

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

Наманган муҳандислик –педагогика институти

“Қурилиш” факультети

“Муҳандислик тармоқлари қурилиш” кафедраси

**“Суюқлик ва газлар механикаси”
фанидан**

**МУАММОЛИ
МАЪРУЗАЛАР
МАТНИ**

Наманган – 2006

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАҲСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

Наманган муҳандислик–педагогика институти

“Қурилиш” факультети

“Муҳандислик тармоқлари қурилиши” кафедраси

**“Суюқлик ва газлар механикаси”
фанидан**

**МУАММОЛИ
МАЪРУЗАЛАР
МАТНИ**

В5140900–“Бинолар ва саноат иншоотлари қурилиши”, йўналиши бўйича таълим олаётган талабалар учун мўлжалланган.

Институт Услубий
Кенгашида тасдиқланган
“___” _____ 2006й.

Наманган – 2006

Аннотация

Мазкур “Маърузалар матни” В5140900–“Бинолар ва саноат иншоотлари қурилиши”, йўналиши бўйича таълим олаётган талабалар учун мўлжалланган бўлиб, “Суюқлик ва газлар механикаси” фани бўйича ўқув-ишчи дастурига мувофиқ 36 соатлик маъруза машғулотлари мавзуларини ўз ичига олган. Унда суюқликларнинг ва газларнинг мувозанат ва ҳаракат қонунларини ўрганиш ҳамда бу йўналишдаги ўзгаришлар, муаммолар атрофлича ёритиб берилган.

Барча мавзулар бўйича таянч сўз ва ибораларнинг берилганлиги “Маърузалар матни”дан янада самарали фойдаланиш имконини беради.

Маърузалар матни “Мухандислик тармоқлари қурилиши” кафедраси йиғилишида кўриб чиқилган ва маъқулланган.
Мажлис баёни № “___” _____ 2006й

Маърузалар матни “Қурилиш” факультети услубий кенгашида кўриб чиқилган ва тасдиқланган.
Мажлис баёни № “___” _____ 2006й

Муаллифлар: т.ф.н., доц. в.б. Тўхтабаев А.А.
катта ўқитувчи Исоқов М.

Тақризчи: Рашидов Ю.К. ТАҚИ, кафедра мудир.
Имомназаров О. Поп қурилиш ва майший хизмат касб-ҳунар коллежи директори

Сўз боши

Ўзбекистон Республикаси мустақилликка эришиб порлоқ келажак сари дадил одим ташламоқда. Бунда келажакимиз пойдевори бўлмиш ёшлар тарбиясига, уларнинг маънавий пок, инсоний фазилатларга бой бўлган чуқур билимли етук мутахассис бўлиб етишишларига катта эътибор берилмоқда.

Ёш мутахассис кадрларни тайёрлашда техник адабиётларнинг, шу жумладан дарслик ва ўқув қўлланмаларининг тутган ўрни бекиёсдир. Лекин бугунги кунда “Суюқлик ва газлар механикаси” фани бўйича мавжуд адабиётларнинг сон жихатдан ҳам, сифат жихатдан ҳам талаб даражасида эмаслиги ҳеч кимга сир эмас.

Бу йўналишдаги муаммоларни бироз бўлсада ҳал қилиш, “Суюқлик ва газлар механикаси” фанини талабалар томонидан чуқур ўзлаштиришга эришиш мақсадида мазкур “Маърузалар матни” тузилди.

“Маърузалар матни” биринчи бор ўзбек тилида ёзилганлиги учун унда хато ва камчиликларнинг бўлиши эҳтимолдан холи эмас. Бу тўғрида фикр – мулохазаларини билдирган талаба ва ҳамкасабаларимизга олдиндан ўз миннатдорчилигимизни билдирамыз.

Муаллифлар.

I – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Кириш. Суюқликларнинг асосий хоссалари

Режа

- 1. Суюқликларнинг мувозанат ва ҳаракат қонунлари.**
- 2. Суюқлик тўғрисида асосий тушунчалар.**
- 3. Суюқликларда босим.**

Таянч сўз ва иборалар:

Суюқликнинг мувозанати, ҳаракат қонунлари, юза, босим йўналиши, бир-бирлик юзага берилган босим, идеал суюқлик, реал суюқлик, идеал ва реал суюқлик хоссалари.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

1. Қандай жисмлар сувда сузиб юради?
2. Гидравлика фанининг ривожланишига хисса қўшган олимлар ҳақида нималарни биласиз?
3. Суюқликларнинг асосий хоссаларини гапириб беринг?
4. Идиш сиртидан Н метр чуқурликда турган жисмга қандай кучлар таъсир этади.

Суюқликларнинг мувозанат ва ҳаракат қонунларини ўрганувчи ҳамда бу қонунларни техниканинг ҳар хил соҳаларига тадбиқ этиш билан шуғулланувчи фан гидравлика деб аталади.

Гидравлика суюқликларда кучларнинг тарқалиши ва унинг ҳаракат давомида ўзгариб бориши қонунларини ҳар хил қурилмалар ва машиналарни ҳисоблаш ҳамда лойиҳалашга тадбиқ этиш билан ҳам шуғулланилади.

Гидравлика шунингдек, гидротехника, ирригация, сув таъминоти ва канализация, нефть механикаси каби бир қанча фанларнинг асоси ҳисобланади. Инсоният тарихининг дастлабки даврларидаёқ сувдан фойдаланиш ҳаётда маълум ўрин эгаллаган. Археологик текширишлар одамлар жуда қадим замонларданок (эрамиздан 4000-2000 йиллар аввал) турли гидротехника иншоотлари қурилишни билганликларини кўрсатади.

Қадимги Хитойда, Мисрда, Грецияда, Римда, Ўрта Осиёда ва бошқа ибтидоий маданият ўчоқларида кемалар, тўғонлар, водопровод ва суғориш системалари бунёд этилганлиги тўғрисида маълумотлар мавжуд. Бу қурилмаларнинг қолдиқлари ҳанузгача сақланиб қолган.

