133

4.3-кесте

R, m	H, m тегеурінінде жұмырлану радиусының мәні								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	3	4,2	5,4	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6
20	4	6	7,8		10	11	12,2	13,3	14,3
30	4,5	7,5	9,7		12,4	13,5	14,7	15,8	16,8
40	4,7	8,4	11	8,9	14,5	15,8	17	18	19
				11					
				13					

$r = 6 m$

4.2.4 Энергия өшіргішті есептеу

Бөгет су ағызба бөлігі үшін бьефтермен жанама бойынша есептер жүргізу, секірудің жайылу ұзындығын және су қағар құдықтың тереңдігін және ұзындығын анықтау.

Секірістің жайылу ұзындығын h_c және h' арасындағы тереңдік учаскілеріндегі тірелген қисық сызығының ұзындығымен анықтайды.

Мұндағы h_c – қимадағы сызылған тереңдік
 h' – бірінші жанама тереңдік

Практикалық кескінді ағызбаның табандарының биіктігі:

$$P = \nabla_{КТД} - \nabla_3 = 76,8 - 56,8 = 2 \text{ м}$$

Су ағызбада судың тереңдігі $H=2\text{м}$. Есепті өтім $Q_{\text{бод}}=886,6 \text{ м}^3/\text{с}$

Бөгет ені $b_{\text{бод}} = 144,4 \text{ м}$. Су ағызбаның жеке өтімін бір погон метр үшін анықтаймыз.

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{886,6}{144,4} = 6,14 \text{ м}^3/\text{с}$$

Төмендегі бьефтегі судың тереңдігі:

$$h_6 = \nabla_{ТССД} - \nabla_4 = 60 - 57 = 3 \text{ м}$$

Жоғарғы бьефтің меншікті энергиясын төменгі бьефтің табанына салыстарымалы түрде анықтаймыз:

$$E_0 = P + H = 20 + 2 = 22 \text{ м}$$

Сызылған қима тереңдігін ретпен жуықтау әдісімен өрнегінен анықтайды:

$$q = \phi h_c \sqrt{2g(E_0 - h_c)}$$

Сызылған қима тереңдігі жуықтау әдісімен анықталады.

1-жуықтау

$$h_{c1} = \frac{q}{\phi \sqrt{2gE_0}} = \frac{6,14}{0,95 \cdot 4,43 \sqrt{22}} = 0,31 \text{ м}$$

2-жуықтау

$$h_{c2} = \frac{6,14}{0,95 \cdot 4,43 \sqrt{22 - 0,31}} = 0,313 \text{ м}$$

3-жуықтау

$$h_{c3} = \frac{6,14}{0,95 \cdot 4,43 \sqrt{22 - 0,313}} = 0,31 \text{ м}$$

Есептеуден байқалғаны, тереңдіктердің 1-жанамасы $h_3 = 0,31 \text{ м}$.
Тереңдіктің 2-жанамасын анықтаймыз

$$h_c'' = \frac{h_c'}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{gh_c'^3}} - 1 \right]$$

$$h_c'' = \frac{0,31}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 1,1 \cdot 6,14^2}{9,81 \cdot 0,313}} - 1 \right] = 5,07 \text{ м}$$

$h_c'' > h_{\bar{c}}$, $5,07 > 3$ болғандықтан секіру жайылмалы болады, секірудің жайылу ұзындығын анықтау қажет.

Секіру алдындағы $h_{\bar{c}}'$ тереңдікті анықтау

$$h_{\bar{c}}' = \frac{h_{\bar{c}}}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \frac{\alpha q^2}{gh_{\bar{c}}^3}} - 1 \right]$$

$$h_{\bar{c}}' = \frac{3}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 1,1 \cdot 6,14^2}{9,81 \cdot 3^3}} - 1 \right] = 0,75 \text{ м}$$

$h_c = 0,31 \text{ м}$, $h_{\bar{c}}' = 0,75 \text{ м}$ тереңдіктер аралығында.

$i=0$ ден Бахметьев әдісімен секірудің жайылу ұзындығын анықтаймыз

$$l = \frac{h_{kp}}{i_{kp}} \left\{ (\xi_2 - \xi_1) \cdot \left(n_{k,kp}' - 1 \right)_{kp} - [\varphi(\varepsilon_2) - \varphi(\varepsilon_1)] \right\}$$

Мұндағы h_{kp} – аумалы тереңдік
 i_{kp} – аумалы еңіс

$$\mu = \frac{h}{h_{kp}}$$

Тік бұрышты арна үшін

$$h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{\alpha g}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 6,14^3}{9,81}} = 1,6 \text{ м}$$

Аумалы еңіс

$$i_{kp} = \frac{Q^2}{W_{kp}^2 C_{kp}^2 R_{kp}}$$

Мұндағы W_{kp} ; C_{kp} ; R_{kp} ; W ; C ; R ; сәйкес, егер $h=h_{kp}$

$$W_{kp} = \alpha h_{kp} = 144,4 \cdot 1,6 = 231 \text{ м}^2$$

$$\chi_{kp} = 2 h_{kp} + \alpha = 2 \cdot 1,6 + 144,4 = 147,6 \text{ м}$$

$$R_{kp} = \frac{W_{kp}}{\chi_{kp}} = \frac{231}{147,6} = 1,56 \text{ м}$$

$$C_{kp} = \frac{1}{n} R_{kp}^{1/6} = \frac{1}{0,014} 1,56^{1/6} = 0,0016$$

Мұндағы n – кедір-бұдырлық коэффициенті, бетон үшін 0,014

$$i_{kp} = \frac{886,6^2}{231^2 \cdot 76,4^2 \cdot 1,56} = 0,0016$$

Параметрлер

$$j = \frac{\alpha \cdot i_{kp} \cdot e^2 B}{g \chi_1} = \frac{1,1 \cdot 0,0016 \cdot 57,86^2 \cdot 144,4}{9,81 \cdot 145,02} = 0,6$$

$$W_1 = \epsilon h_1 = 144,4 \cdot 0,31 = 44,76 \text{ м}^2$$

$$W_2 = \epsilon h_2 = 144,4 \cdot 0,75 = 108,3 \text{ м}^2$$

$$\chi_1 = \epsilon + 2 h_1 = 144,4 + 2 \cdot 0,31 = 146,02 \text{ м}$$

$$\chi_2 = \epsilon + 2 h_2 = 144,4 + 2 \cdot 0,75 = 145,9 \text{ м}$$

$$R_1 = \frac{W_1}{\chi_1} = \frac{44,76}{145,02} = 0,3 \text{ м}$$

$$R_2 = \frac{W_2}{\chi_2} = \frac{108,3}{145,02} = 0,74 \text{ м}$$

$$C_1 = \frac{1}{0,014} 0,3^{1/6} = 57,86 \text{ м}^{0,5} / \text{с}$$

$$C_2 = \frac{1}{0,014} 0,74^{1/6} = 67,86 \text{ м}^{0,5} / \text{с}$$

$$P_{k.kp2} = \frac{\alpha i_{kp} \cdot c_2^2 \cdot B}{g \chi_2} = \frac{1,1 \cdot 0,0016 \cdot 67,86^2 \cdot 144,4}{9,81 \cdot 145,9} = 0,8$$

$$P_{k.kp2}' = \frac{n'_{k.kp1} + n'_{k.kp2}}{2} = \frac{0,6 + 0,8}{2} = 0,7$$

$$\xi_1 = \frac{h_1}{h_{kp1}} = \frac{0,31}{1,6} = 0,19$$

$$\xi_2 = \frac{h_2}{h_{kp}} = \frac{0,75}{1,6} = 0,468$$

Егер ξ мәні $0 < \xi < 1,3$ аралығында жатса, арнаның гидравликалық көрсеткішін $x=4$ деп қабылдаймыз.

9-4кесте /3/ бойынша тереңдік функциялары

$$\varphi(\xi_1) = 0,2,$$

$$\varphi(\xi_2) = 0,47$$

$$l = \frac{1,6}{0,0016} \{0,468 - 0,19 \cdot (1 - 0,7) - (0,47 - 0,2)\} = 187 \text{ м}$$

Сафранец өрнегі бойынша секіріс жойылу ұзындығы

$$l_{kp} = 4,5 \cdot 5,07 = 22,8 \text{ м}$$

Секіру учаскісінен кейінгі ұзындық

$$l_{nn} = 20 \cdot h_0 = 20 \cdot 3 = 60 \text{ м}$$

Тасқынды ағынның толық ұзындығы

$$L = l_{kp} + l + l_{nn} = 22,8 + 187 + 60 = 269,8 \text{ м}$$

Алынған ұзындық бекіту үшін өте үлкен болғандықтан, су қағар құдықты жобалаймыз.

Құдықтың тереңдігін анықтаймыз

$$d_k = \delta h_a'' - h_0 \cdot \Delta z$$

Мұндағы δ – қор коэффициенті, $\delta = 1,05 \dots 1,1$

Δz – ағынның су қағар құдықтан арнаның төменгі бьефна кірерде пайда болатын күрт төмендеу, $\Delta z \approx 0$ деп аламыз.

$$\text{Сонда } d_k = 1,05 \cdot 5,07 - 3 = 2,32 \text{ м}$$

Тексеру жүргіземіз. Жоғарғы бьефтағы меншікті энергия құдықтың түбіне қарағанда, $E_0 = E_0 + d_k = 22 + 2,32 = 24,32 \text{ м}$

Бірінші жанама тереңдігі

$$h_c' = \frac{q}{\varphi \sqrt{2g(E_0 - h_c')}} = \frac{6,14}{0,95 \cdot 4,43 \cdot 4,69} = 0,31$$

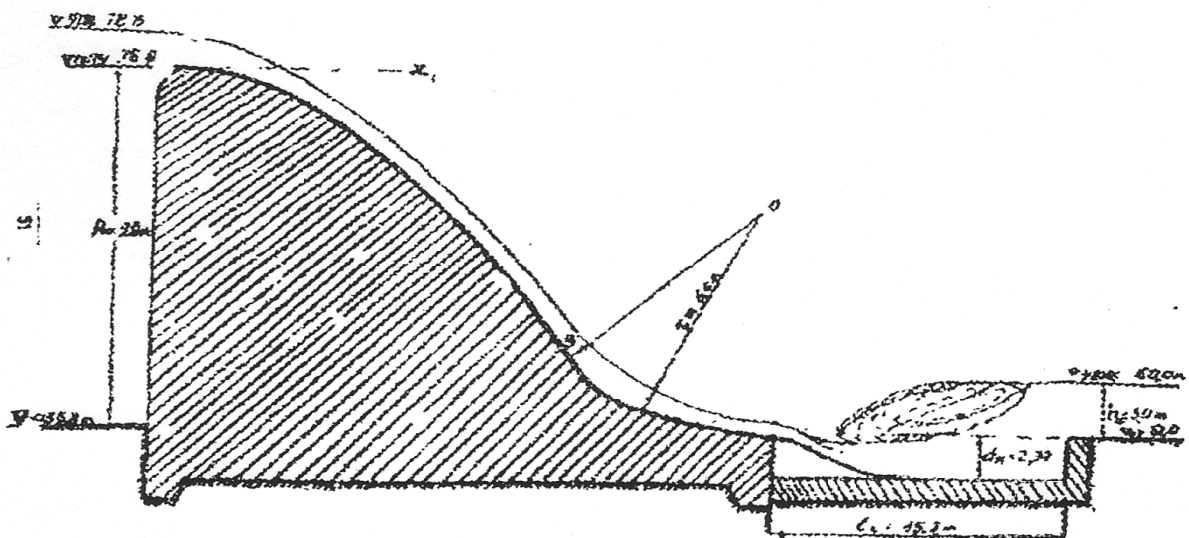
Екінші жанама тереңдігін анықтаймыз:

$$h_c'' = \frac{0,31}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 1,1 \cdot 6,14^2}{9,81 \cdot 0,31^3}} - 1 \right] = 5,07$$

Есеп дұрыс орындалған. Су қағар құдығының ұзындығы

$$l_{куд} = 3h_c'' = 3 \cdot 5,07 = 15,2$$

2.10-суретте су қағар құбырының құрылысы көрсетілген.



4.10-сурет. Суағызба бөлігінің кескіні

4.3 ЖАПСАРЛЫ ҚҰРЫЛЫСТАРДЫ ЕСЕПТЕУ

Жапсарлы құрылымдар: құламалар, тезаққыштар, консольды қашыртқылар, каналдардың жапсарлы бьефтер үшін арналған науалар және деңгейлерінің өзгеруі бар басқа су ағызғыштар.

4.3.1. Тезаққышты гидравликалық есептеу

Тезаққыштар еңісі аумалылықтан жоғары жасанды арна-науамәліметтер тұрады.

Құрылымның әр элементінің гидравликалық параметрлері мен өлшемдерін анықтау қажет.

Кіру бөлігі

Науаны

Шығу бөлігі

Бастапқы берілімдер

$$Q_0 = 8,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_0 = 0,65 \text{ м}$$

$$n = 0,014$$

$$H-h_0 = 1,965 \text{ м}$$

$$H = 6 \text{ м}$$

Құрылым бетоннан жасалған

а) Кіру бөлігі көлбеу учаскідей тік бұрышты қимада орындалған және кең табанды су ағызбай жұмыс істейді (табан биіктігі $P = 0$). Кіру бөлігінің табан бойы, енін және тезаққыш басындағы тереңдігі анықтауға есептеу жүргіземіз.

Батырмаған су ағызбада бүйір сығылуларын есепке алып өтімді мына өрнек бойынша есептейміз.

$$Q = \varepsilon_m \varepsilon_{ex} \sqrt{2nH_0}$$

Мұндағы $\varepsilon = 0,95$ – бүйір сығылу коэффициенті

$m = 0,35$ – кең табанды су ағызбада өтім коэффициенті

$P = 0$ және $v/B = 0,8$ болғанда, $v_{вк}$ – кіру бөлігінің ені:

$$\varepsilon_{ex} = \frac{Q}{\varepsilon m \sqrt{2gH_0^{3/2}}}$$

Мұндағы

$$H = H + \frac{\alpha V_0^2}{2g} = 1,965 + \frac{1,1 \cdot 0,65^2}{19,62} = 2,0 \text{ м}$$

$$\varepsilon_{ex} = \frac{8,2}{0,95 \cdot 0,35 \cdot 4,43 \cdot 2^{3/2}} \approx 2,0$$

Науа басындағы тереңдік аумалыққа тең деп қабыламәліметтер ады.

$$h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}}$$

Мұндағы q – меншікті өтім 1 погон метрге.

$$q = \frac{Q_0}{e_{ex}} = \frac{8,2}{2} = 4,1 \text{ м}^2 / \text{с}$$

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 4,1^2}{9,81}} = 1,21$$

б) Тезаққыш науасын есептеу

Магистралды каналдың жеткізу бөлігінде тереңдігі $h_0=1,965$ м бірқалыпты тыныштықты қозғалыс орын алған. Тезаққыш науасында су тереңдігі $h_{кр}=1,24$ бірқалыпсыз қозғалыста. Науа қимасы тікбұрыш.

Тезаққыштың ұзындығын және еңісін анықтап, су бетінің қисық сызық сипатын және науа соңындағы ағын тереңдігін табу қажет.

Тезаққыштың еңісі:

$$i = \frac{H}{l} = \frac{6}{100} = 0,06$$

Мұндағы $l = 100$ – $ГК_x$ және $ГК_{x+1}$ арасындағы ара-қашықтық (тезаққыш науасының көлбеу проекциясы).

Тезаққыш ұзындығын сызба геометрия мәліметтер анықтаймыз

$$l_0 = \sqrt{(H)^2 + (l')^2} = \sqrt{6^2 + 100^2} \cong 100$$

Су бетінің қисық сызығының сипатын және ағын күйін табу үшін, тезаққыш науасындағы нормалды тереңдікті анықтау қажет.

$h=0,3$ береміз.

$$W = e_{ex} \cdot h = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ м}^2$$

$$\chi = e_{ex} + 2h = 2 + 2 \cdot 0,3 = 2,6 \text{ м}$$

$$R = \frac{W}{\chi} = \frac{0,6}{2,6} = 0,23$$

$$R^{1/6} = 0,23^{1/6} = 0,78 \text{ м}$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} = \frac{1}{0,014} \cdot 0,78 = 55,74 \text{ м}^{0,5} / \text{с}$$

$$V = C \sqrt{Ri} = 55,74 \cdot \sqrt{0,23 \cdot 0,06} = 6,54 \text{ м} / \text{с}$$

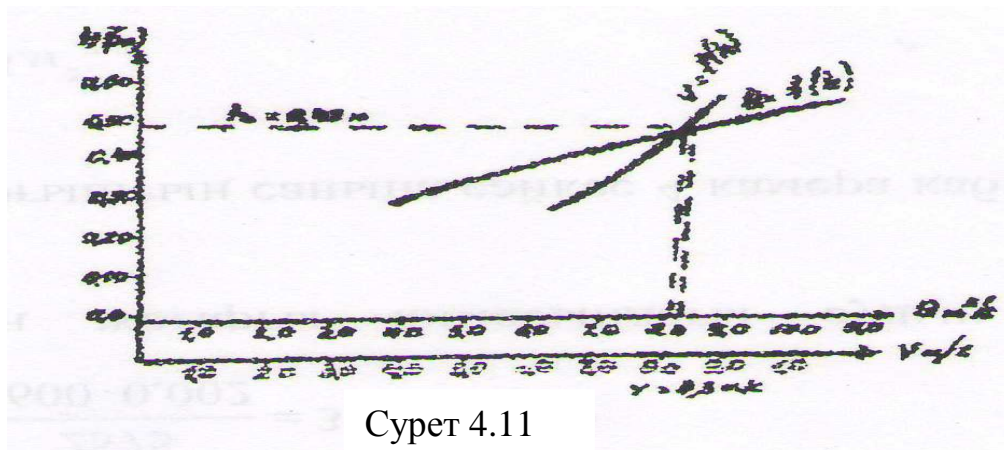
$$Q = WC \sqrt{Ri} = 0,6 \cdot 6,54 = 3,94 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Есептеу кесте түрінде жүрігіледі.

4.3.1-кесте

h, м	W, м ²	χ, м	R, м	R ^{1/6}	C, м ^{0,5} /с	V, м/с	Q, м ³ /с
0,3	0,6	2,6	0,23	0,78	55,71	6,54	3,94
0,4	0,8	2,8	0,29	0,81	57,86	7,63	6,1
0,5	1	3	0,33	0,83	59,4	8,35	8,35
0,6	1,2	3,2	0,375	0,84	60	9	10,8

Алынған мәліметтер бойынша $h=f_0(Q)$ және $h=f_0(V)$ байланыстарының графиктерін тұрғызамыз (4.11-сурет).



Сурет 4.11

Графиктер бойынша $h_0=0,49$ м науадағы қалыпты тереңдік , $V=8,3$ м тезаққыш науадағы жылдамдық. Тезаққыш науасы бойынша ағын қозғалысын рұқсат етілген жылдамдығын бетоннің шайылмау шартымен $V_p \leq 12$ м қабылдаймыз. Алынған жылдамдық $V=8,3$ м шартты қанағаттандырады.

Су беттегі қисық сызықтың сипатын анықтау үшін аумалы еңісті қажет:

$$i_{kp} = \frac{V_{kp}^2}{C_{kp}^2 \cdot R_{kp}}$$

$$V_{kp}^2 = \frac{Q_0}{W_{kp}} = \frac{8,2}{2,48} = 3,3 \text{ м}^2/\text{с}$$

$$W_{kp} = (\epsilon_x \cdot h_{kp}) = 2 \cdot 1,24 = 2,48 \text{ м}^2$$

$$\chi_{kp} = \epsilon + 2h = 2 + 2 \cdot 1,24 = 4,48 \text{ м}^2$$

Аумалы еңіс

$$i_{kp} = \frac{3,3^2}{64,28^2 \cdot 0,55} = 0,0048$$

$$i_{kp} < i_p, 0,0048 < 0,06$$

$$h_{kp} > h_0, 1,24 > 0,49 \text{ м}$$

болғандықтан науадағы ағын асау күйде болады.

B_1 типіндегі төмендеу сызығы түзіледі.

в) Павлов әдісін қолмәліметтеріп төмендеу сызығын есептеу

Есептеу тереңдігіне мыналарды қабылдаймыз

$$h_1 = h_{kp} = 1,24 \text{ м}; h_2 = h_{ол} \cdot 0,995 = 0,49 \cdot 0,995 = 0,488 \text{ м}$$

Негізгі теңдеу:

$$l = \frac{1}{\alpha i} \{ \chi_2 - \chi_1 - (1 - j_{cp}) \cdot [n(\chi_2) - n(\beta_1)] \}$$

Мұнда i – тезаққыштың табанының еңісі $i=0,06$;

l – тезаққыштың ұзындығы;

χ_1 және χ_2 - салыстырмалы өтімдік сипаттамалар;

j – тезаққыштың ұзына бойындағы кинетикалық жнергиясында ескеретін коэффициент.

Шешімі:

$$\omega = B_1 \cdot h_1 = 2 \cdot 1,24 = 2,48 \text{ м}^2$$

$$\omega_2 = B \cdot h_2 = 2 \cdot 0,488 = 0,976 \text{ м}^2$$

$$\chi_2 = B + 2h_1 = 2 + 2 \cdot 1,24 = 4,48 \text{ м}$$

$$\chi_1 = B + 2h_2 = 2 + 2 \cdot 0,488 = 2,976 \text{ м}$$

$$\chi_{cp} = 3,73 \text{ м}$$

$$R_2 = \frac{2,48}{4,48} = 0,55 \text{ м}$$

$$R_1 = \frac{0,976}{2,976} = 0,33 \text{ м}^3$$

$$C_2 = \frac{1}{0,014} \cdot 0,55^{1/6} = 64,28 \text{ м}^{0,5} / \text{с}$$

$$C_1 = \frac{1}{0,014} \cdot 0,33^{1/6} = 59,0 \text{ м}^{0,5} / \text{с}$$

$$C_{cp} = 61,6 \text{ м}^{0,5} / \text{с}$$

$$K_2 = 2,48 \cdot 64,28 \cdot \sqrt{0,55} = 118,22 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$K_1 = 0,976 \cdot 59,0 \cdot \sqrt{0,33} = 33,08 \text{ м}^{0,5} / \text{с}$$

$$K_0 = \frac{8,2}{\sqrt{0,06}} = 33,47 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$\chi_2 = \frac{118,22}{33,47} = 3,53$$

$$\chi_1 = \frac{33,08}{33,47} = 0,988$$

$$П(\chi_2) = 0,294$$

$$П(\chi_1) = 2,544$$

$$j_{cp} = \frac{1,1 \cdot 61,6^2 \cdot 0,06 \cdot 2}{9,81 \cdot 3,73} = 13,62$$

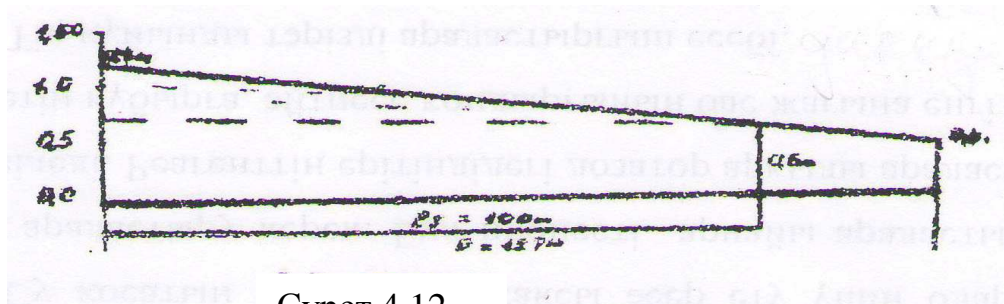
$$\alpha = \frac{3,53 - 0,988}{1,24 - 0,488} = 3,38$$

Төмендеу сызығының ұзындығы

$$I = \frac{-0,988 + 3,53 - (1 - 13,62 \cdot [2,544 - 0,294])}{3,38 \cdot 0,06} = 127 \text{ м}$$

Төмендеу сызығының ұзындығы тезаққыш астаудың ұзындығынан артық болып шыққандықтан $127 > 100$ интерполяция жасау керек (4.12-сурет).

Интерполяция жасаудың нәтижесінде тезаққыш астаудың соңындағы тереңдік $h_{кон} = 0,6м$ болады.



Сурет 4.12

г) Шығу бөлігін есептеу

Шығу бөлігі бетондалған төртбұрышты болып келеді.

Есептеулер жүргізу арқылы энергия өшіргіштің өлшемдерін, су тоқтатқыш құдықтың ұзындығын және тереңдігін анықтауымыз керек.

Құдықтың тереңдігі

$$d_k = \delta \cdot h_c'' - (h_0 + \Delta Z)$$

Мұнда $\delta = 1,05 \pm 1,1$ – қосымша коэффициент;

ΔZ – ағыстың су тоқтатқыш құдықтан төменгі бьефтің арнасына шыққан кездегі деңгейдің төмендеуі

$$\Delta Z = \frac{q^2}{2\varphi^2 g h_0} = \frac{4,1^2}{2 \cdot 1^2 \cdot 9,81 \cdot 1,965^2} = 0,22м$$

Екінші жапсарлас тереңдікті анықтаймыз

$$h_c'' = \frac{h_{кон}}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{\alpha 8 q^2}{g h_{кон}^3}} - 1 \right] = \frac{0,6}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{1,1 \cdot 8 \cdot 4,1^2}{9,81 \cdot 0,6^3}} - 1 \right] = 2,22м$$

$h_c'' > h_0$ күйінен яғни $2,2 > 1,965$ болғандықтан су өшіргіш керек.

$$d_k = 1,05 \cdot 2,22 - (1,965 + 0,22) = 0,146м$$

Құдық бар болған жағдайда меншікті энергия көбейеді де, ол мынаған тең болады:

$$E = h_{кон} + \frac{\alpha V_1^2}{2g} + d_k = 0,6 + 2,62 + 0,146 = 3,36м$$

Мұнда $\frac{\alpha V_1^2}{2g}$ - тереңдігі төмендегідей болатын қимадағы жылдамдықтың

тегеуріні, $h_{кон} = 0,6м$, бұл кездегі жылдамдық

$$V = \frac{Q_0}{\nu h_{кон}} = \frac{8,2}{2 \cdot 0,6} = 6,83м/с$$

$$\frac{\alpha V_1^2}{2g} = \frac{1,1 \cdot 6,83^2}{2 \cdot 9,81} = 2,62м$$

Қысылған қиманың тереңдігін анықтап бірінші жанама тереңдікті мәні есебінде қабылдаймыз.

$$h_c'' = \frac{q}{\varphi \sqrt{2g(E_0 - h_c')}} = \frac{4,1}{0,9 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,366}} = 0,56 \text{ м}$$

$$h_2' = \frac{4,1}{0,9 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,356 - 0,56}} = 0,61 \text{ м}$$

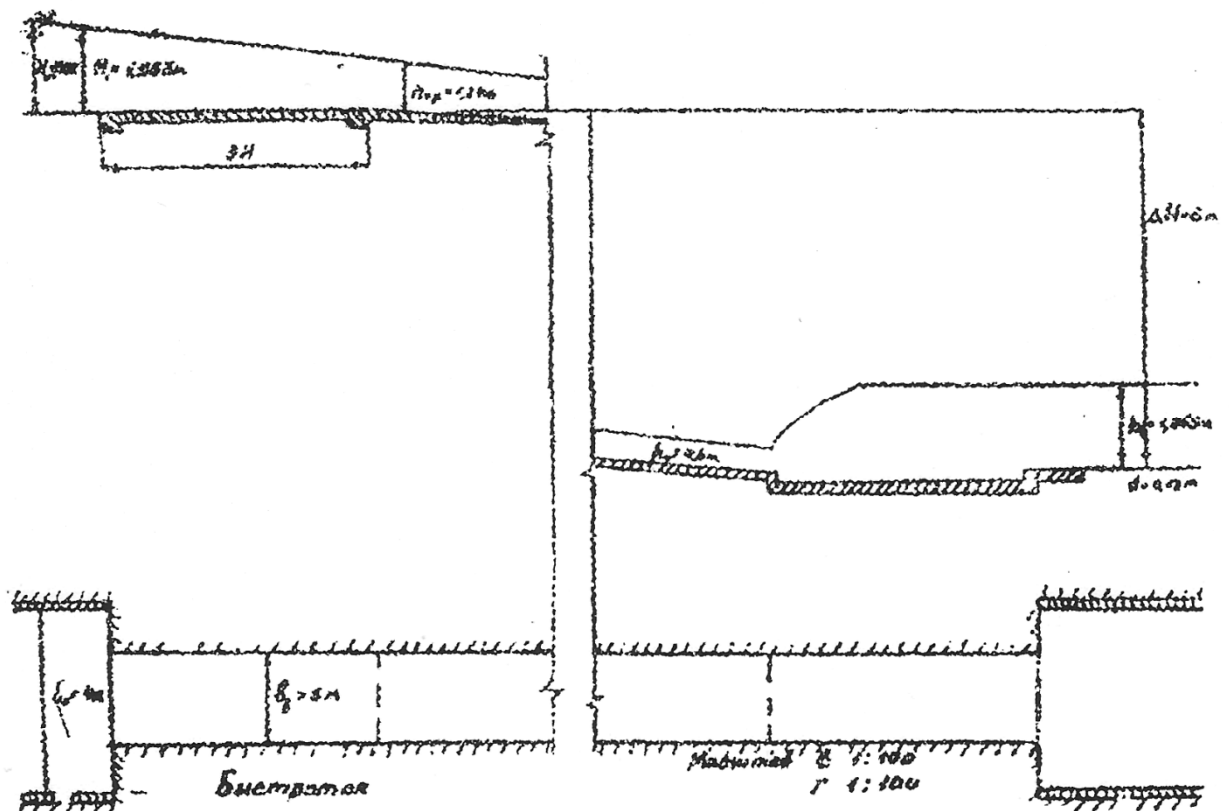
$$h_3' = \frac{4,1}{0,9 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,366 - 0,61}} = 0,61 \text{ м}$$

Екінші жапсарлас тереңдік

$$h_c'' = \frac{0,61}{2} = \left[\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 1,1 \cdot 4,1^2}{9,81 \cdot 0,61^3}} - 1 \right] = 2,2 \text{ м}$$

Құдықтың тереңдігін $d_k = 0,13 \text{ м}$ деп аламыз. Құдықтың ұзындығын төмендегі тереңдікпен анықтаймыз.

$$l = 2,5(1,9h_c'' - h') = 2,5 \cdot (1,9 \cdot 2,2 - 0,61) = 8,9 \text{ м}$$



Сурет 4.13-Шығу бөлігін есептеу

4.3.2. Төмен түсуді гравликалық есептеу

Сатылы төмен түсу кіруден, сатылаулармәліметтер және шығатын жерден тұрады. Төмен түсудегі кіретін бөліктің қызметі есептелген су өтімін ғимарат арқылы өткізу. Су алып келетін каналдың шарттары бойынша.