Бизгача етиб келган, гидравликага алоқадор илмий ишлардан биринчиси Архимеднинг “Сузиб юрувчи жисмлар ҳақида” асаридир. Суюқлик қонунларининг очилиши эрамизнинг XVI-XVII асрларидан бошланди. Буларга Леонардо да Винчининг суюқликларнинг ўзандаги ва трубадаги ҳаракати, жисмларнинг сузиб юриши ва бошқаларга боғлиқ ишлари, С.Стевеннинг суюқликнинг идиш тубига ва деворларига таъсир қилувчи босим кучи, Г.Галилейнинг жисмларнинг суюқликдаги ҳаракати ва мувозанати ҳақидаги ишлари, Е.Торичеллининг суюқликларнинг кичик тешиқдан оқиб чиқиши, Б.Паскалнинг босимнинг суюқлик орқали узатилиши тўғрисидаги, И.Ньютоннинг суюқликлардаги ички қаршиликлар қонуни ва бошқа ишлар киради. Кейинчалик суюқликларнинг мувозанат ва ҳаракат

қонунлари икки йўналиш бўйича тараққий қила бошланди. Булардан бири тажрибаларга асосланган гидравлика бўлса, иккинчиси назарий механиканинг мустақил бўлими сифатида тараққий қила бошлаган назарий гидромеханика эди.

Назарий гидромеханика аниқ математикага асосланган бўлиб, суyoқлик қонунларини дифференциал тенгламалар билан ифодалаш ва уларни ечишга асосланди. Бу назарий билимларнинг тараққий қилишига XVII-XVIII асрларда яшаган буюк математик-механик олимлар Л.Эйлер, Д.Бернулли, М.Ломоносов, Лагранжларнинг илмий асарлари асос бўлди. У вақтдаги ишлар соф назарий бўлиб, суyoқликларнинг физик хоссаларини идеаллаштириб кўрар ва олинган натижалар ҳаракат тарзларини тўғри ифодалагани билан тажриба натижаларидан жуда узоқ эди. Шунинг учун бу ишлар гидромеханиканинг тараққиётида атайлик муҳим рол ўйнамас эди ва гидромеханика ўша замон техникаси кўйган талабга жавоб бера олмас эди. XVIII-XIX асрларда Шези, Дарси, Буссинеск, Вейсбах ва бошқа олимларнинг ишлари ҳозирги замонда гидравлика деб аталувчи амалий фаннинг асосий бўлди.

ГИДРАВЛИКА. СУYOҚЛИКЛАРНИНГ АСОСИЙ ХОССАЛАРИ

Суyoқлик тўғрисида асосий тушунчалар

Жуда кичик миқдордаги кучлар таъсирида ўз шаклини ўзгартирувчи физик жисмлар *суyoқликлар* деб аталади. Улар қаттиқ жисмлардан ўз заррачаларининг жуда ҳаракатчанлиги билан ажралиб туради ва оқувчанлик хусусиятига эга бўлади. Шунинг учун улар қайси идишга кўйилса, ўшанинг шаклини олади.

Гидравликада суyoқликлар икки гурппага: *томчиланувчи* (капельные) *суyoқликларга* ва *газсимон суyoқликларга* ажралади. Суyoқлик деганда томчиланувчи суyoқликни тушунишга одатланилган бўлса, улар сув, спирт, нефть, симоб, турли мойлар ва табиатда ҳам техникада ҳам учраб турувчи бошқа ҳар хил суyoқликлардир.

Томчиланувчи суyoқликлар бир қанча хусусиятларга эга:

- 1) ҳажми босим таъсирида жуда кам ўзгаради ва сиқилишга қаршилиги жуда катта;
- 2) ҳарорат ўзгариши билан ҳажми оз миқдорда ўзгаради;
- 3) чўзувчи кучларга деярли қаршилик кўрсатмайди;
- 4) сиртида молекулалараро ўзаро қовушқоқлик кучи юзага келади ва у сирт таранглик кучини юзага келтиради.

Томчиланувчи суyoқликнинг бошқа хусусиятлари тўғрисида кейинчалик яна тўхталиб ўтамиз.

Газлар томчиланувчи суyoқликлардагига нисбатан ҳам тезроқ ҳаракатланувчи заррачалардан ташкил топган бўлиб, улар босим ва температура таъсирида ўз ҳажмини тезроқ ўзгартиради. Улардан чўзувчи кучга қаршилик ва қовушқоқлик кучи томчиланувчи суyoқликларга нисбатан жуда ҳам кам. Газлар билан газ динамикаси, термодинамика ва аэродинамика фанлари шуғулланади.

Гидравлика курси асосан томчиланувчи суyoқликлар билан шуғулланади. Шунинг учун буни бундан буён тўғридан-тўғри суyoқлик деб атайвераимиз.

Суyoқликлар туташ жисмлар қаторига киради ва мувозанат ҳамда ҳаракат ҳолларида доимо қаттиқ жисмлар (суyoқлик солинган идиш туби ва деворлари, труба ва каналларнинг деворлари ва бошқалар) билан чегараланган бўлади.

Суюқликлар газлар (ҳаво) билан ҳам маълум чегара бўйича ажралиши мумкин. Бу чегара эркин сирт (свободная поверхность) деб аталади.

Суюқликлар силжитувчи кучларга сезиларли даражада қаршилик кўрсатади ва бу қаршилик ички кучлар сифатида намоён бўлади. Уларни аниқлаш суюқликлар ҳаракатини текширишда муҳим аҳамиятга эгадир.

Суюқликларга таъсир қилувчи кучлар

Суюқликларга таъсир қилувчи кучлар қўйилиши усулига қараб ички ва ташқи кучларга ажралади:

ички кучлар - суюқлик заррачаларининг ўзаро таъсири натижасида юзага келади;

ташқи кучлар - суюқликка бошқа жисмларнинг таъсирини ифодалайди (масалан, суюқлик солинган идиш деворларининг таъсири, очиқ юзага таъсир қилаётган ҳаво босими ва ҳ.).

Ички кучлар силжитувчи кучларга қаршилик сифатида намоён бўлади ва *ички ишқаланиш кучи* дейилади. Ташқи кучларни юза бўйича ва ҳажм бўйича таъсир қилувчи кучлар сифатида кўриш мумкин. Шунинг учун суюқликларга таъсир қилувчи кучлар юза бўйича ёки ҳажм бўйича таъсир қилинишига қараб юзаки ва масса кучларига бўлинади.

Юзаки кучлар - қаралаётган суюқлик ҳажмининг сиртларига таъсир қилувчи кучлардир. Уларга босим кучи, сирт таранглик кучи, суюқлик солинган идиш деворининг реакция кучлари, ишқи ишқаланиш кучи киради. Ички ишлақаланиш кучлари суюқлик ҳаракат қилинган вақтда юзага келади ва қовушқоқлик хусусиятини юзага келтиради (аввалги параграфга қаранг).

Масса кучлари - қаралаётган суюқликнинг ҳажмининг ҳир бир заррасига таъсир қилади ва унинг массасига пропорционал бўлади. Уларга оғирлик ва инерция кучлари киради.

Суюқликларда босим

Суюқликларга таъсир қилувчи асосий кучлардан бири *гидростатик* босимдир. Бу ерда мувозанат ҳолатидаги суюқликнинг ихтиёрий ҳажми ифодаланган. Бу ҳажм ичида ихтиёрий A нуқта олиб, ундан BC текислик ўтказамиз. Натижада ҳажм икки қисмга ажралади. BC сиртда A нуқта атрофида бирор S юза ажратамиз. Ҳажмнинг I қисми орқали II қисмига BC юза бўйича босим кучи берилади.

Бу кучнинг S юзага таъсир қилган қисмини P билан белгилаймиз.

қаралаётган S юзага таъсир қилувчи P куч *гидростатик босим кучи* ёки қисқача *гидростатик куч* дейилади. P кучи II қисмга нисбатан ташқи куч, бутун ҳажмга нисбатан эса ички куч ҳисобланади. P кучнинг S юзага нисбати бу юзанинг бирлик миқдорига таъсир қилувчи кучни беради ва у ўртача гидростатик босим деб аталади:

$$p_{yp} = \frac{P}{S}, \quad (1.1)$$

Агар S юзани кичрайтира бориб, нуқтага интилтирсак ($S \rightarrow 0$), p_{yp} бирор чегаравий нуқтага интилади:

$$p_{yp} = \lim_{S \rightarrow 0} \frac{P}{S} \quad (1.2)$$

Бу қиймат A нуктага таъсир қилаётган босимни беради ва у гидростатик босим деб аталади. Умумий ҳолда гидростатик босим p билан ўртача гидростатик босим $p_{\text{ўр}}$ тенг эмас. Улар бири биридан кичик миқдорга фарқ қилади.

Гидростатик босим Н/м^2 билан ўлчанади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Сууюқликнинг мувозанати.
2. Сууюқликнинг ҳаракат қонунлари.
3. Реал сууюқлик нима?
4. Идеал сууюқлик нима?
5. Босим нима?
6. Сууюқлик тўғрисида асоосий тушунчалар.
7. Сууюқликнинг юзага берган босимини тушунтиринг.
8. Сууюқликларнинг мувозанат ва ҳаракат қонунларини тушунтиринг.
9. Сууюқлик тўғрисидаги асосий тушунчаларни айтинг.
10. Сууюқликларда босим қандай бўлади?

II – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюқликларнинг физик хоссалари

Режа

1. Солиштирма оғирлик.
2. Солиштирма хажм.
3. Зичлик.
4. Суюқликларнинг хажм ўзгариши.

Таянч сўз ва иборалар:

Солиштирма оғирлик, хажм, зичлик, ёпишқоқлик, иссиқлик кенгайиши, сиқилиши, суюқликнинг хажм ўзгариши, суюқликнинг шиқаланиши.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

1. Суюқликнинг асосий физик хоссалари ҳақида нима биласиз?
2. Суюқликларди шиқаланиш қандай вужудга келади?
3. Суюқликлар сиқилмайди деб ҳисобланади. Шу фикр тўғрими?
4. Қовушқоқликни қандай аниқлаш мумкин?

1. Солиштирма оғирлик. Суюқликнинг хажм бирлигига тенг миқдорининг оғирлиги унинг *солиштирма оғирлиги* деб аталади ва грекча γ ҳарфи билан белгиланади. Юқорида айтилган таърифга асосан

$$\gamma_K \frac{G}{V} \quad (2.1)$$

бу ерда V - суюқлик хажми (бирилиги m^3), G – оғирлиги (бирилиги Н). Солиштирма оғирликнинг ўлчов бирлиги СИ системасида

$$[\gamma]_K \frac{[G]}{[V]} = \frac{H}{M^3},$$

техник системада эса $\frac{kГ}{M^3}$ бўлиб, улар ўзаро қуйидагича боғланган:

$$1 \frac{kГ}{M^3} \approx 9,80665 \frac{H}{M^3}$$

Солиштирма оғирлик хажми аввалдан маълум бўлган турли идишлардаги суюқликларнинг оғирлигини ўлчаш усули билан ёки ареометр ёрдами билан аниқланади.

Солиштирма оғирлик босимга ва температурага боғлиқ бўлиб, улар ўртасидаги муносабат идеал газлар учун қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$\frac{p}{\gamma} = RT \quad (2.2)$$

бу ерда p - босим, $\left(\frac{H}{M^2}\right)$, T - абсолют температура R - газ доимийси

$$(R_{\text{хаво}} \overset{\text{Ж}}{\underset{K287}{\text{-----}}}, \quad R_{\text{метан}} \overset{\text{Ж}}{\underset{K518}{\text{-----}}})$$

кГ·град

кГ·град

Суюқлик солиштирма оғирлигининг 4^0C даги сувнинг солиштирма оғирлигига нисбати унинг нисбий солиштирма оғирлиги бўлади.