Бастапқы берілімдер:

$$\Delta H = 6,0 \text{ м}; h_{\max} = 2,12 \text{ м}; h_{\min} = 1,35 \text{ м}; n = 0,0225$$

$$n = 0,014; v_k = 4,0 \text{ м}; m_k = 1,25; h_0 = 1,965 \text{ м}; m_k = 0,45;$$

$$Q_{\max} = 9,43 \text{ м}^3 / \text{с}; V_{\max} = 0,67 \text{ м} / \text{с}$$

а) Кіру бөлігін есептеу

Төмен түсудің кіру бөлігін саңылаумәліметтер су ағызуға ұқсас жолмен есептейді. Саңылаумәліметтер су ағызуды есептеген кезде саңылаудың санын n' , саңылаудың қиыстық коэффициентін m' , және саңылаудың табанының енін $v_{ш}-ді$ анықтайды

Саңылаудың саны

$$n' = \frac{v_k}{(1,25 + 1,50)h_{\max}} = \frac{4}{1,25 \cdot 2,12} = 2шт$$

Әкелетін каналдағы судың бірқалыпты қозғалысын барынша бұзбау мақсатымен есептелген тереңдіктерге мыналарды қабылдап:

$$h_1 = h_{\max} - 0,25(h_{\max} - h_{\min}) = 2,12 - 0,25 \cdot (2,12 - 1,35) = 1,93 м$$

$$h_2 = h_{\min} + 0,25(h_{\max} - h_{\min}) = 1,35 + 0,25 \cdot (2,12 - 1,35) = 1,54$$

Табылған h_1 және h_2 тереңдіктерінде бірқалыпты қозғалыстың өрнектері бойынша су өтімдері табылады.

$$Q = \omega_1 c_1 \sqrt{R_1 i};$$

$$\omega_1 = (v + 2h_1)2h_1 = (4 + 1,25 \cdot 1,93)1,93 = 12,4 м^2;$$

$$\chi_1 = v + 2h_1 \sqrt{1 + m^2} = 4 + 2 \cdot 1,93 \cdot \sqrt{1 + 1,25^2} = 10,2 м;$$

$$R_1 = \frac{\omega_1}{\chi_1} = \frac{12,4}{10,2} = 1,21 м$$

$$R_1^{1/6} = 1,21^{1/6} = 1,03 м;$$

$$c_1 = \frac{1}{n} R_1^{1/6} = \frac{1}{0,0025} \cdot 1,03 = 45,8 м^{0,5} / c;$$

$$Q_1 = 12,4 \cdot 45,8 \sqrt{1,21 \cdot 0,00016} = 1,9 м^3 / c;$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{\omega_1} = \frac{7,9}{12,4} = 0,637 м / c;$$

$$Q_2 = \omega_2 c_2 \sqrt{R_2 i};$$

$$\omega_2 = (v + 2h_2)2h_2 = (4 + 1,25 \cdot 1,54)1,54 = 9,1 м^2;$$

$$\chi_2 = v + 2h_2 \sqrt{1 + m^2} = 4 + 2 \cdot 1,54 \cdot \sqrt{1 + 1,25^2} = 8,93 м;$$

$$R_2 = \frac{\omega_2}{\chi_2} = \frac{9,1}{8,93} = 1,02 м;$$

$$R_2^{1/6} = 1,02^{1/6} = 1,0 м;$$

$$c_2 = \frac{1}{n} R_2^{1/6} = 44,4 м^{0,5} / c;$$

$$Q_2 = 9,1 \cdot 44,4 \sqrt{1,02 \cdot 0,00016} = 5,16 м^3 / c;$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{\omega_2} = \frac{5,16}{9,1} = 0,567 м / c$$

Су жібергіш алдындағы тегеуріні

$$H_1 = h_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = 1,93 + \frac{1,1 \cdot 0,637^2}{19,62} = 1,95 \text{ м};$$

$$H_2 = h_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} = 1,54 + \frac{1,1 \cdot 0,567^2}{19,62} = 1,56 \text{ м};$$

$$v'_{cp} = \frac{\frac{Q_1}{n}}{m \sqrt{2gH_1^{3/2}}} = \frac{\frac{7,9}{2}}{0,46 \cdot 4,43 \cdot 1,95^{3/2}} = 0,728 \text{ м};$$

$$v''_{cp} = \frac{n}{m \sqrt{2gH_2^{3/2}}} = \frac{2}{0,46 \cdot 4,43 \cdot 1,56^{3/2}} = 0,665 \text{ м};$$

$$v_{ц} = \frac{H_1 v'_{cp} - H_2 v''_{cp}}{H_1 - H_2} = \frac{1,95 \cdot 0,728 - 1,56 \cdot 0,665}{1,95 - 1,56} = 0,97 \text{ м}$$

Еңістік коэффициенті

$$m' = 1,85 \frac{v'_{cp} - v''_{cp}}{H_1 - H_2} = 1,25 \frac{0,728 - 0,665}{1,95 - 1,56} = 0,2$$

Су жібергіштің жалпы ені

$$B = n' v_{ц} = 2n' m' (h_{max} + a_1) + 2a_2 = 2 \cdot 0,97 + 2 \cdot 2 \cdot 0,2(2,12 + 0,1) + 2 \cdot 0,2 = 3,72 \text{ м}$$

Мұнда $a_1 = 0,1 \text{ м}$ – кіре берістегі максимальді тереңдіктің үстінде тұрған еңістік қоры.

$a_2 = 0,2 \text{ м}$ – саңылаулардың жоғарғы жағымен алғандағы арақашықтық.

Келесі есептеулерде саңылаулы су жібергіш пен каналдың ені тең қабылдайды $v_{к} = d_{ц} = 4,0 \text{ м}$.

б) Сатыларды есептеу

Әрбір сатылардың биіктігі $P_{cm} = (1 \div 3) \text{ м}$ деп есептеп, сатылардың санын анықтайды.

$P_{cm} = 1,5 \text{ м}$ болғанда, сатылардың саны

$$n = \frac{\Delta H}{P_{cm}} = \frac{6,0}{1,5} = 4 \text{ саты}$$

Бірінші сатыны есептеу

Сатылар үшін есептелген су өтімі $Q_{max} = 9,43 \text{ м}^3/\text{с}$. Төмен түсетін жерге жақындау жылдамдығы

$$V_0 = \frac{Q_{max}}{\omega} = \frac{9,43}{(4 + 1,25 \cdot 2,12)2,12} = 0,67 \text{ м/с}$$

Тегеурін

$$H_0 = h_{max} + \frac{\alpha V_{max}^2}{2g} = 2,12 + \frac{1,1 \cdot 0,67^2}{19,62} = 2,14 \text{ м};$$

Бірінші сатының деңгейіне сай келетін энергия

$$E_0 = H_0 + P_{cm} = 2,14 + 1,5 = 3,64 м;$$

Меншікті энергия

$$q = \frac{Q_{\max}}{b} = \frac{9,43}{4} = 2,36 м/с;$$

Қысылған қимадағы тереңдік

$$h_{c_1} = \frac{q}{\varphi \sqrt{2gE_0}} = \frac{2,36}{0,95 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,64}} = 0,294 м;$$

Кезектеп жуықтау әдісі арқылы қысылған қиманың тереңдігін нақтыланады.

$$h_{c_2} = \frac{2,36}{0,95 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,64 - 0,297}} = 0,307 м;$$

$$h_{c_3} = \frac{2,36}{0,95 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,64 - 0,307}} = 0,307 м$$

Алынған $h_{c_3} = 0,307 м$ -ді гидравликалық қарғудың бірінші жапсарлас тереңдігі деп алып екінші жапсарлас тереңдікті анықтаймыз.

$$h_c'' = \frac{h_c'}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{gh_c'^3}} - 1 \right] = \frac{0,307}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 1,1 \cdot 2,36^2}{9,81 \cdot 0,307^3}} - 1 \right] = 1,87 м;$$

Су тоқтатын қабырғаның биіктігі

$$P_{cm} = \delta h_c'' - H_1$$

Мұнда H_1 – қабырғадағы тегеурін.

$$H_1 = H_c - \frac{\alpha V_0^2}{2g}$$

Сатыдағы су жылдамдығы

$$V_{0_1} = \frac{q}{\alpha h_c''} = \frac{2,36}{1,05 \cdot 1,87} = 1,2 м/с;$$

$$H_{0_1} = \left(\frac{q}{m \sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{2,36}{0,42 \cdot 4,43} \right)^{2/3} = 1,17 м;$$

$$H_1 = 1,17 - \frac{1,1 \cdot 1,2}{19,62} = 1,09 м$$

Қабырғаның биіктігі

$$P_{стенки} = \delta h_c'' - H_1 = 1,05 \cdot 1,37 - 1,09 = 0,87 м;$$

Су тоқтататын құдықтың тереңдігі

$$l_k = l_{над} + l_{np}$$

$$l_{над} = 1,64 \sqrt{H_0 (P_{cm} + 0,2 H_0)} = 1,64 \sqrt{2,14 (1,5 + 0,2 \cdot 2,14)} = 3,33 м;$$

$$l_{np} = 3 h_c'' = 3 \cdot 1,87 = 5,61 м;$$

Құдықтың жалпы ұзындығы

$$l_k = 3,33 + 5,61 = 8,94 м;$$

Екінші сатыны есептеу

Екінші сатының түбімен салыстырғандағы бірінші сатының меншікті энергиясы

$$E_{0_1} = H_{0_1} + P_{\text{ступени}} + P_{\text{стенки}} = 1,17 + 1,5 + 0,87 = 3,54 \text{ м}$$

$$h_{c_1} = \frac{q}{\varphi_1 \sqrt{2gE_0}} = \frac{2,36}{0,95 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,54}} = 0,3 \text{ м}$$

$$h_{c_2} = \frac{2,36}{0,95 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,54 - 0,3}} = 0,31 \text{ м};$$

$$h_{c_3} = \frac{2,36}{0,95 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,54 - 0,31}} = 0,31 \text{ м};$$

Екінші жапсарлас тереңдік

$$h_c'' = \frac{h_{c_3}}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{gh_{c_3}^3} - 1} \right] = \frac{0,31}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 1,1 \cdot 2,36^2}{9,81 \cdot 0,31^3} - 1} \right] = 1,86 \text{ м};$$

Екінші су тоқтату қабырғасының биіктігі

$$P_{\text{стенки}} = \delta h_c'' - H_2; \delta h_c'' = 1,05 \cdot 1,36 = 1,95 \text{ м};$$

$$V_{0_2} = \frac{q}{\delta h_0''} = \frac{2,36}{1,95} = 1,21 \text{ м/с};$$

$$H_2 = H_{0_2} - \frac{\alpha V_{0_2}'^2}{2g};$$

$$H_{0_2} = \left(\frac{q}{m\sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{2,36}{0,42 \cdot 0,43} \right)^{2/3} = 1,17 \text{ м};$$

$$H_2 = 1,17 - \frac{1,1 \cdot 1,21^2}{19,62} = 1,09 \text{ м};$$

Қабырғаның биіктігі $P_2 = 1,95 - 1,09 = 0,86$ м. Су тоқтатқыш құдықтың ұзындығы

$$l_{\text{над}} = 1,64 \sqrt{1,17(2,37 + 0,24 \cdot 1,17)} = 2,89 \text{ м};$$

$$l_{\text{пр}} = 3h_c'' = 3 \cdot 1,86 = 5,58 \text{ м};$$

$$\varepsilon_{\kappa} = 2,89 + 5,58 = 8,47 \text{ м};$$

$$E_0 = H_{0_2} + P_{2\text{стенки}} + P_{\text{ступени}} = 1,17 + 0,86 + 1,5 = 3,53 \text{ м};$$

Үшінші сатының да есептелуі жоғарғыдағыдай, сондықтан соңғы сатыны есептейміз.

Төртінші сатыны есептеу

$$E_0 = H_{0_2} + P_{2\text{стенки}} + P_{\text{ступени}} = 1,17 + 0,86 + 1,5 = 3,53 \text{ м};$$

Қысылған тереңдік

$$h_{c_1} = \frac{2,36}{0,95 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,53}} = 0,299 \text{ м}$$

$$h_{c_2} = \frac{2,36}{0,95 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,54 - 0,299}} = 0,31 \text{ м};$$

$$h_{c_3} = \frac{2,36}{0,95 \cdot 4,43 \cdot \sqrt{3,54 - 0,31}} = 0,31 \text{ м};$$

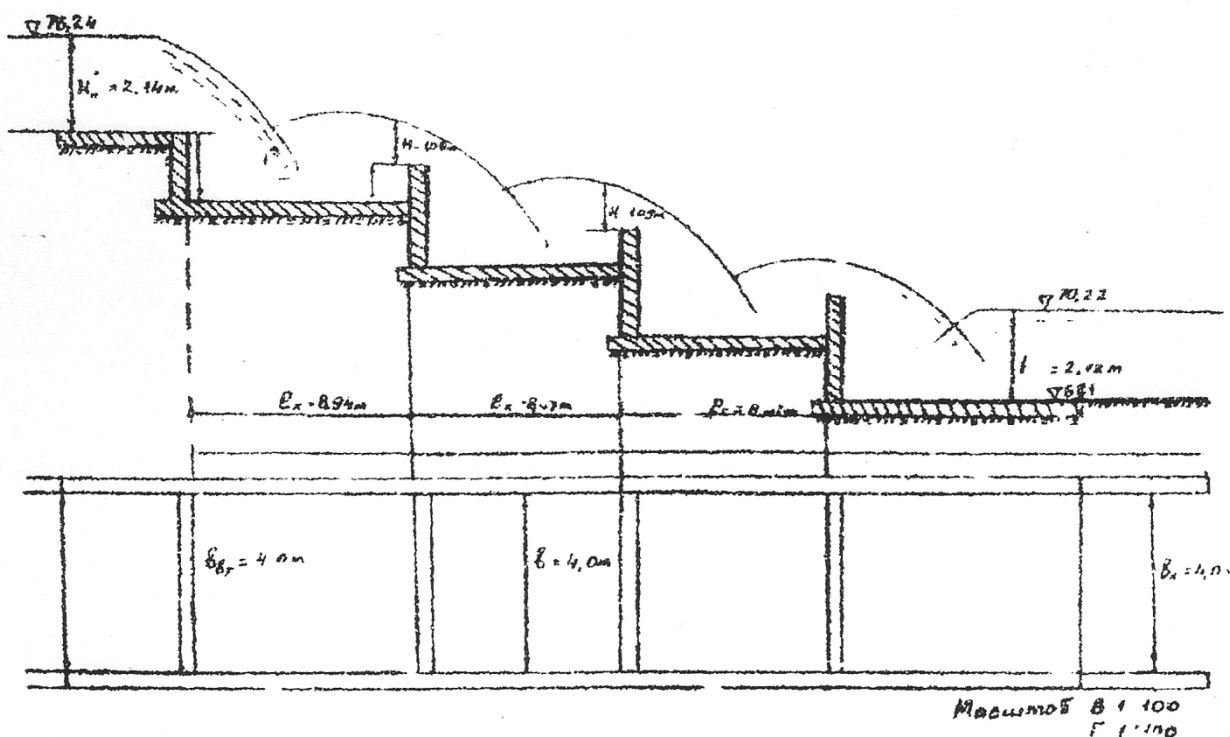
$$h_c'' = \frac{h_{c_3}}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{gh_{c_3}^3}} - 1 \right] = \frac{0,31}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8 \cdot 1,1 \cdot 2,36^2}{9,81 \cdot 0,31^3}} - 1 \right] = 1,86 \text{ м};$$