2. Солиштирма ҳажм. Суюқликнинг оғирлик бирлигидаги миқдорининг ҳажми *солиштирма ҳажм* дейилади ва ҳажмни оғирликка бўлиш йўли билан аниқланади:

$$v_k \frac{V}{G} \quad (2.3)$$

(2.1) ва (2.3) формулалардан кўриниб турибдики:

$$\gamma \cdot v_k \text{ ёки } v_k \frac{1}{\gamma}$$

Солиштирма ҳажмнинг ўлчов бирилиги СИ системасида:

$$[v]_k \frac{[V]}{[G]} = \frac{M^3}{H}$$

Солиштирма ҳажм ҳам солиштирма оғирлик каби босим ва температурага боғлиқ бўлиб, у (2.3) нинг бошқа кўриниши

$$p v_k R T \quad (2.4)$$

орқали ифодаланади.

3. Зичлик. Суюқликнинг ҳажм бирлигига тўғри келган тинч ҳолатдаги массаси унинг *зичлиги* деб аталади. Бу таърифга асосан

$$\rho_k \frac{M}{V} \quad (2.5)$$

бунда M - суюқликнинг массаси (бирлиги $\frac{H \cdot c^2}{M}$)

Зичликнинг ўлчов бирилиги қуйидагича аниқланади:

$$[p] = \frac{M}{L^3} = \frac{H \cdot c^2}{M^4}$$

Баъзан нисбий зичлик тушунчаси киритилади. Суюқлик зичлигининг сувнинг 4^0C иссиқликдаги зичлигига нисбати унинг нисбий зичлиги бўлади. (2.4) ва (2.1) лардан кўриниб турибдики, зичлик билан солиштирма оғирлик ўзаро қуйидагича боғланган:

$$\rho_k \frac{\gamma}{g}$$

у ҳолда нисбий зичлик ва нисбий солиштирма оғирликлар ўзаро қуйидагича боғланади:

$$\rho_{\text{нисб}} \frac{M_{\text{суюк}}}{G_{\text{суюк}}} = \rho_{\text{нисб}} \frac{M_{\text{сув}}}{G_{\text{сув}}} \quad (2.6)$$

Зичлик температурага боғлиқ бўлиб, одатда, температура ортиши билан камаяди. Бу ўзгариш нефть маҳсулотлари учун қуйидаги муносабат орқали ифодаланади:

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta_t (t - 20)} \quad (2.7)$$

бунда t - температура (бирлиги $^{\circ}\text{C}$), β_t - ҳажмий кенгайиш температура коэффиценти; p_{20} - суюқликнинг 20°C даги зичлиги.

Сувнинг зичлиги бу қонундан мустасно бўлиб, унинг зичлиги энг катта қийматга 4°C (аниқроғи $3,98^{\circ}\text{C}$) да эга бўлади. Унинг иссиқлиги бундан ошса ҳам, зичлиги камайиб боради.

4. Суюқликларнинг иссиқликдан кенгайиши. Юқорида айтиб ўтилганидек, зичлик иссиқлик ўзгариши билан ўзгариб боради. Бу эса ўз-ўзидан иссиқлик ўзгариши билан ҳажмнинг ўзгаришини кўрсатади. Суюқликларнинг бу хусусиятини гидравлик машиналарни ҳисоблаш ва турли масалаларни ҳал қилиш вақтида назарга олиш зарур бўлади.

Суюқликнинг иссиқликдан кенгайишини қолбага солинган суюқликнинг қиздирилганда ҳажми кўпайиши, суюқлик тўлдирилиб герметик ёпиб қўйилган бочка ва цистерналарнинг қуёш нурида қолганда ёрилиб кетиши, тўлдирилган идишдаги суюқликнинг сиртидан оқиб тушиши каби ходисаларда жуда кўп учратиш мумкин.

Суюқликларнинг бу хусусиятидан фойдаланиб суюқлик термометрлари ва бошқа турли сезгир ўлчов асбоблари яратилади. Суюқликларнинг иситилганда кенгайишини ифодалаш учун ҳажмий кенгайиш температура коэффиценти деган тушунча киритилиб, у β_t билан белгиланган.

Бирлик ҳажмдаги суюқликнинг температураси 1°C га оширилганда кенгайган миқдори унинг *ҳажмий кенгайиши температура коэффиценти* дейилади ва қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$\beta_t = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (2.8)$$

бунда ΔV $V - V_c$ -қиздирилгандан кейинги ва бошланғич ҳажмлар фарқи; Δt $t - t_0$ - температурлар фарқи;

$$[\beta_t]_{\text{к}} \frac{1}{\text{град}}$$

β_t жуда кичик миқдор бўлиб, у сув учун $t \approx 20^{\circ}\text{C}$ да $\beta_t \approx 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{град}}$, минерал мойлар учун $\beta_t \approx 7 \cdot 10^{-4} / \text{град}$; симоб учун $\beta_t \approx 18 \cdot 10^{-5} / \text{град}$.

5. Суюқликларнинг сиқилиши. Гидравлик ҳисоблаш ишларида суюқликларни сиқилмайди деб ҳисоблаш керак, деб айтиб ўтган эдик (бу ерда томчиланувчи суюқлик назарда тутилади).

Лекин техникада ва табиатда баъзи ҳолларда босим жуда катта бўлади. Бунда агар суюқликнинг умумий ҳажми ҳам катта бўлса, ҳажм ўзгариши сезиларли миқдорда бўлади ва уни ҳисобга олиш керак.