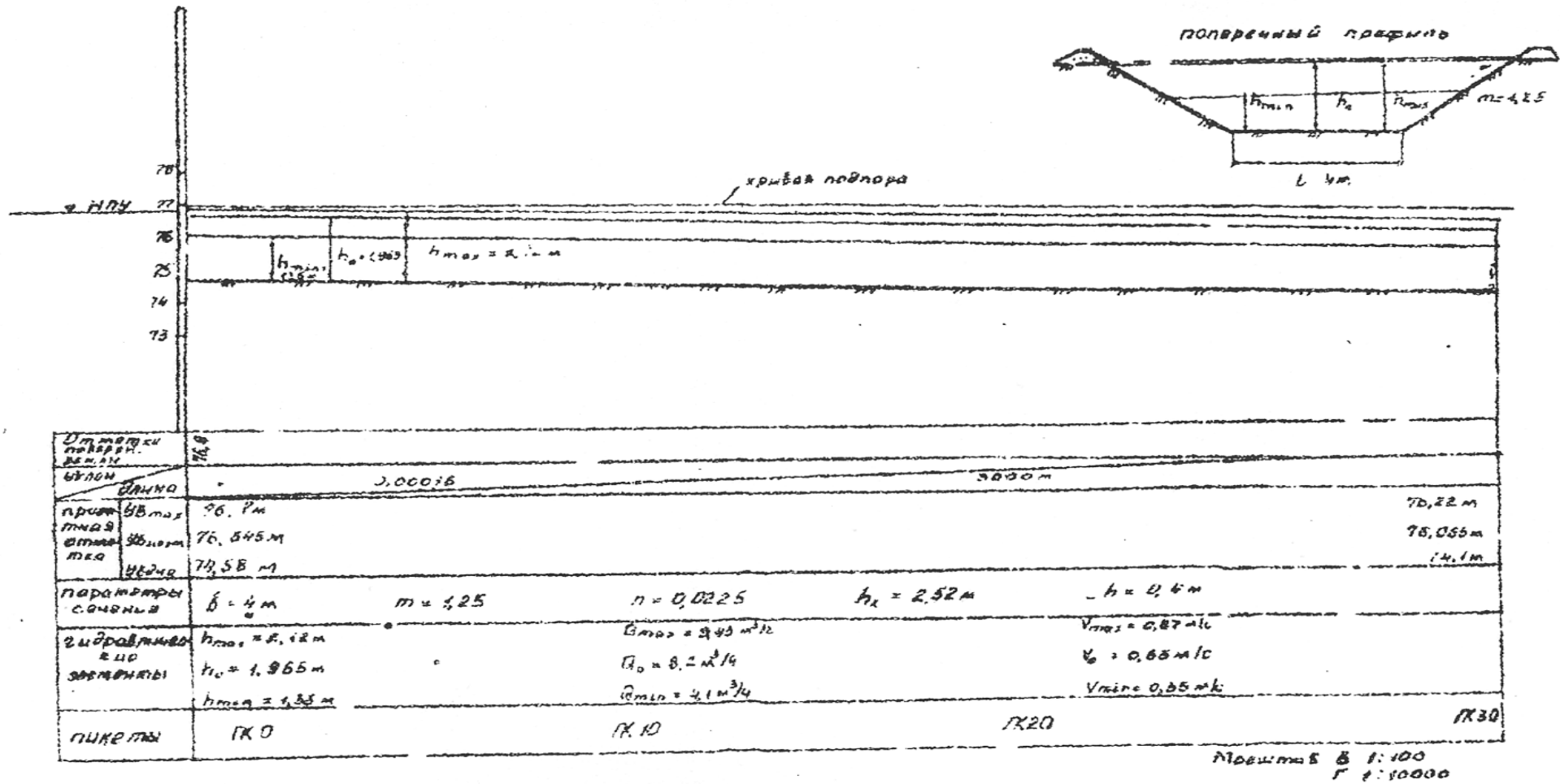
Екінші жапсарлас тереңдікті алып кететін каналдағы тұрмыстық тереңдікпен салыстырамыз

$$h_c'' = 1,86 \text{ м}; \quad h_{\text{тах}} = 2,12 \text{ м};$$

$$h_c'' < h_{\text{тах}}, \quad 1,86 \text{ м} < 2,12 \text{ м} \text{ болғандықтан секіру}$$

жылжытылған және құдықты жасаудың керегі жоқ. Осымен көпсатылы төмендеуді есептеу аяқталды (4.14-сурет).





4.15 Сурет-Магистральды каналдың ұзына бойғы профілі

VII. ТЕСТТІК ТАПСЫРМАЛАР

1 Сұйықта қандай күштер әсер етеді?

- A) беттік, массалық
- B) тұтқырлық, молекулярлық, капиллярлық
- C) жанама және тік
- D) үлкен және кіші
- E) толық және кіші

2. Сұйықтың «тұтастық» гипотезасының негізі неде?

- A) сұйық ішінде қуыстар жоқ
- B) молекулалар арасында қуыстар жоқ
- C) сұйық ішінде газ жоқ
- D) сұйық – дискретті зат
- E) атомдар арасында қуыстар жоқ

3. Сұйықтың тығыздығы және үлесті салмағы арасында қандай байланыс бар?

- A) $\gamma = \frac{\rho}{g}$
- B) $\gamma = \rho \cdot g$
- C) $\rho = \gamma \cdot g$
- D) $\gamma = \rho + g$
- E) $\rho = \gamma + g$

4. СИ жүйесінде үлесті салмақтың өлшем бірлігін көрсетіңіз

- A) Па
- B) $\frac{H}{м}$

C) $\frac{H}{m^3}$

D) $\frac{сек}{m^3}$

E) м/сек

5. Кинематикалық және динамикалық тұтқырлықтар арасындағы байланысты көрсетіңіз

A) $v = \mu \cdot W$

B) $v = \mu \cdot \rho$

C) $v = \frac{\rho}{\mu}$

D) $v = \frac{\mu}{\rho}$

E) $v = \rho g$

6. СИ жүйесіндегі кинематикалық тұтқырлықтың өлшем бірлігін көрсетіңіз

A) джоуль

B) стокс

C) паскаль

D) m^2/c

E) m/c

7. Сұйық тұтқырлығын өлшейтін құралды атаңыз

A) спидометр

B) манометр

C) пьезометр

D) вакуумметр

E) вискозиметр

8. Сұйықтың тұтқырлық коэффициентіне температура қалай әсер етеді?

- A) температура әсер етпейді
- B) температура және тұтқырлық тікелей байланыста
- C) температура көбейсе де тұтқырлық өзгермейді
- D) тұтқырлықтың өзгеруі температураның квадратына тең
- E) температура көбейген сайын тұтқырлық азаяды

9. Температуралық ұлғаю коэффициенті қалай анықталады?

- A) $\beta_t = \frac{1}{W} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta t}$
- B) $\beta_t = \frac{1}{W} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta p}$
- C) $\beta_t = \frac{1}{\Delta W} \cdot \frac{W}{\Delta p}$
- D) $\beta_t = \frac{\Delta t}{W}$
- E) $\beta_t = \frac{1}{\Delta W}$

10. Беттік тартылыс температура көбейген сайын қалай өзгереді?

- A) температурамен тікелей байланыста, көбейеді
- B) азаяды
- C) өзгермейді
- D) температураның квадратына тең байланыста көбейеді
- E) температура әсер етпейді

11. Сұйықтың тығыздығы қалай анықталады?

- A) $\rho = \frac{W}{M}$ (M-масса, W- көлем)
- B) $\rho = \frac{M}{W}$ (M-масса, W- көлем)

C) $\rho = M \cdot W$ (M-масса, W- көлем)

D) $\rho = \frac{P}{W}$ (P-қысым, W- көлем)

E) $\rho = \frac{V}{W}$ (v- жылдамдық, W- көлем)

12. Шынайы сұйықтың тұтқырлығы бар ма?

A) шынайы сұйықтар тұтқырсыз

B) идеалды сұйықтар тұтқырлы

C) барлық шынайы сұйықтың тұтқырлығы бар

D) шынайы сұйық 0°C болған жағдайда тұтқырлы

E) шынайы сұйық 0°C болған жағдайда тұтқырсыз

13. Қандай құралдың көмегімен атмосфералық қысым өлшенеді?

A) анемометрмен

B) термометрмен

C) вакуумметрмен

D) барометрмен

E) спидометрмен

14. Сұйықтың негізгі физикалық қасиеттерін атаңыз

A) электрөткізгіштік, ерігіштік, жылу тарту

B) масса, көлем, қайнау, газдардың еруі

C) сұйықтың тартылуға кедергісі, капиллярлық

D) тығыздық, сығылу, тұтқырлық, беттік тартылу

E) булану, қайнау, қату

15. Гидростатикалық қысым қалай анықталады?

A) $p = \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{P}{\omega}$

- B) $p = \lim_{P \rightarrow 0} \frac{\omega}{P}$
- C) $p = \lim_{\omega \rightarrow 0} P \cdot \omega$
- D) $p = \lim_{P \rightarrow 0} P \cdot W$
- E) $P = 1,5 \rho g$

16. Гидростатикалық қысымның шамасы қандай (скалярлы ма векторлы ма)?

- A) Әр-бір жағдайда әр түрлі
- B) Скалярлы
- C) Сыртқы атмосфералық қысым болғанда- векторлы
- D) Векторлы
- E) Сыртқы атмосфералық қысым болғанда- векторлы

17. СИ жүйесіндегі гидростатикалық қысымның өлшем бірлігін атаңыз

- A) стокс
- B) паскаль.
- C) ампер
- D) м
- E) сек

18. Манометрлік (артық) қысым $p_0 = p_{\text{атм}}$ болған жағдайда қалай анықталады?

- A) $p = p_{\text{атм}} + \rho gh$
- B) $p = p_{\text{атм}} - p_{\text{вак}}$
- C) $p = \rho gh$
- D) $p = p_{\text{вак}} - p_{\text{атм}}$
- E) $p = p_{\text{атм}} \tau$

19. Вакууметрлік қысым қалай анықталады?

- A) $p = p_0 + \rho gh$
- B) $p_{\text{вак}} = p_{\text{ат}} + p$
- C) $p_{\text{вак}} = p_{\text{ат}} - p$
- D) $p_{\text{вак}} = \rho gh_{\text{вак}}$
- E) $p = p_{\text{ат}} \tau$

20. Гидростатиканың негізгі теңдеуін көрсетіңіз

- A) $p = p_{\text{ат}} \tau$
- B) $p = p_{\text{ат}}$
- C) $p = \rho gh$
- D) $p = \rho gh_{\text{вак}} - p_{\text{ат}}$
- E) $p = p_0 + \rho gh$

21. Гидростатикалық қысымның эпюрасы нені көрсетеді?

- A) жылдамдықтың үлестірілу заңдылығын
- B) кинематикалық қысым күшінің үлестірілу заңдылығын
- C) сұйық ішінде вертикаль бойынша жылдамдықтың үлестірілу заңдылығын
- D) гидродинамикалық күштің заңдылығын
- E) тыныштық күйдегі сұйық ішіндегі гидростатикалық қысымның үлестірілу заңдылығын

22. Гидростатикалық парадокс дегеніміз не?

- A) Қысым P_0 , тығыздық ρ , ыдыс табанының аумәліметтері ω және тереңдік h тең болған жағдайда ыдыстың пішініне тәуелсіз ыдыстың горизонтальді табанына әсер ететін судың қысым күші бірдей болады
- B) қысым P_0 , тығыздық ρ , ыдыс табанының аумәліметтері ω және тереңдік h тең болған жағдайда ыдыстың горизонтальді табанына әсер ететін судың қысым күші ыдыстың пішініне тәуелді

С) Қысым P_0 , тығыздық ρ , ыдыс табанының аумәліметтері ω және тереңдік h тең болған жағдайда ыдыс орналасқан стол бетіне судың қысым күші бірдей болады

Д) Қысым P_0 , тығыздық ρ , ыдыс табанының аумәліметтері ω және тереңдік h тең болған жағдайда ыдыстың горизонтальді табанына әсер ететін судың қысым күші ω^2 тура пропорционалды

Е) Қысым P_0 ыдыстың пішініне тәуелді

23. Қандай құрал арқылы екі нүкте арасындағы қысымның айырмасын анықтауға болады?

А) дифференциалды манометрмен

В) барометрмен

С) анемометрмен

Д) термометрмен

Е) спидометрмен

24. Құбырда орналасқан пьезометр, серіппелі және сынапты манометрлер қандай қысымды көрсетеді?

А) Серіппелі және сынапты манометрлер манометрлік қысымды, пьезометр абсолюттік қысымды көрсетеді

В) Барлық құралдар құбыр ішіндегі манометрлік қысымды көрсетеді

С) Барлық құралдар құбыр ішіндегі абсолютті қысымды көрсетеді

Д) Серіппелі манометр манометрлік қысымды, пьезометр және сынапты манометр абсолютті қысымды көрсетеді

Е) Пьезометр және сынапты манометр абсолютті қысымды көрсетеді

29. Сұйық бетінде дене қандай жағдайда жүзеді?

А) $G \neq F_{Aq}$.

В) $G > F_{Aq}$;

С) $G = F_{Aq}$;

D) $G < F_{Aч}$ (G – дененің ауырлық күші; $F_{Aч}$ - Архимед күші)

E) $G = 2,5 F_{Aч}$

30. Қандай жағдайда дене суға батады

A) $G = 2,5 F_{Aч}$

B) $G = F_{Aч}$;

C) $G < F_{Aч}$;

D) $G \ll F_{Aч}$.

E) $G > F_{Aч}$ (G – дененің ауырлық күші; $F_{Aч}$ - Архимед күші)

31. 10 м су бағанасы қаншама гидростатикалық қысым шамасына сәйкес?

A) 176 000 Па

B) 49000 Па.

C) 12 262 Па.

D) 76 000 Па.

E) 98100 Па.

32. 1 м су бағанасы қаншама гидростатикалық қысым шамасына сәйкес?

A) 9810 Па.

B) 4905 Па.

C) 98100 Па.

D) 76 000 Па.

E) 76 000 Па

33. Тұтқырлықтың дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз

A) жылжымайтын сұйықтағы қатты денелердің шөгу жылдамдығы

B) жылжуға кедергілік беретін сұйық қасиеті

C) жылжуға кедергі жасамайтын сұйық қасиеті

D) Сұйықтың суды итеру қасиеті

E) Сұйықтың майлылығы

34. Идеалды сұйықтың қасиеті қандай?

- A) тұтқырлы
- B) гидрофобты
- C) тұтқырлықсыз сұйық
- D) тамшылы тұтқырлы сұйық
- E) көп фазалы

35. Кинематикалық тұтқырлықтың өлшем бірлігі қандай?

- A) м/сек^2
- B) $\text{м}^2/\text{сек}$
- C) кгс/м^2
- D) $\text{па}\cdot\text{с}$
- E) $\text{кгс}\cdot\text{сек/м}^2$

36. Динамикалық тұтқырлықтың өлшем бірлігі қандай?

- A) $\text{м}^2/\text{сек}$
- B) $\text{па}\cdot\text{с}$
- C) м/сек^2
- D) кгс/м^2
- E) Па

37. Тығыздықтың өлшем бірлігі қандай?

- A) $\text{кгс}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^4$
- B) $\text{па}\cdot\text{с}$
- C) кг/м^3
- D) $\text{м}^2/\text{кгс}$
- E) кг/м^2

38. Қандай формула бойынша тығыздықты анықтауға болады?

- A) $\rho = \frac{W}{M}$ (M-масса, W- көлем)
- B) $\rho = \frac{M}{W}$ (M-масса, W- көлем)
- C) $\rho = M \cdot W$ (M-масса, W- көлем)
- D) $\rho = \frac{P}{W}$ (P-қысым, W- көлем)
- E) $\rho = \frac{V}{W}$ (v- жылдамдық, W- көлем)

39. Сұйықтың сығылу коэффициентін қалай анықтайды β (W- көлем, dW – көлемнің өзгеруі, dP – қысымның өзгеруі, K – көлемдік иілгіштік)?

- A) $\beta = -W \frac{dP}{dW}$
- B) $\beta = -\frac{dW}{dP}$
- C) $\beta = \frac{1}{K}$
- D) $\beta = \frac{1}{W} \frac{dW}{dP}$
- E) $\beta = \frac{1}{W} \frac{dW}{dP}$

40. СИ жүйесінде үлесті салмақтың өлшем бірлігі қандай?

- A) т/м³
- B) м²/с
- C) н/м²
- D) кг/м³
- E) н/м³

41. $\gamma = \rho \cdot g$ формуласында сұйықтың үлесті салмағын көрсететін шама қандай?

- A) W

- B) ρg
- C) ρ
- D) M
- E) γ

42. Гидростатиканың негізгі теңдеуін көрсетіңіз (p , p_0 – жазықтықтағы бір нүктедегі гидростатикалық қысым; z , z_0 – салыстырмалы жазықтықтан алынған биіктік γ – сұйықтың үлестік салмағы; h – бату тереңдігі; H – гидростатикалық қысым жазықтығының арыны; $h_{\text{изб}}$ – артық қысым):

- A) $z + \frac{\rho}{\gamma} = z_0 + \frac{P_0}{\gamma}$
- B) $H = p_0 + \gamma h$
- C) $p = p_0 + \gamma h$
- D) $p_{\text{изб}} = p_0 + \gamma h$
- E) $p_{\text{изб}} = p - p_0$

43. Гидростатикалық қысымның өлшем бірлігі

- A) н/м^3
- B) н/м^2
- C) м^4
- D) кгс/м^3
- E) т

44. Артық манометрлік қысым формуласын көрсетіңіз

- A) $p = p_0 + h$
- B) $P_{\text{изб}} = \frac{\rho}{\gamma}$
- C) $P_{\text{изб}} = P - P_{\text{ат}}$
- D) $H = z + \frac{\rho}{\gamma}$
- E) $h = p_0 / \gamma$

45. Вакууметрлік қысым формуласын көрсетіңіз

A) $H = z + \frac{\rho}{\gamma}$

B) $P = P_0 + h$

C) $P_{\text{вак}} = P_{\text{ат}} - P$

D) $P = \gamma \cdot h$

E) $h = \frac{\rho_0}{\gamma}$

46. Жазық бетке түсіретін сұйық қысымы ($h_{\text{ц.т.}}$ – ауырлық орталығына дейінгі тереңдік; ω - суланған аумәліметтер; γ - Сұйықтың көлемдік салмағы; P_x – көлденең әсер ететін күш; P_z – тік әсер ететін күш; W – қысым күшінің көлемі) формуласын көрсетіңіз.

A) $P = \gamma \cdot V \cdot \omega$

B) $P_z = \gamma W$

C) $P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$

D) $P = \gamma \cdot h_{\text{ц.т.}} \cdot \omega$

E) $P = \gamma \cdot h_{\text{ц.т.}}$

47. Сұйықтың қисық бетке түсіретін қысымы ($h_{\text{ц.т.}}$ – ауырлық орталығына дейінгі тереңдік; ω - суланған аумәліметтер; γ - сұйықтың көлемдік салмағы; P_x – көлденең әсер ететін күш; P_z – тік әсер ететін күш; W – қысым күшінің көлемі) формуласын көрсетіңіз.

A) $P = \gamma \cdot V \cdot \omega$

B) $P = \gamma \cdot h_{\text{ц.т.}} \cdot \omega$

C) $P_z = \gamma W$

D) $P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$

E) $P = \gamma \cdot h_{\text{ц.т.}}$

48. Ватерсыздық деген не?

- A) суға батқан дененің төменгі көлденең жазықтығы
- B) жүзу тұрақтылығын қамтамасыз етуші сызық
- C) судың беті
- D) еркін бет жазықтығының жүзетін дененің бүйірлік еркін бетінің қиылысу сызығы
- E) жүзуші дененің ауырлық ортасы

49. Берілген $L_{к.о.} = L_{а.о.} + \frac{I_0}{L_{а.о.} \cdot (e \cdot e)}$ формуладағы I_0 нені білдіреді?

- A) жантайған қабырғаның ұзындығы
- B) әсер етуші күштің қысым ортасы
- C) жазық қабырғаның ауырлық ортасы
- D) жазық қабырғаның ені
- E) суланған аумәліметтерның инерция моменті

50. «Сұйық бетіне түсірілген сыртқы қысымның өзгеруі, тыныштық күйдегі сұйықтың барлық нүктелеріндегі қысымды дәл сондай шамаға өзгереді» деген заңды кім ашты?

- A) Стевин
- B) Ньютон
- C) Рейнольдс
- D) Архимед
- E) Паскаль

51. Сұйық қозғалысының кинематикалық сипаттамалары қарастырылатын гидромеханиканың бөлімі қалай аталады?

- A) динамика
- B) статика
- C) кинематика
- D) термодинамика

Е) аэродинамика

52. Ағын сызығының дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз

- А) жылдамдығы жанама бағытталған ағыстағы кезектесіп орналасқан нүктелердің сызығы
- В) бойлық қимадағы ағын тереңдігі
- С) ағынның еркін бетінің қисығы
- Д) жазықта ағын еркін бетін көрсететін сызық
- Е) сұйық пен газ арасындағы бет

53. «Сұйық бетіне түсірілген сыртқы қысымның өзгеруі, тыныштық күйдегі сұйықтың барлық нүктелеріндегі қысымды дәл сондай шамаға өзгереді» деген заңды кім ашты?

- А) Стевин
- В) Ньютон
- С) Рейнольдс
- Д) Архимед
- Е) Паскаль

54. Сұйық қозғалысының кинематикалық сипаттамалары қарастырылатын гидромеханиканың бөлімі қалай аталады?

- А) динамика
- В) статика
- С) кинематика
- Д) термодинамика
- Е) аэродинамика

55. Ағын сызығының дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз

- А) жылдамдығы жанама бағытталған ағыстағы кезектесіп орналасқан нүктелердің сызығы

- В) бойлық қимадағы ағын тереңдігі
- С) ағынның еркін бетінің қисығы
- Д) жазықта ағын еркін бетін көрсететін сызық
- Е) сұйық пен газ арасындағы бет

56. Арынсыз қозғалыс деген не?

- А) сұйықтың бірқалыпсыз қозғалысы
- В) еркін бетті қозғалыс
- С) құбырдағы қозғалыс
- Д) пульсациясыз қозғалыс
- Е) пульсациялы қозғалыс

57. Сұйықтың өтімі дегеніміз не?

- А) сұйық көлемінің массасы
- В) құбырдың көлденең қимасының аумәліметтері
- С) құбырдың көлденең қимасы арқылы белгілі уақыт ішінде өтететін сұйықтың көлемі
- Д) сұйық көлемінің салмағы
- Е) құбырдың қиғаш қимасының аумәліметтері

58. «Ағынның көлденең қимасы» дегеніміз не?

- А) ағынның үлесті салмағы
- В) ағынның бойлық көлемі
- С) ағынның шамасы
- Д) ағынның көлденең қимасының аумәліметтері
- Е) көлденең қимасының көлемі

59. Сығылмайтын сұйық ағынының үзіксіздік теңдеуін көрсетіңіз

А) $Q = \frac{\Pi r^2}{4}$

В) $V = Q \cdot \omega$

C) $V = \omega/\chi$

D) $Q = v_1\omega_1 = v_2\omega_2 = \dots v_i\omega_i = idem$

E) $\chi = 1 / 2\phi Д$

60. Қимасы шеңбер құбырдың көлденең қимасының аумәліметтерінің формуласын көрсетіңіз (Q – өтім; V – жылдамдық; ω - көлденең қимасының аумәліметтері; χ - ылғалмәліметтерған периметр; d – құбырдың диаметрі; R – гидравликалық радиус).

A) $R=d/4$

B) $R=\omega/\chi$

C) $\omega = \frac{\Pi d^2}{4}$

D) $\chi=1/2d$

E) $\omega=1/8d^2$

61. Қимасы шеңбер құбырдың ылғалмәліметтерған периметр формуласын көрсетіңіз (Q – өтім; V – жылдамдық; ω - көлденең қимасының аумәліметтері; χ - ылғалмәліметтерған периметр; d – құбырдың диаметрі; R – гидравликалық радиус).

A) $R=\omega/\chi$

B) $\omega = \frac{\Pi d^2}{4}$

C) $\chi = \pi \cdot d$

D) $R = D / 4$

E) $\omega = 1 / 8D^2$

62. Қимасы шеңбер құбырдың гидравликалық радиус формуласын көрсетіңіз

A) $\omega = \frac{\Pi d^2}{4}$

B) $R=D/4$

C) $\chi=1/2\phi D$

D) $R=\omega/\chi$

E) $\omega=1/8D^2$

63. Сұйықтың өзінің ауырлық ортасы айналасында бөлшектерінің айналмай қозғалуы қалай аталады?

A) ламинарлы

B) құйынсыз

C) арынсыз

D) жатықозгеретін

E) жазық

64. Сұйықтың еркін бетсіз қозғалысы қалай аталады?

A) арынсыз

B) ламинарлы

C) құйынсыз

D) жатықозгеретін

E) жазық

65. Екі көршілес жатқан қимадағы ұқсас нүктелердің жылдамдықтары өзара тең қозғалыс қалай аталады?

A) турбулентті

B) тыныш

C) бірқалыпты

D) орныққан

E) біртекті

66. Ағынның кез келген нүктесінде сипаттамалары уақыт бірлігінде өзгермейтін сұйықтың қозғалысы қалай аталады?

A) тынышсыз

- B) қалыпсыз
- C) турбулентті
- D) тұрақталған
- E) біртекті

67. Құйынсыз қозғалыстың дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз

- A) сұйықтың өзінің ауырлық ортасы айналасында бөлшектерінің айналмай қозғалуы
- B) сұйықтың жылдамдық пульсациясынсыз және соған орай молярлы араласусыз қозғалысы
- C) сұйықтың еркін бетсіз қозғалысы
- D) ағын сызығының қисығы және олардың арасындағы бөліну бұрышының шамасы өте аз сұйықтың бейқалыпты қозғалысы
- E) қандай да бір қозғалмайтын жазықтыққа сұйықтың параллель қозғалысы, осы кезде оның сипаттамалары жазықтыққа, арақашықтыққа байланысты емес

68. Арынсыз қозғалыстың дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз

- A) сұйықтың еркін бетті қозғалысы
- B) сұйықтың өзінің ауырлық ортасы айналасында бөлшектерінің айналмай қозғалуы
- C) сұйықтың жылдамдық пульсациясынсыз және соған орай молярлы араласусыз қозғалысы
- D) ағын сызығының қисығы және олардың арасындағы бөліну бұрышының шамасы өте аз сұйықтың бейқалыпты қозғалысы
- E) қандай да бір қозғалмайтын жазықтыққа сұйықтың параллель қозғалысы, осы кезде оның сипаттамалары жазықтыққа, арақашықтыққа байланысты емес

69. Жатықөзгеретін қозғалыстың дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз

- A) сұйықтың өзінің ауырлық ортасы айналасында бөлшектерінің айналып қозғалуы
- B) ағын сызығының қисығы және олардың арасындағы бөліну бұрышының шамасы өте аз сұйықтың бейқалыпты қозғалысы
- C) сұйықтың еркін бетсіз қозғалысы
- D) сұйықтың жылдамдық пульсациясымен және соған орай молярлы араласусыз қозғалысы
- E) қандай да бір қозғалмайтын жазықтыққа сұйықтың параллель қозғалысы, осы кезде оның сипаттамалары жазықтыққа, арақашықтыққа байланысты емес

70. Жазық қозғалыстың дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз

- A) сұйықтың өзінің ауырлық ортасы айналасында бөлшектерінің айналып қозғалуы
- B) қандай да бір қозғалмайтын жазықтыққа сұйықтың параллель қозғалысы, осы кезде оның сипаттамалары жазықтыққа, арақашықтыққа байланысты емес
- C) сұйықтың еркін бетсіз қозғалысы
- D) ағын сызығының қисығы және олардың арасындағы бөліну бұрышының шамасы өте аз сұйықтың бейқалыпты қозғалысы
- E) сұйықтың жылдамдық пульсациясымен және соған орай молярлы араласусыз қозғалысы

71. Бірқалыпты қозғалыстың дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз

- A) сұйықтың жылдамдық пульсациясымен және соған орай молярлы араласусыз қозғалысы
- B) алмағайып тереңдіктен жоғары тереңдіктегі сұйықтың ашық арнадағы қозғалысы
- C) екі көршілес жатқан қимадағы ұқсас нүктелердің жылдамдықтары өзара тең қозғалыс

D) ағынның кез келген нүктесінде сипаттамалары уақыт бірлігінде өзгермейтін сұйықтың қозғалысы

E) сұйықтың қандай да бір ось бойымен қозғалысы, осы кезде сұйықтың сипаттамалары бөлшектердің остен арақашықтығына байланысты емес

72. Тыныш қозғалыстың дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз:

A) сұйықтың жылдамдығы пульсациялы және соған орай молярлы араласуымен қозғалысы

B) сұйықтың жылдамдық пульсациясыз және соған орай молярлы араласусыз қозғалысы

C) алмағайып тереңдіктен жоғары тереңдіктегі сұйықтың ашық арнадағы қозғалысы

D) ағынның кез келген нүктесінде сипаттамалары уақыт бірлігінде өзгермейтін сұйықтың қозғалысы