Суюқликларнинг сиқилишини ҳисобга олиш учун *ҳажмий сиқилиш коэффиценти* деган тушунча киритилади ва у β_p билан белгиланади (баъзида β_v билан белгиланади). Бирлик ҳажмдаги суюқликнинг босимини бир бирликка оширганда камайган миқдори ҳажмий сиқилиш коэффиценти дейилади ва у қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\beta_p = - \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (2.9)$$

бунда Δp $p - p_0$ - ўзгарган ва бошланғич босимлар фарқи; β_p ҳам β_t каби жуда кичик миқдор бўлиб, сув учун $t \approx 20^{\circ}\text{C}$ да $\beta_p \approx 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{МН}$ (МН -меганьютон $10^6 \text{ Н} \approx 10 \text{ ат}$),

минерал мойлар учун $\beta_p \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{МН}$; шунинг учун ҳам кўп ҳолларда сиқилишни ҳисобга олинмайди.

Суюқликлардаги ишқаланиш учун Ньютон қонуни. қовушқоқлик

Қовушқоқлик ҳодисаси суюқликларнинг ҳаракати вақтида юзага келади ва ҳаракатланаётган заррача ҳаракатига қаршилиқ сифатида намоён бўлади. Бу қаршилиқни енгиш учун маълум миқдорда куч сарфлаш керак бўлиб, қовушқоқлик қанча кучли бўлса, сарфлаш керак бўлган куч ҳам шунча кўп бўлади. Қовушқоқлик даражасини қовушқоқлик коэффиценти деб аталувчи катталиқ билан ифодаланади ва у икки хил коэффицент орқали аниқланади ҳамда аниқланиш усулига қараб динамик ва кинематик қовушқоқлик коэффицентларига бўлинади.

Динамик қовушқоқлик коэффиценти. Суюқликнинг катта юзага эга бўлган идишга солиб, унинг юзига бирор пластинка қўйсак ва бу пластинкани маълум бир куч билан торта бошласак, суюқлик заррачалари пластинка сиртига ёпишиши натижасида ҳаракатга келади. Агар пластинкани қўйилган F куч таъсирида олган тезлиги U бўлса, у билан ёнма-ён турган заррачалар ҳам U тезликка эга бўлади. Идишнинг пастки девори ҳаракатга келмаганлиги сабабли унинг сиртидаги заррачалар ҳаракат қилмайди. Шундай қилиб, суюқликнинг қалинлиги бўйича ҳаёлан бир қанча юпқа қатламлар бор фараз қилсак, ҳар қатламда заррачалар тезлиги ҳар хил бўлиб, у пластинкадан пастки деворга томон камайиб боради. Ҳаракат ихтиёрий қатламга, унинг устида жойлашган бошқа қатлам заррачалари орқали берилади. Бу ҳаракат суюқлик қатламларининг деформацияланишига олиб келади. Агар суюқлик ичида пастки сирти идишнинг ҳаракатсиз деворидан u_1 масофада, устки сирти эса u_2 масофада бўлган қатламни кўз олдимизга келтирсак, юқорида айтилган сабабларга асосан унинг пастки сиртида тезлик u_1 , юқориги сиртида эса u_2 бўлади. Шундай қилиб, олинган қатламнинг қалинлиги $\Delta u_{u_2-u_1}$ бўйича суюқлик тезлиги $(u_2-u_1)/\Delta u$ миқдорга ўзгаради, яъни қатламнинг юқориги сирти пастки сиртида нисбатан силжиб қолади ва қатлам деформацияланади. Силжиш бурчагини α деб белгиласак, силжиш катталиги $\text{tg}\alpha$ бўлади. Қатлам қалинлигини чексиз кичрайтириб дифференциал белгилашга ўтсак, у ҳолда юқоридаги нисбат тезлик градиентини беради. Агар суюқлик сиртидаги пластинкага қанча кўп куч қўйсак, силжиш шунча кўп бўлади. Бу нарса қўйилган куч билан тезлик градиенти орасида қандайдир боғланиш мавжудлигини кўрсатади.

Шундай қилиб, суюқликлардаги ички ишқаланиш кучи градиентига боғлиқ эканлигини тушуниш мумкин.

1686 й. И.Ньютон ана шу боғланишни чизикли боғланишдан иборат деган гипотезани олдинга сурди. Бу гипотезага асосан суюқликнинг икки ҳаракатланувчи қатламлари орасидаги ишқаланиш кучи F қатламларнинг тегиб турган сирти (S) га тезлик градиентига тўғри пропорционал, яъни:

$$F \propto \mu S \frac{du}{dy} \quad (2.10)$$

Пропорционаллик коэффиценти μ қовушқоқлик динамика коэффиценти деб қабул қилинган. Ньютон гипотезаси кейинчалик Н.П.Петров томонидан назарий асослаб берилди. Албатта ҳисоблаш ишларини осонлаштириш учун ишқаланиш кучининг бирлик юзасига тўғри келган миқдори ёки гидравликада уринма зўриқиш (ишқалаиш кучидан зўриқиш) деб аталган миқдорга ўтиш зарур бўлади. Бу миқдорни грекча τ ҳарфи билан белгиланади:

$$\tau_k \frac{F}{S} \kappa \pm \mu \frac{du}{dy} \quad (2.11)$$

бу ерда мусбат ва манфий ишора тезлик градиентининг йўналишига қараб танлаб олинади.

Проф. К.Ш.Латиповнинг ишларида уринма зўриқиш икки ташкил этувчининг йиғиндисидан иборат деб қараш зарурлиги кўрсатилди:

$$l_p \kappa \mu \frac{du}{dy} - [\lambda_p (1 - \varphi_2) u dy]_{KB} \quad (1.11a)$$

бу ерда $\lambda_p \kappa (1 - \varphi_2)$ - бир қаватдан иккинчи қаватга молекулаларнинг ўтишини билдирувчи коэффициентдир.

(2.11) формуладан кўринадики, ишқаланаши кучидан зўриқиш тезлик градиентига (ёки умумийроқ қилиб айтганда тезликнинг нормал бўйича ҳосиласи)га тўғри пропорционалдир.