E) сұйықтың қандай да бір ось бойымен қозғалысы, осы ағын сызығының қисығы және олардың арасындағы кезде сұйықтың сипаттамалары бөлшектердің остен арақашықтығына байланысты емес

73. Орныққан қозғалыстың дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз:

A) қандай да бір қозғалмайтын жазықтыққа сұйықтың параллель қозғалысы, осы кезде оның сипаттамалары жазықтыққа, арақашықтыққа байланысты емес

B) екі көршілес жатқан қимадағы ұқсас нүктелердің жылдамдықтары өзара тең қозғалыс

C) алмағайып тереңдіктен жоғары тереңдіктегі сұйықтың ашық арнадағы қозғалысы

D) ағынның кез келген нүктесінде сипаттамалары уақыт бірлігінде өзгермейтін сұйықтың қозғалысы

Е) сұйықтың қандай да бір ось бойымен қозғалысы, сұйықтың сипаттамалары бөлшектердің остен арақашықтығына байланысты емес

74. Бернулли теңдеуінде нүктенің биіктігін сипаттайтын шаманы көрсетіңіз

- A) h_w
- B) P/γ
- C) $\alpha v^2/2g$
- D) z
- E) H

75. Бернулли теңдеуінде гидростатикалық биіктікті сипаттайтын шаманы көрсетіңіз

- A) H
- B) z
- C) $\alpha v^2/2g$
- D) h_w
- E) P/γ

76. Бернулли теңдеуінде жылдамдық арынды сипаттайтын шаманы көрсетіңіз

- A) H
- B) z
- C) P / γ
- D) h_w
- E) $\alpha v^2 / 2 g$

77. Бернулли теңдеуінде жалпы жоғалған арынды сипаттайтын шаманы көрсетіңіз

- A) h_w
- B) z

- C) P/γ
- D) $\alpha v^2/2g$
- E) H

78. Бернулли теңдеуінде j сәт етуші арынды сипаттайтын шаманы көрсетіңіз

- A) H
- B) z
- C) P/γ
- D) $\alpha v^2/2g$
- E) h_w

79. Идеалды сұйықтың элементарлы ағыншасы үшін Бернулли теңдеуін көрсетіңіз (z_1, z_2 – нүктенің биіктігі; P/γ – қысым биіктігі; $\alpha v^2/2g$ – жылдамдық арыны; h_{w1-2} – жоғалған арын; H – энергия қоры).

$$A) z + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_{w1-2} H = const$$

$$B) z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} = H = const$$

$$C) E = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

$$D) h_w = (z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (z_2 + \frac{P_2}{\gamma})$$

$$E) H - h_w = \frac{v^2}{2g}$$

80. Шынайы сұйық үшін Бернулли теңдеуін көрсетіңіз (z_1, z_2 – нүктенің биіктігі; P/γ – қысым биіктігі; $\alpha v^2/2g$ – жылдамдық арыны; h_{w1-2} – жоғалған арын; H – энергия қоры)

$$A) z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} = H = const$$

$$B) z + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_{w1-2} = H = const$$

$$C) H - h_w = \frac{v^2}{2g}$$

$$D) E = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

$$E) h_w = (z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (z_2 + \frac{P_2}{\gamma})$$

81. Үлестік механикалық энергияның толық қоры формуласын көрсетіңіз

(z_1, z – нүктенің орны; P/γ - қысым биіктігі; $\alpha v^2/2g$ – жылдамдық арыны;

h_{w1-2} – арын шыңыны; H – энергия қоры)

$$A) h_w = (z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (z_2 + \frac{P_2}{\gamma})$$

$$B) z + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_{w1-2} H = const$$

$$C) E = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} = H = const$$

$$D) H - h_w = \frac{v^2}{2g}$$

$$E) h_w = (z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (z_2 + \frac{P_2}{\gamma})$$

82. Бірқалыпты қозғалыс кезіндегі арын шыңыны формуласын көрсетіңіз

(z_1, z – нүктенің орны; P/γ - қысым биіктігі; $\alpha v^2/2g$ – жылдамдық арыны; h_{w1-2}

– арын шыңыны; H – энергия қоры)

$$A) z + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_{w1-2} H = const$$

$$B) E = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} = H = const$$

$$C) h_w = (z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (z_2 + \frac{P_2}{\gamma})$$

$$D) H - h_w = \frac{v^2}{2g}$$

$$E) h_w = (z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (z_2 + \frac{P_2}{\gamma})$$

83. Жылдамдық арыны неге тең болады (z_1, z – нүктенің орны; P/γ - қысым биіктігі; $\alpha v^2/2g$ – жылдамдық арыны; h_{w1-2} – арын шығыны; H – энергия қоры)

$$A) h_w = (z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (z_2 + \frac{P_2}{\gamma})$$

$$B) E = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} \quad z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} = H = const$$

$$C) z + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_{w1-2} \quad H = const$$

$$D) H - h_w = \frac{v^2}{2g}$$

$$E) h_w = (z_1 + \frac{P_1}{\gamma}) - (z_2 + \frac{P_2}{\gamma})$$

84. Ағынның жылдамдығын өлшейтін қандай құрал Бернулли теңдеуіне негізделген?

- A) жылдам пьезометр
- B) Пито трубкасы
- C) жылдам қалытқылар
- D) лазер құралдары
- E) термометр

85. H – гидродинамикалық арын қандай факторлар мәліметтер тәуелді, дұрыс формуланы көрсетіңіз.

$$A) H = z + \frac{P}{\rho g}$$

$$B) H = \frac{P}{\rho g} + h_w$$

$$C) H = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

$$D) H = \frac{\alpha v^2}{2g} + h_w$$

$$E) H = 2,5 \frac{p}{\rho g} + h_w$$

86. Пьезометрлік сызық нені көрсетеді?

- A) температураның өзгеруін
- B) арын жылдамдығының өзгеруін
- C) гидродинамикалық қысымның өзгеруін
- D) ағын жылдамдығының өзгеруін
- E) ылғалмәліметтерған периметрдің өзгеруін

87. Пьезометрлік еңістік дегеніміз не?

- A) ағын жылдамдығының еңістігі
- B) арын жылдамдығының еңістігі
- C) температураның еңістігі
- D) пьезометрлік сызықтың еңістігі
- E) ылғалмәліметтерған периметрдің еңістігі

88. Гидравликалық еңістік дегеніміз не?

- A) ылғалмәліметтерған периметрдің еңістігі
- B) температураның еңістігі
- C) ағын жылдамдығының еңістігі
- D) арынды сызықтың еңістігі
- E) құбырдың еңістігі

89. $z + \frac{p}{\rho g}$ шамасының энергиялық сипаттамасы қандай?

- A) температураның үлесті энергиясы
- B) ағынның үлесті кинетикалық энергиясы
- C) ағынның толық үлесті энергиясы
- D) ағын жылдамдығының үлесті энергиясы
- E) ағынның үлесті потенциалды энергиясы

90. $\frac{\alpha v^2}{2g}$ шамасының энергиялық сипаттамасы қандай?

- A) температураның үлесті энергиясы
- B) ағынның үлесті потенциалды энергиясы
- C) ағынның толық үлесті энергиясы
- D) ағын жылдамдығының үлесті энергиясы
- E) ағынның үлесті кинетикалық энергиясы

91. $z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g}$ шамасының энергиялық сипаттамасы қандай?

- A) ағынның толық үлесті энергиясы
- B) ағын жылдамдығының үлесті энергиясы
- C) температураның үлесті энергиясы
- D) ағынның үлесті кинетикалық энергиясы
- E) ағынның үлесті потенциалды энергиясы

92. Тұтқырлы сұйық ағынының үлесті потенциалды және үлесті кинетикалық энергияларының қосындысы нені сипаттайды?

- A) гидродинамикалық арынды
- B) үлесті кинетикалық арынды
- C) үлесті қысым арынын
- D) орналасудың үлесті потенциалдық арынын
- E) температураның үлесті арынын

93. Берілген қимадағы үлесті кинетикалық арын формуласын көрсетіңіз

A) $E_k = \alpha V^2 / 2g$

B) $E_k = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g}$

C) $E_k = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{2\alpha v^2}{2g}$

D) $E_k = z + \frac{\alpha v^2}{2g}$

E) $E_k = z + \frac{p}{\rho g}$

94. Қозғалыс режимдерінің түрлері қандай болады?

A) ламинарлы, турбулентті

B) жанама және нормальді

C) құйынды және жазық

D) бірқалыпты және қалыпсыз

E) қалыптасқан және қалыптаспаған

95. Ағын ұзындығы бойынша арын шығыны деген не?

A) гидравликалық кедергілер

B) ағын шекарасының күрт өзгеруімен туындайтын арындар

C) берілген аралықтағы толық арын шығындары

D) үйкеліс кедергісіне шығындалатын арындар

E) ұзындық бойындағы кедергілік коэффициенті

96. Жергілікті арын шығындарының дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз

A) үйкеліс күштері шығыны

B) кіру және шығу жеріндегі энергия шығыны

C) ұзына бойлық шығындар

D) кіру және ұзына бойлық шығындар қосындысы

E) жергілікті кедергілерге шығындалатын энергия шығыны

98. $\lambda = \frac{64}{Re}$ (Re – Рейнольдс саны) формуласында λ нені білдіреді?

- A) арын шығыны
- B) Шези коэффициенті
- C) кинематика коэффициенті
- D) Кариолис коэффициенті
- E) ұзындық бойы кедергілік коэффициенті

99. Шези коэффициенті формуласын көрсетіңіз (Маннинг формуласы)

A) $C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$

B) $C = \frac{1}{n} R$

C) $C = \frac{1}{2} R^{\frac{1}{6}}$

D) $C = \frac{1}{n}$

E) $C = 2,5 \frac{1}{n}$

100. Шеңбер қималы құбырының өтім қалай есептейді (Q – шығын; V – жылдамдық; ω - қима аумәліметтері; χ - суланған периметр; r – труба радиусы; d – құбыр диаметрі; R – гидравликалық радиус)

A) $Q = V \cdot \frac{\Pi d^2}{8}$

B) $Q = V \cdot \omega$

C) $Q = V \cdot \frac{\Pi r^2}{4}$

D) $Q = V \cdot \chi \cdot R$

E) $Q = \frac{\Pi d^2}{4}$

101. Ұзындық және жергілікті арын шығындары құрайтын шаманың аты атаңыз

- A) ұзындық бойындағы кедергілік коэффициенті
- B) ағын шекарасының күрт өзгеруімен туындайтын арындар
- C) үйкеліс кедергісіне шығындалатын арындар
- D) гидравликалық кедергілер
- E) берілген аралықтағы толық арын шығындары

102. Рейнольдс саны қандай формула бойынша анықталады (Re – Рейнольдс саны; V – жылдамдық; ν - кинематикалық коэффициент; λ - кедергілік коэффициенті ; L – құбыр ұзындығы; d – диаметр; Δ - бұжырлық)

- A) $Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$
- B) $\lambda = \frac{64}{Re}$
- C) $\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$
- D) $\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}$
- E) $\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$

103. Пуазейль формуласымен λ қалай анықтайды (Re – Рейнольдс саны; V – жылдамдық; ν - кинематикалық коэффициент; λ - кедергілік коэффициенті ; L – құбыр ұзындығы; d – диаметр; Δ - бұжырлық)

- A) $\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$
- B) $\lambda = \frac{64}{Re}$
- C) $\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}$

$$D) \lambda = \frac{0,316}{R_e^{0,25}}$$

$$E) Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

104. Альтшуль формуласымен λ қалай анықтайды (Re – Рейнольдс саны; V – жылдамдық; ν - кинематикалық коэффициент; λ - кедергілік коэффициенті ; L – құбыр ұзындығы; d – диаметр; Δ - бұжырлық)

$$A) \lambda = \frac{64}{R_e}$$

$$B) \lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{R_e} \right)^{0,25}$$

$$C) \lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}$$

$$D) \lambda = \frac{0,316}{R_e^{0,25}}$$

$$E) Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

105. Шифринсон формуласы бойынша λ қалай анықталады (Re – Рейнольдс саны; V – жылдамдық; ν - кинематикалық коэффициент; λ - кедергілік коэффициенті ; L – құбыр ұзындығы; d – диаметр; Δ - бұжырлық)

$$A) \lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{R_e} \right)^{0,25}$$

$$B) \lambda = \frac{64}{R_e}$$

$$C) \lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}$$

$$D) \lambda = \frac{0,316}{R_e^{0,25}}$$

$$E) \lambda = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

106. Блазиус формуласы бойынша λ қалай анықталады (Re – Рейнольдс саны; V – жылдамдық; ν - кинематикалық коэффициент; λ - кедергілік коэффициенті ; L – құбыр ұзындығы; d – диаметр; Δ - бұжырлық)

A) $\lambda = \frac{64}{Re}$

B) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0,25}$

C) $\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$

D) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0,25}$

E) $Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$

107. Құбыр күрт кеңейген кездегі кедергілік коэффициенті қалай анықталады (ω_1, ω_2 – кеңею немесе тарылуға дейінгі және кейінгі құбыр аумәліметтері; ε - сығылу коэффициенті ; $R_{п.р.}$ – жұмсарту коэффициенті; a – клапан қалыңдығы)

A) $\xi = 3,5a/d$

B) $\xi = 1,5\left(\frac{1}{\varepsilon} - 1\right)^2$

C) $\xi = 2,5R\left(\frac{1}{\varepsilon} - 1\right)^2$

D) $\xi = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1\right)^2$

E) $\xi = 2,5[0,2 + 0,01(100\lambda)^8] \sqrt{\frac{d}{R}}$

108. Сұйықтың жылдамдық пульсациясыз және соған орай молярлы араласусыз қозғалыс қалай аталады?

A) ламинарлы

B) арынсыз

- C) құйынсыз
- D) жатықөзгеретін
- E) жазық

109. Турбулентті қозғалыстың дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз

- A) бөліну бұрышының шамасы өте аз сұйықтың бейқалыпты қозғалысы
- B) сұйықтың өзінің ауырлық ортасы айналасында бөлшектерінің айналмай қозғалуы
- C) сұйықтың еркін бетсіз қозғалысы
- D) молярлы араласуына байланысты сұйықтың жылдамдық пульсациясымен қозғалысы
- E) қандай да бір қозғалмайтын жазықтыққа сұйықтың параллель қозғалысы, осы кезде оның сипаттамалары жазықтыққа, арақашықтыққа байланысты емес

110. $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{R_e}\right)^{0,25}$ кімнің формуласы (R_e – Рейнольдс саны)?