Қовушқоқлик коэффициентининг бирлиги СИ да қуйидагича:

$$[\mu]_K \frac{[\tau]}{[du]} = \frac{H \cdot c}{M^2}$$

СГС системасида эса $\frac{\text{АННА} \cdot c}{M^2}$ билан ўлчанади. Бу бирлик Пуаз (ПЗ) деб ҳам аталади.

Коэффициент жуда кичик бўлганда сантипуаз (спз) ва миллипуаз (мпз) ларда ҳам ўлчаниши мумкин.

Кинематик ковушқоқлик коэффициенти. Гидравликадаги кўпгина ҳисоблаш ишларида μ нинг ρ га нисбати билан ифодаланувчи ва кинематик ковушқоқлик коэффициенти деб аталувчи миқдордан фойдаланиш қулайдир. Бу миқдор грекча ν ҳарфи билан белгиланади:

$$\nu \kappa \frac{\mu}{\rho} \quad (2.12)$$

ν нинг СИ даги бирлиги $\frac{M^2}{C}$, СГС системасида $\frac{CM^2}{C}$ ёки стокс (ст) билан ифодаланади. Справочникларда ва техник адабиётда унинг кичик ўлчамлари ҳам (сантистокс - сст) учрайди. $1m^2/c \cdot 10^4 \text{ ст} \cdot 10^6 \text{ сст}$.

Қовушқоқлик коэффициентини аниқлаш учун вискозиметр деб аталувчи асбоб қўлланилади. Сувга нисбатан ёпишқоқлиги катта бўлган суюқликлар учун Энглер вискозиметри қўлланилади (1.3-расм). У бирининг ичига иккинчиси жойлашган 1, 2 икки идишдан иборат бўлиб, улар орасидаги бўшлиқ сув билан тўлдирилади. Ички идиш 2 нинг сферик тубига диаметри 3 мм ли найча кавшарланган, у тикин 5 билан беркитилган бўлади.

Ички идишга текширилаётган суюқлик қуйилиб, унинг температураси икки идиш оралиғидаги сувни қиздириш йўли билан зарур бўлган температурагача етказилади. Текширилаётган суюқлик температураси термометр 6 ёрдамида ўлчаб турилади. Суюқлик зарур температура t' гача қизигандан сўнг тикин очилади ва секундомер ёрдамида 200 см³ суюқлик 3 оқиб чиққан вақт белгиланади. Худди шундай тажриба $t \approx 20^\circ C$ да дистилланган сув билан ҳам ўтказилади. Текширилаётган суюқликнинг $t \approx 20^\circ C$ дан оқиб чиққан вақтларнинг нисбати ковушқоқликнинг шартли градуслари ёки Энглер градусларини билдиради.

$$T_{\text{суюқлик}} t' \\ {}^0E_K \text{-----}$$

Энглер градусидан $\text{м}^2/\text{с}$ га ўтиш учун $T_{\text{сув } t_{\text{к}20^\circ\text{C}}}$ Уббеллоде формуласи қўлланилади:

$$\nu_k(0,0731^{0E} - \frac{0,0631}{^{0E}} 10^{-4} \quad (2.13)$$

Қовушқоқликни аниқлаш учун копияр визкозиметр, ротацион вискозиметр, стокс вискозиметр ва бошқа турли вискозиметрлар ҳам қўлланилади.

Қовушқоқлик суюқликларнинг турига, температураси ва босимига боғлиқ. Жадвалларда ҳар хил суюқликларнинг қовушқоқлик миқдори келтирилган. Температура ортиши билан совуқланувчи суюқликларнинг қовушқоқлиги камаяди, газларнинг қовушқоқлиги ортади. Суюқликлар қовушқоқлигини температурага боғлиқлигини умумий тенглама билан ифодалаб бўлмайди.

Ҳар хил ҳисоблаш ишлари бажарилганда, кўпинча, қуйидаги формулалардан фойдаланилади.

$$\text{Ҳаво учун } \nu_k(0,132K0,000918tK0,00000066t^2) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с} \quad (2.14)$$

$$\text{Сув учун } \nu_t = \frac{0,0177}{1 + 0,0337t + 0,000221t^2} \cdot 10^{-4} \frac{M^2}{с} \quad (2.15)$$

Гидроюритмаларда қўлланувчи турли минерал мойлар учун температура 30°C дан 150°C гача (E 10 гача) бўлганда

$$\nu_t = \nu_{50} \left(\frac{50}{t} \right)^n \quad (2.16)$$

Бу ерда ν_t, ν_{50} - тегишли температурада ва 50°C да кинематик қовушқоқлик коэффиценти, $^\circ\text{C}$ да; n - даража кўрсаткичи; унинг миқдори қуйидаги жадвалда $^{0E}_{50}$ нинг турли миқдорлари учун келтирилган:

$^{0E}_{50}$	1,2	1,5	1,8	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	1,39	1,59	1,72	1,79	1,99	2,13	2,24	2,32	2,42	2,49	2,52	2,56

Турли суюқликларнинг қовушқоқлиги бошланғич қовушқоқлик ва температурасига қараб турлича ўзгаради. Кўпчилик суюқликларнинг қовушқоқлиги босим кўтарилиши билан ортади. Минерал мойларнинг қовушқоқлиги босимнинг $0-50 \text{ МН}/\text{м}^2$ чегарасида тахминан чизиқли ўзгаради ва қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\nu_p \kappa \nu_0 (1Kk_0p) \quad (2.17)$$

бу ерда ν_p ва ν_0 - тегишли босимда ва атмосфера босимида кинематик қовушқоқлик коэффиценти, p - қовушқоқлик ўлчанган босим, $\text{МН}/\text{м}^2$; k_p - экспериментал коэффицент, унинг миқдори гидроюритмаларни ҳисоблашда юқорида айtilган чегарада 0,03 га тенг деб қабул қилинади.