- A) Шевелевтің
- B) Пуазейльдің
- C) Шифринсонның
- D) Блазиустың
- E) Альтшульдің

111. Ұзындық бойынша кедергілік коэффициентін λ анықтау үшін Пуазейль формуласын көрсетіңіз (R_e – Рейнольдс саны, Δ - бұжырлықтың биіктігі, d – диаметр)

A) $\lambda = \frac{0,021}{d^{0,3}}$

B) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{R_e}\right)^{0,25}$

C) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0,25}$

D) $\lambda = \frac{0,316}{R_e^{0,25}}$

E) $\lambda = \frac{64}{R_e}$

112. Ұзындық бойынша кедергілік коэффициентін λ анықтау үшін Альтшуль формуласын көрсетіңіз (R_e – Рейнольдс саны, Δ - бұжырлықтың биіктігі, d – диаметр)

A) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{R_e}\right)^{0,25}$

B) $\lambda = \frac{64}{R_e}$

C) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0,25}$

D) $\lambda = \frac{0,316}{R_e^{0,25}}$

E) $\lambda = \frac{0,021}{d^{0,3}}$

113. Ұзындық бойынша кедергілік коэффициентін λ анықтау үшін Шифринсон формуласын көрсетіңіз (R_e – Рейнольдс саны, Δ - бұжырлықтың биіктігі, d – диаметр)

A) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0,25}$

B) $\lambda = \frac{64}{R_e}$

C) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{R_e}\right)^{0,25}$

D) $\lambda = \frac{0,316}{R_e^{0,25}}$

E) $\lambda = \frac{0,021}{d^{0,3}}$

114. Ұзындық бойынша кедергілік коэффициентін λ анықтау үшін Блазиус формуласын көрсетіңіз (Re – Рейнольдс саны, Δ - бұжырлықтың биіктігі, d – диаметр)

A) $\lambda = \frac{64}{Re}$

B) $\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$

C) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0,25}$

D) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0,25}$

E) $\lambda = \frac{0,021}{d^{0,3}}$

115. Ұзындық бойынша кедергілік коэффициентін λ анықтау үшін Шевелев формуласын көрсетіңіз (Re – Рейнольдс саны, Δ - бұжырлықтың биіктігі, d – диаметр)

A) $\lambda = \frac{64}{Re}$

B) $\lambda = \frac{0,021}{d^{0,3}}$

C) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0,25}$

D) $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0,25}$

E) $\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$

116. $\lambda = \frac{64}{Re}$ кімнің формуласы (Re – Рейнольдс саны)?

A) Шифринсонның

B) Альтшульдің

C) Пуазейльдің

D) Блазиустың

E) Шевелевтің

117. $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0,25}$ кімнің формуласы (Δ - бұжырлықтың биіктігі, d – құбыр диаметрі)?

A) Пуазейльдің

B) Альтшульдің

C) Шифринсонның

D) Блазиустің

E) Шевелевтің

118. $\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$ кімнің формуласы (Re – Рейнольдс саны)?

A) Пуазейльдің

B) Шифринсонның

C) Альтшульдің

D) Блазиустің

E) Шевелевтің

119. Су үшін Рейнольдс санының шектік алмағайып шамасын көрсетіңіз.

A) 50

B) 320

C) 1000

D) 2320

E) 500

120. Рейнольдс саны қалай анықталады (Re – Рейнольдс саны, ν -жылдамдық, d – диаметр, ν - тұтқырлықтың кинематикалық коэффициенті, λ - кедергілік коэффициенті)?

A) $Re=4000\div 100000$

B) $Re=500\div 600$

C) $\lambda = \frac{64}{R_e}$

D) $Re = \frac{vR}{\nu}$

E) $Re = \frac{v d}{\nu}$

121. Сұйық қозғалысының режимін анықтайтын басты критерий?

A) диаметр

B) қарсыласу коэффициенті

C) жылдамдық

D) тұтқырлық

E) Рейнольдс саны

122. Шези коэффициентін анықтау үшін Н.Н. Павловский формуласын көрсетіңіз.

A) $C = \frac{1}{n} R^y$

B) $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$

C) $C = 17,72 (K + 1gR)$

D) $C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$

E) $C = 201g \frac{2}{100i}$

123. Шези коэффициентін анықтау үшін Маннинг формуласын көрсетіңіз.

A) $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$

B) $C = \frac{1}{n} R^y$

C) $C = 17,72 (K + 1gR)$

$$D) C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$$

$$E) C = 20 \lg \frac{2}{100i}$$

124. Шеши коэффициентін анықтау үшін Пуазейль формуласын көрсетіңіз.

$$A) C = 2,5 \frac{1}{n} R^{1/6}$$

$$B) C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$$

$$C) C = 1,5 \frac{1}{n} R^y$$

$$D) C = 17,72 (K + \lg R)$$

$$E) C = 20 \lg \frac{2}{100i}$$

125. $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$ (n – кедір-бұжырлық коэффициенті, R – гидравликалық радиус)

кімнің формуласы?

A) Павловский

B) Маннинг

C) Агроскин

D) Пуазейль

E) Альтшуль

126. Жергілікті кедергілерден жоғалған арын қалай анықталады?

$$A) h_j = \xi_j v^3 / 2g$$

$$B) h_j = \xi_j v / 2g$$

$$C) h_j = \xi_j v^2 / 2g$$

$$D) h_j = \xi_j v^4 / 2g$$

$$E) h_j = \xi_j v^4 / 3g$$

127. Толық жоғалған арын неден құралады?

A) $h_w = h_{дл} + \Sigma h_M + 10$

В) кедергілерден жоғалған арын

C) $h_w = \Sigma h_{дл} + \Sigma h_M + 5$

D) $h_w = \Sigma h_{дл} + \Sigma h_M$ ($h_{дл}$ - ұзындық бойынша жоғалған арын, h_M – жергілікті кедергілерден жоғалған арын);

E) $h_w = \Sigma h_{дл} + \Sigma h_M + 25$

128. Ламинарлы режімде Дарси коэффициенті қалай анықталады?

A) $\lambda = 0,22 (\Delta \varepsilon/d)^2$

B) $\lambda = 0,44 (\Delta \varepsilon/d)$

C) $\lambda = 0,33 (\Delta \varepsilon/d)^{0,25}$

D) $\lambda = 64/R_e$

E) $\lambda = 0,66 (\Delta \varepsilon/d)^2$

129. λ (гидравликалық кедергілер коэффициенті) үшін Блазиус заңын көрсетіңіз

A) $\lambda = 0,44 (\Delta \varepsilon/d)^{0,25}$

B) $\lambda = 64/R_e$

C) $\lambda = 0,11 (\Delta \varepsilon/d)$

D) $\lambda = A \cdot R_e$

E) $\lambda = 0,316/R_e^{0,25}$

130. λ (гидравликалық кедергілер коэффициенті) үшін Альтшуль заңын көрсетіңіз

A) $\lambda = 0,44 (\Delta \varepsilon/d)^{0,25}$

B) $\lambda = 64/R_e$

C) $\lambda = 0,22 (\Delta \varepsilon/d)$

D) $\lambda = 0,33 (\Delta \varepsilon/d)^{0,25}$

E) $\lambda = 0,11 (\Delta \varepsilon/d + 68/R_e)^{0,25}$

131. λ (гидравликалық кедергілер коэффициенті) үшін Шифринсон заңын көрсетіңіз

A) $\lambda = 0,11 (\Delta \varepsilon/d)^{0,25}$;

B) $\lambda = 64/R_e$;

C) $\lambda = A \cdot R_e$;

D) $\lambda = B \cdot R_e^{-A}$.

E) $\lambda = C \cdot R_e$

132. $\lambda = f(\Delta, R_e)$ байланыс графигін кім бірінші құрастырды?

A) Никурадзе;

B) Прандталь;

C) Карман;

D) Зегэнда.

E) Рейнольдс

133. Борд формуласын көрсетіңіз

A) $h_j = \xi_j v/2g$;

B) $h_j = \xi_j v^2/2g$;

C) $h_j = \xi_j v^3/2g$;

D) $h_j = \xi_j v^4/2g$.

E) $h_j = \xi_j v^4/3g$

134. Дарси – Вейсбах формуласын көрсетіңіз

A) $h_{oi} = \lambda \cdot \frac{l}{d}$

B) $h_{oi} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$

C) $h_{oi} = \frac{v^2}{2g}$

D) $h_{ол} = \lambda \cdot \frac{v^2}{2g}$

E) $h_{ол} = \omega \cdot \frac{v^2}{2g}$

135. Ағынның орташа жылдамдығы қалай анықталады?

A) $v = \frac{Q}{\omega}$

B) $v = \omega \cdot \chi$

C) $v = \frac{\omega}{\chi}$

D) $v = Q \cdot \omega$

E) $v = 2,5 \frac{\omega}{\chi}$

136. Ағын қозғалысының ламинарлы режимі қалай сипатталады?

A) қозғалыс қабатты

B) буырқанған қозғалыс

C) бұрандалы қозғалыс

D) құйынды қозғалыс

E) бұрмаланған қозғалыс

137. Құбыр ішіндегі қозғалыс режимін сипаттайтын критерийді атаңыз.

A) Фруд критерийі

B) Рейнольдс критерийі

C) Эйлер критерийі

D) Ньютон критерийі

E) Вебер критерийі

138. Температураға байланысты Рейнольдс саны қалай өзгереді?

A) температура өскен сайын Рейнольдс саны кемиді

B) температура өскен сайын Рейнольдс саны үлкейеді

- С) Рейнольдс саны температура мөлшерлерге тәуелсіз
- Д) Рейнольдс саны тұрақты шама
- Е) температура өскен сайын Рейнольдс саны алдымен өседі соңында төмендейді

139. Диаметрі d құбыр ішінде Рейнольдс саны $Re = 50\,000$ болған жағдайда қозғалыс режимін атаңыз.

- А) тыныш режим
- В) ламинарлы режим
- С) турбулентті режим
- Д) буырқанған режим
- Е) қайнаған режим

140. Дарси-Вейсбах формуласын көрсетіңіз.

- А) $h_{\text{дп}} = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}$
- В) $h_{\text{дп}} = (1 - \frac{\omega_1}{\omega_2})^2$
- С) $h_{\text{дп}} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$
- Д) $h_{\text{дп}} = \frac{8g}{c^2}$
- Е) $h_{\text{дп}} = 2,5(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2})^2$

141. Қозғалыс режимін қалай анықтауға болады?

- А) Re Рейнольдс санын Eu Эйлер санымен салыстыру керек
- В) Re Рейнольдс санын $v_{\text{ал}}$ алмағайып жылдамдықпен салыстыру керек
- С) Re Рейнольдс санын Fr Фруд санымен салыстыру керек
- Д) Re Рейнольдс санын $Re_{\text{ал}}$ алмағайып Рейнольдс санымен салыстыру керек
- Е) Re Рейнольдс санын өтім қимасының аумөлшерлерімен салыстыру керек

142. Диаметрі d құбыр ішінде Рейнольдс саны $Re = 500$ болған жағдайда қозғалыс режимін атаңыз.

- A) буырқанған режим
- B) турбулентті режим
- C) тыныш режим
- D) ламинарлы режим
- E) қайнаған режим

143. Құбырдағы бірқалыпты қозғалыстағы сұйықтың өтімі қалай анықталады?

- A) $Q = 2,5C\sqrt{RJ}$
- B) $Q = 3,5C\sqrt{RJ}$
- C) $Q = 1,5\omega\sqrt{Ri}$
- D) $Q = K\sqrt{R}$
- E) $Q = \omega \cdot C\sqrt{RJ}$

144. Диаметрі d құбыр ішінде Рейнольдс саны $Re = 1000$ болған жағдайда қозғалыс режимін атаңыз.

- A) буырқанған режим
- B) турбулентті режим
- C) тыныш режим
- D) ламинарлы режим
- E) қайнаған режим

145. Қандай құбырлар «ұзын» деп саналады?

- A) Ұзын су құбырлары
- B) Ұзын мұнай құбырлары
- C) Жергілікті кедергілерден жоғалған арын шамасы құбырдың ұзындығы бойынша жоғалған арын шамасына қарағанда өте аз болған жағдайда

D) Тараусыз құбырлар

E) Күрделі құбырлар

146. Қандай құбырлар «қысқа» деп саналады

A) Тараусыз құбырлар

B) Қысқа құбырлар

C) Құбырдың ұзындығы бойынша жоғалған арыны мен қатар жергілікті кедергілерден жоғалған арын ескерілетін құбырлар

D) Вентиль, задвижкалары жоқ құбырлар

E) Ұзын мұнай құбырлары

147. Қандай құбырлар «жай құбырлар» деп аталады?

A) жай темірлерден жасалған құбыр

B) арзан құбыр

C) қысқа құбыр

D) диаметрі кіші құбыр

E) жан жаққа тарауы жоқ құбырлар

148. Сифон қандай құбыр түріне жатады?

A) арзан құбыр түріне

B) қысқа құбыр түріне

C) ұзын құбыр түріне

D) күрделі құбыр түріне

E) жай құбыр түріне

149. Сорғының соратын келте құбыры қандай құбыр түріне жатады?

A) қысқа құбыр түріне қысқа

B) қысқа құбыр түріне

C) ұзын құбыр түріне

D) күрделі құбыр түріне

Е) арзан құбыр түріне

150. Саптама дегеніміз не?

- А) тесікке орнатылған дюкер
- В) тесікке қосылған ұзын құбыр
- С) тесікке қосылған кең табанды суағар
- Д) тесікке қосылған акведук
- Е) тесікке қосылған қысқа құбыр

151. Резервуар ішінде орнатылған цилиндрлі саптама қалай аталады?

- А) Борд саптамасы
- В) Рейнольдс саптамасы
- С) Ньютон саптамасы
- Д) Вентури саптамасы
- Е) Торричелли саптамасы

152. Су астына кіші тесіктен аққан судың өтім формуласын көрсетіңіз жидкости

- А) $Q = \mu\omega\sqrt{2gz}$
- В) $Q = \sqrt{2gh}$
- С) $Q = \varphi\sqrt{2H}$
- Д) $Q = \frac{\alpha V^2}{2g}$
- Е) $Q = \omega D\sqrt{2gh}$

153. Су деңгейі астына кіші тесіктен аққан судың $Q = \mu\omega\sqrt{2gz}$ өтім формуласындағы μ шамасы қалай аталады?

- А) өтім коэффициенті
- В) жылдамдық коэффициенті

- C) Кориолис коэффициенті
- D) Вебер коэффициенті
- E) ағынның сығылу коэффициенті

154. Ағынның тесіккен аққан судың көлденең формасының өзгеруі қалай аталады?

- A) ағынның инверсиясы
- B) гидравликалық парадокс
- C) ағынның толық сығылуы
- D) ағынның толық емес сығылуы
- E) аэрация

155. Қандай тесік кіші деп аталады?

- A) Тік өлшемі 0,1 Н – тан кем тесік
- B) Горизонталь өлшемі 10 мм –ден кем тесік
- C) Тік өлшемі 10 мм –ден кем тесік
- D) Диаметрдің d үлкен шамасы 5 м –ден кем тесік
- E) Тік өлшемі 2 м –ден кем тесік

156. Қандай тесік үлкен деп аталады?

- A) тік өлшемі 0,1 Н – тан үлкен тесік
- B) горизонталь өлшемі 20 мм –ден үлкен тесік
- C) өлшемі 20 м –ден үлкен тесін
- D) диаметрдің d үлкен шамасы 5 м –ден үлкен тесік
- E) тік өлшемі 2 м –ден кем тесік

157. Тұрақты деңгейде кіші тесіктен аққан судың өтім формуласын көрсетіңіз

- A) $Q = \mu\omega\sqrt{2gH}$
- B) $Q = \sqrt{2gh}$
- C) $Q = \varphi\sqrt{2H}$

$$D) Q = \frac{\alpha V^2}{2g}$$

158. Сыртқы цилиндрлі саптама қалай аталады?