Газларнинг суюқликда эриши. Кавитация ҳодисаси ҳақида тушунча

Табиатда ва техникада суюқлик унда ҳавонинг таркибидаги газлар оз миқдорда эриган ҳолда учрайди. Босим ортиши ёки температура камайиши билан эриган газлар миқдори ортади ва аксинча, босим камайганда ёки температура ортганда уларнинг миқдори камаяди. Шунинг учун босим камайиши ёки температура ортиши билан суюқликдаги эриган газларнинг бир қисми ажралиб чиқиб, пуфакчалар ҳосил қилади, яъни юқорида айtilганга кўра босим камайганда сув ҳам буғланади, лекин енгил компонент сифатида эриган газлар тезроқ ажралиб чиқиб, пуфакчалар ҳосил қилади. Бошқача айтганда бу ҳолат суюқликдаги

босимнинг ундаги газнинг тўйинган буғлари босимига тенг бўлганда вужудга келади. Газ пуфакчалари пайдо бўлиши билан суюқликнинг туташлиги бузилади ва туташ муҳитларга таолуқли қонунлар ўз кучини йўқотади. Бу ҳодиса *кавитация* дейилади. Пуфакчалар суюқлик ичида температурали ёки юқори босимли сохалар томонга қараб ҳаракат қилади. Агар у етарли даражада босимга эга бўлган сохага келиб қолса, яна эриб кетади (агар буғ бўлса, конденсацияланади). Эриган газ ўрнида пайдо бўлган бўшлиққа суюқлик заррачалари интилади ва бўшлиқ кескин ёпилади. Бу эса ҳозиргина бўшлиқ бўлган ерда гидравлик зарбани вужудга келтиради ва натижада бу ерда босим кескин ортиб, температура кескин камаяди.

Бундай гидравлик зарба ва уни вужудга келтирган кавитация ходисаси труба деворлари ва машиналарнинг суюқлик ҳаракат қилувчи қисмларининг бузилишига олиб келади (кавитацияга қарши кураш усуллари тўғрисида кейинчалик тўхталамиз).

Идеал суюқлик модели

Суюқликларнинг ҳаракати текширилганда, одатда, ҳамма кучларни ҳисобга олиб бўлмагани учун, уларнинг суюқлик мувозанати ёки ҳаракати ҳолатига таъсири катта бўлганларини сақлаб қолиб, таъсири кичикларни ташлаб юборамиз. Шу усул билан суюқликлар учун идеал ва реал суюқликлар модели тузилади. Ҳозирги вақтда суюқлик ҳаракатини ифодаловчи умумий тенгламалар жуда мураккаб бўлиб, уни ечишни осонлаштириш учун юқорида айтилгандек соддалаштиришлар киритилади. Бундай соддалаштиришлар эса суюқликларнинг физик хоссаларига чегара қўяди ва бу суюқликлар идеал суюқликлар дейилади. Идеал суюқликлар абсальют сиқилмайдиган, иссиқликдан хажми ўзгармайдиган, чўзувчи ва силжитувчи кучларга қаршилиқ кўрсатадиган абстракт тушунчадаги суюқликлардир.

Реал суюқликларда эса юқорида айтилган хоссалар мавжуд бўлиб, одатда сиқилиши, иссиқликдан кенгайиши ва хажм ўзгариши жуда кичик миқдорга эга. Шунинг учун бу соддалаштиришлар ҳисоблашда унчалик кўп хато бермайди. Идеал суюқликларнинг реал суюқликлардан катта фарқ қилишига олиб келадиган асосий сабаб, бу - силжитувчи кучга қаршилиқ кўрсатиш хоссаси, яъни ички ишқаланиш кучи бўлиб, унинг бу хусусиятини қовушқоқлик деган тушунча орқали ифодаланади. Шунга асосан идеал суюқликларни ноқовушқоқ (невязкий), реал суюқликларни эса қовушқоқ суюқлик дейилади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Зичлик.
2. Солиштирма оғирлик.
3. Суюқлик массаси.
4. Суюқликни иссиқлик кенгайиши.
5. Суюқликни босим остида хажм ўзгариши.
6. Суюқликнинг ишқаланиши.
7. Суюқликнинг қаршилиги.
8. Солиштирма оғирлик ҳақида тушунтиринг.
9. Солиштирма хажм ҳақида тушунтиринг.
10. Зичлик нима?

III – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидростатика. Тинч турган суюқликдаги босимнинг хоссалари

Режа

1. Гидростатик босимнинг 1 - хосса.
2. Гидростатик босимнинг 2 - хосса.

Таянч сўз ва иборалар:

Босим йўналиши, босим миқдори, уринма йўналиши, нормал йўналиши, босим бирлиги, юза бирлиги.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

1. Суюқликка ботирилган жисмга қандай кучлар таъсир этади?
2. Жисмлар суюқликда қачон сузади?
3. 1.1-расмдаги жисмга қандай кучлар таъсир этаяпти.

ГИДРОСТАТИКА

Гидравликанинг суюқликлар мувозанат қонунларини ўрганувчи бўлими гидростатика деб юритилади. Бу қонунларни текшириш суюқликлар орқали кучларни узатиш билан боғлиқ масалаларни ҳал қилишда муҳим аҳамиятга эга. Бундан ташқари, гидростатика суюқликларга тўлиқ ёки қисман ботирилган қаттиқ жисмларнинг мувозанат қонунларини ҳам ўрганади.

Одатда, суюқликлар мувозанат ҳолда бўлганда унинг айрим бўлақларининг бошқа бўлақларига бўлган таъсири, суюқлик сақланаётган идиш деворларига ва унга ботирилган жисмга таъсири босим орқали ифодаланади.

Тинч турган суюқликдаги босимнинг хоссалари

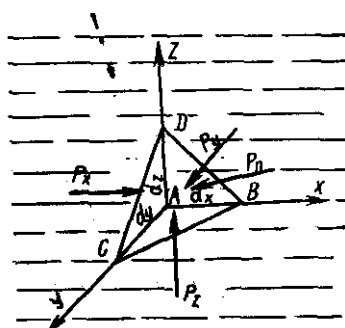
Тинч турган суюқликдаги босим (яъни гидростатик босим) иккита асосий хоссага эга:

1-хосса - гидростатик босим у таъсир қилаётган юзага нормал бўйича йўналган бўлади. Бу хоссанинг тўғрилигини исботлаш учун гидростатик босим p ўзи таъсир қилаётган юзага нормал бўйича йўналмаган деб фараз қиламиз. Бу ҳолда p нормал ва уринма йўналишларда проекцияларга эга бўлади.