- A) Борд саптамасы
- B) Рейнольдс саптамасы
- C) Ньютон саптамасы
- D) Вентури саптамасы
- E) Торричелли саптамасы

159. Тұрақты деңгейде кіші тесіктен аққан судың жылдамдығының формуласын көрсетіңіз

- A) $V = \varphi \sqrt{2gH}$
- B) $V = 2\alpha \sqrt{2gh}$
- C) $V = \beta \sqrt{5H}$
- D) $V = \frac{\alpha}{2g}$
- E) $V = \omega D \sqrt{3gh}$

160. Құбырдағы сұйықтың жергілікті үдеуінің көбеюінен болатын, қысымның күрт арту құбылысы қалай аталады?

- A) гидравликалық соққы
- B) гидравликалық парадокс
- C) аэрация
- D) кавитация
- E) судың үдеуі

161. Гидравликалық соққы құбылысын кім бірінші зерттеген?

- A) Жуковский Н.Е.
- B) Павловский П.Г.

- С) Николаев А.А.
- Д) О. Рейнольдс
- Е) И. НЬЮТОН

162. Гидравликалық соққы кезінде құбыр ішіндегі қысым қалай өзгереді?

- А) күрт артады
- В) күрт төмендейді
- С) жай баяу көтеріледі
- Д) жай баяу төмендейді
- Е) өзгермейді

163. Соққы толқынының жылдамдығының формуласын көрсетіңіз

А)
$$C = \sqrt{\frac{E_{жс} / \rho}{1 + \frac{D E_{жс}}{e E}}}$$

В)
$$C = 1 + \sqrt{\frac{E_{жс} / \rho}{1 + \frac{D E_{жс}}{e E}}}$$

С)
$$C = 2 + \sqrt{\frac{E_{жс} / \rho}{1 + \frac{D E_{жс}}{e E}}}$$

Д)
$$C = 3 + \sqrt{\frac{E_{жс} / \rho}{1 + \frac{D E_{жс}}{e E}}}$$

Е)
$$C = 5 + \sqrt{\frac{E_{жс} / \rho}{1 + \frac{D E_{жс}}{e E}}}$$

164. Соққының түрлері қандай болады?

- А) түзу және түзу емес
- В) нормальді және көтеріңкі
- С) беттік және қиғаш
- Д) сол және оң
- Е) түзу және жанама

165. Гидравликалық соққы құбылысын пайдаланатын механизм атын атаңыз
- A) Гидравликалық таран
 - B) Гидравликалық домкрат
 - C) Гидравликалық экстрим
 - D) Гидравликалық пресс
 - E) Гидравликалық ватерпас
166. Сұйықтың өтімі дегеніміз не?
- A) сұйық көлемінің өлшем бірлігінің массасы
 - B) құбырдың қимасының аумәліметтері
 - C) уақыттың өлшем бірлігінде құбырдың көлденең қимасы бойынша өтетін судың көлемі
 - D) судың көлемінің салмағы
 - E) сұйықтың ылғалмәліметтерған периметрі
167. «Ағынның көлденең қимасының аумәліметтері» дегеніміз не?
- A) ағынның үлесті салмағы
 - B) ағынның бойлық аумәліметтері
 - C) ағын шамасы
 - D) ағынның бағытына көлденең қимасының аумәліметтері
 - E) ағынның көлемі
168. Каналдың ылғалмәліметтерған периметрінің дұрыс түсініктемесін көрсетіңіз
- A) каналдың жағалары ұзындығының қосындысы
 - B) ағынның бағытына қиғаш өткізілген қимасы
 - C) ағын периметрі
 - D) сумен ылғалмәліметтератын каналдың көлденең қимасының периметрі
 - E) ағын аумәліметтері

169. Каналдың гидравликалық радиус формуласын көрсетіңіз

A) $R = 2,5 \frac{1}{h} C^{\frac{1}{6}}$

B) $R = \frac{\chi}{\omega}$

C) $R = \chi \cdot \omega$

D) $R = \frac{1}{h} C^{\frac{1}{6}}$

E) $R = \frac{\omega}{\chi}$

170. Каналдағы судың орта жылдамдығы формуласын көрсетіңіз

(Q – өтім; V – жылдамдық; ω - көлденең қиманың аумәліметтері; χ - ылғалмәліметтерған периметр; d – диаметр; R – гидравликалық радиус)

A) $V = \frac{8Q}{\Pi d^2}$

B) $V=Q/\omega$

C) $V =Q \cdot \omega$

D) $V=\omega/\chi$

E) $Q=\frac{\Pi r^2}{4}$

171. Гидравликалық еңістік дегеніміз не?

A) судың еркін бетінің еңістігі

B) пьезометрлік сызықтың еңістігі

C) құбыр ұзындығы

D) арын сызығының еңістігі

E) канал табанының еңістігі

172. Каналдағы ағынның минимум улесті энергия шамасына сәйкес тереңдік қалай аталады?

A) минималды тереңдік

- В) максималды тереңдік
- С) алмағайып тереңдік
- Д) нормалды тереңдік
- Е) жай тереңдік

173. Берілген қимадағы сұйықтың салмағына шағылған, ағынның толық энергиясына сай шама қалай аталады ?

- А) үлесті энергия
- В) кинетикалық энергия
- С) потенциалды энергия
- Д) нормалды энергия
- Е) жергілікті энергия

174. Арнада белгілі өтім өтетін бірқалыпты қозғалыс кезіндегі тереңдік қалай аталады ?

- А) нормалды (қалыпты) тереңдік
- В) көтеріңкі тереңдік
- С) максималды тереңдік
- Д) минималды тереңдік
- Е) алмағайып тереңдік

175. Алмағайып тереңдік канал табанының еңістігіне тәуелді ме ?

- А) тәуелсіз
- В) тәуелді
- С) еңістік $0,0001$ -ден үлкен болған жағдайда тәуелді
- Д) еңістік $0,001$ -ден үлкен болған жағдайда тәуелді
- Е) еңістік $0,01$ -ден үлкен болған жағдайда тәуелді

176. Бірқалыпты қозғалыста h_k тереңдігі Q белгілі өтім өтетіне арна табанының еңістігі қалай аталады ?

- А) алмағайып еңістік

- В) динамикалық еңістік
- С) жергілікті еңістік
- Д) гидравликалық еңістік
- Е) нормалды еңістік

177. Ағын бойлық тереңдігі артатын судың еркін бет қисығы қалай аталады ?

- А) алмағайып тереңдік
- В) динамикалық тереңдік
- С) тіреу қисығы
- Д) түсу қисығы
- Е) тарировка қисығы

178. Ағын бойлық тереңдігі төмендейтін судың еркін бет қисығы қалай аталады ?

- А) алмағайып тереңдік
- В) динамикалық тереңдік
- С) тіреу қисығы
- Д) түсу спада
- Е) тарировка қисығы

179. Ағын тереңдігі күрт h_k тереңдіктен төмен h' -ден h'' тереңдікке дейін (h_k ден жоғары) көтерілу құбылысы қалай аталады ?

- А) гидравликалық шапшыма
- В) гидравликалық соққы
- С) тіреу қисығы
- Д) түсу қисығы
- Е) гидравликалық таран

180. Гидравликалық шапшыманың негізгі теңдеуін көрсетіңіз

А)
$$\frac{\alpha_0 Q^2}{g \omega_2} + \omega_2 y_2 = \frac{\alpha_0 Q^2}{g \omega_1} + \omega_1 y_1$$

$$B) \frac{\alpha_0 Q^2}{g \omega_2} + \omega_2 y_2 = 1 + \frac{\alpha_0 Q^2}{g \omega_1} + \omega_1 y_1$$

$$C) \frac{\alpha_0 Q^2}{g \omega_2} + \omega_2 y_2 = 2 + \frac{\alpha_0 Q^2}{g \omega_1} + \omega_1 y_1$$

$$D) \frac{\alpha_0 Q^2}{g \omega_2} + \omega_2 y_2 = 3 + \frac{\alpha_0 Q^2}{g \omega_1} + \omega_1 y_1$$

$$E) \frac{\alpha_0 Q^2}{g \omega_2} + \omega_2 y_2 = 5 + \frac{\alpha_0 Q^2}{g \omega_1} + \omega_1 y_1$$

181. Қимасы трапециялы каналдың негізгі параметрлерін көрсетіңіз

A) b, h, m, n, I, Q

B) h, m, n, I, Q, t, g

C) b, m, n, I, Q, v, g

D) b, h, n, I, Q, s

E) b, h, m, n, g

181. Гидравликалық ең тиімді формалы канал табанының енінің формуласын көрсетіңіз

$$A) \beta_{г.н.} = \left(\frac{b}{h} \right)_{г.н.}$$

$$B) \beta_{г.н.} = 2 + \left(\frac{b}{h} \right)_{г.н.}$$

$$C) \beta_{г.н.} = 3 + \left(\frac{b}{h} \right)_{г.н.}$$

$$D) \beta_{г.н.} = \left(\frac{2b}{h} \right)_{г.н.}$$

$$E) \beta_{г.н.} = 5 + \left(\frac{b}{h} \right)_{г.н.}$$

182. Үстінен су ағатын бөгет құрылым қалай аталады?

A) суағар

B) су қабылдағыш

C) перемычка

D) тосқауыл

E) канал

183. Арнаның гидротехникалық құрылымнан жоғары жағы қалай аталады?

A) төменгі бьеф

B) жоғарғы бьеф

C) шың

D) арын

E) тіреу

184. Арнаның гидротехникалық құрылымнан төменгі жағы қалай аталады?

A) төменгі бьеф

B) жоғарғы бьеф

C) шың

D) арын

E) тіреу

185. Суағардың су ағатын жоғарғы жағы қалай аталады?

A) нижний бьеф

B) верхний бьеф

C) жота (гребень)

D) арын

E) тіреу

186. Суағар өтімінің формуласын көрсетіңіз

A) $Q = mb\sqrt{2g}H_0^{3/2}$

B) $Q = 2mb\sqrt{2g}H_0^{3/2}$

C) $Q = 3mb\sqrt{2g}H_0^{3/2}$

D) $Q = 5mb\sqrt{2g}H_0^{3/2}$

E) $Q = 10mb\sqrt{2g}H_0^{3/2}$

187. Суағар өтімі формуласындағы «m» шамасы не?

- A) өтім коэффициенті
- B) жылдамдық коэффициенті
- C) тіреу коэффициенті
- D) бату коэффициенті
- E) бүйірінен сығылу коэффициенті

188. Суағармәліметтер су аққанда ағын және қабырға аралығына ауа кіретін және қысым атмосфералық болатын суағар түрі қалай аталады?

- A) жетілген
- B) жетілмеген
- C) батырылған
- D) батырылмаған
- E) үлгілі

189. Жұқа қабырғалы тесігі үшбұрышты суағар түрі басқаша қалай аталады?

- A) Томсон суағары
- B) Чиполетти суағары
- C) Офицерова-Кригера суағары
- D) кең табанды суағар
- E) сатылы суұрма суағары

190. Томсон суағары өтімінің формуласын көрсетіңіз

- A) $Q = 1,4H^{5/2}$
- B) $Q = amb\sqrt{2g}H_0^{3/2}$
- C) $Q = 1.86bH^{3/2}$
- D) $Q = 1,7H^{5/2}$
- E) $Q = \varphi\epsilon ab\sqrt{2g(H_0 - \epsilon a)}$

191. Жұқа қабырғалы тесігі трапециялы суағар түрі басқаша қалай аталады?

- A) Томсон суағары
- B) Суағар тезағар
- C) Офицеров-Кригер суағары
- D) кең табанды суағар

192. Чипполетти суағарының өтімі формуласын көрсетіңіз

- A) $Q = 1,4H^{5/2}$
- B) $Q = amb\sqrt{2g}H_0^{3/2}$
- C) $Q = 1.86bH^{3/2}$
- D) $Q = 1,7H^{5/2}$
- E) $Q = \varphi\epsilon ab\sqrt{2g(H_0 - \epsilon a)}$

193. Қақпа астынан аққандағы ағынның сығылған тереңдігінің формуласын көрсетіңіз

- A) $h_c = \epsilon a$
- B) $h_c = \epsilon amb$
- C) $h_c = \epsilon a + 2$
- D) $h_c = \epsilon a\sqrt{2gH}$
- E) $h_c = \epsilon a\sqrt{2g}$

194. Қақпа не үшін орнатылады?

- A) белгілі өтімді өткізу үшін
- B) сүзілуді төмендеті үшін
- C) су қоймасын жасау үшін
- D) сумен қамту үшін
- E) сумен батыру үшін

195. Сығылған тереңдік $h_c = \varepsilon a$ формуласындағы ε шама қалай аталады ?

- A) тігінен сығылу коэффициенті
- B) батырылу коэффициенті
- C) аэрация коэффициенті
- D) өтім коэффициенті
- E) жылдамдық коэффициенті

196. Төменгі бьефтегі ағынмен төбеден түсетін ағынның түйісу режимдері қандай?

- A) түптік, беттік, түптік-беттік аралас
- B) турбулентті және ламинарлы
- C) қалыптасқан және қалыптаспаған
- D) бірқалыпты және қалыпсыз
- E) тыныш және буырқанған

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Әдіраманов Ә Гидравлика (оқулық) -Тараз ТарМУ, 2000 - 400б
2. Ауланбергенов Е.. Гидравлика (оқу құралы). – Алматы: Каз.ҰАУ, 2003. – 100 б
3. Гаврилов М.Б. Гидравлика (оқулық). – Алматы: Каз.ҰТУ, 2004. – 313 б.
4. Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.М. Гидравлика. – М: Госэнергоиздат, 1964. – 352
5. Чугаев Р.Р. Гидравлика – 4-і шығ. – М.: Л.: Энергоиздат, 1982. – 671 б.
6. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – 2-і шығ. – М.: Недра, 1982. – 223 б.
7. Большаков В.А., Попов В.Н. Гидравлика, жалпы курс. – Киев: Высшая школа, 1989. – 213 б
8. Примеры гидравлических расчетов / Под ред. А.И. Богомолова. 2-і шығ., М., 1977. -
9. Сборник задач по гидравлике. Под ред. В.А. Большакова. – Киев: Высшая школа, 1979. – 336
- 10.Справочник по гидравлике. Под ред. В.А. Большакова. – Киев: Высшая школа, 1984.- .
- 11.Справочник по гидравлическим расчетам /Под ред. П.Г. Киселева. 4-е изд. М., 1972.
- 12.Штеренлихт Д.В. Гидравлика. В 4-х книгах.- М.: Энергоатомиздат, 1991. – 638 с.

Ауланбергенов Ә.А., Сейтасанов И.С., Жандаулетова Ф.Р.

ГИДРАВЛИКА

Оқу құрал мамандығы 5В080600- «Аграрлық техника және технология» студенттеріне арналған

Редакторы – **Гүлнар Байқазықызы**

Техникалық редакторы – **Маржан Серікбайқызы**

Ішкі беттеуін жүргізген – **Ғалия Нұрмаханқызы**

Басуға 18.12.2011. Қол қойылды 18.11.2011. Қалпы 60*84/16.

Көлемі 12.8.т. Тапсырыс №129. Таратылымы 500 дана.

Алматы қаласы, «Қанағат» баспасы, 2011