Уринма йўналишидаги проекция I ва II қисмларининг бир-бирига нисбатан силжишига олиб келади. Суюқлик мувозанатда бўлгани учун p нормал бўйича йўналмаган деган фикр нотўғри эканлиги келиб чиқади.

3.1.-расм. Босимларнинг хоссаларига доир чизма.

2-хосса - гидростатик нуқтада ҳамма йўналишлар эга. Бу хоссани исботлаш учун dx , dy , dz га тенг бўлган Тетраэдрнинг қия юзасига P yOz текисликдаги юза бўйича



босим у таъсир қилаётган бўйича бир хил қийматга суюқлик ичида томонлари тетраэдр ажратиб оламиз. куч таъсир қилсин. У ҳолда P_x, yOz текисликдаги юза

бўйича эса P_z кучлар таъсир қилади. қия юзанинг сирти dS га тенг деб ҳисоблаймиз. Агар гидростатик босим Ox ўқи билан α , Oy ўқи билан β , Oz ўқи билан γ бурчак ташкил қилса, у ҳолда dS юзага таъсир қилаётган куч (pdS) нинг ўқлардаги проекциялари $pdS \cos\alpha$, $pdS \cos\beta$, $pdS \cos\gamma$ ларга тенг. Оғирлик кучи эса

$$G_k p g dV_k \frac{1}{6} p g dxdydz$$

Суюқлик мувозанатда бўлгани учун кучларнинг ўқлардаги проекцияларининг йиғиндиси нолга тенг, яъни Ox ўқи бўйича

$$\frac{1}{2} p_x dydz - p dS \cos\alpha = 0$$

Oy ўқи бўйича

$$\frac{1}{2} p_y dydz - p dS \cos\beta = 0$$

Oz ўқи бўйича

$$\frac{1}{2} p_z dydz - p dS \cos\gamma - \frac{1}{6} p g dxdydz = 0$$

dS юзанинг проекциялари қуйидагиларга тенг:

$$S \cos\alpha = \frac{1}{2} dydz, S \cos\beta = \frac{1}{2} dxdz, S \cos\gamma = \frac{1}{2} dxdy$$

Юқоридаги тенгламалар қисқартирилгандан кейин қуйидагича ёзилади:

$$p_x - p = 0; p_y - p = 0; p_z - p - \frac{1}{3} p g dz = 0$$

Тетраэдрнинг томонлари чексиз кичик қийматга интилганда у нуқтага яқинлашади. Бу ҳолда унинг ҳажми нолга интилади. Шунинг учун юқорида келтирилган тенгламалардан қуйидаги натижа келиб чиқади:

$$p_x = p; p_y = p; p_z = p, \text{ яъни } p_x = p_y = p_z = p \quad (3.1)$$

Шундай қилиб, барча йўналишларда таъсир қилувчи босим кучли тенг эканлиги исботланади. Бу эса иккинчи хоссанинг тўғрилигини кўрсатади.

Паскаль қонуни

Суюқлик солинган ва оғзи поршень билан ёпилган бирор идиш оламыз. Суюқлик эркин сиртидаги босим p_0 бўлсин. У ҳолда ихтиёрий А нуқтадаги абсолют босим қуйидагига тенг бўлади:

$$p_A = p_0 + \rho g h_A$$

В ва С нуқталарда эса $p_B = p_0 + \rho g h_B$, $p_C = p_0 + \rho g h_C$.

Агар поршенни Δl масофага силжитсак, у ҳолда суюқлик эркин сиртидаги босим Δp га ўзгаради. Суюқликнинг солиштирма оғирлиги босим ўзгариши билан деярли ўзгармайди. Шунинг учун А, В ва С нуқталардаги босим қуйидаги бўлади:

$$p'_A = p_0 + \rho g \Delta p + p_A$$

$$p'_B = p_0 + \rho g \Delta p + p_B$$

$$p'_C = p_0 + \rho g \Delta p + p_C$$

Бу ҳолда босимнинг ўзгариши ҳамма нуқталар учун ҳар хил булади, яъни

$$p'_A - p_A = \Delta p$$

$$p'_B - p_B = \Delta p$$

$$p'_C - p_C = \Delta p$$

Бундан қуйидагича хулоса келиб чиқади: *ёпиқ идишдаги суюқликка ташқаридан берилган босим суюқликнинг ҳамма нуқталарига бир хил миқдорда (ўзгаришсиз) тарқалади.* Бу Паскаль қонуни сифатида маълум. Кўпгина гидромашиналарнинг тузилиши ана шу қонунга асосланган (масалан, гидропресс, домкратлар, гидроаккумуляторлар, ҳажмий гидроюритма ва ҳоказо).

МАСАЛА

Бир ишчи гидравлик пресс ёрдамида унинг ричагига $Q=200$ Н куч билан таъсир этади (3.2-расм). Гидравлик пресс ричагининг катта елкаси $a=1,0$ м; кичик елкаси $b=0,10$ м; катта поршеннинг диаметри $D=250$ мм, кичик поршеннинг диаметри $d=25$ мм, фойдали иш фоеффициенти $\eta=0,80$. Прессда сиқилиш кучининг қийматини аниқланг P_2 .

Ечиш. Катта поршенга таъсир қилаётган босим кучини топамиз:

$$P_2 = \eta \frac{aQ}{b} \left(\frac{D}{d} \right)^2 = 0,8 \frac{1,0 \cdot 200}{0,10} \left(\frac{0,25}{0,025} \right)^2 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Прессда сиқилиш кучи ричагининг катта елкасига қўйилганг ишчи кучига нисбатан 800 марта ортиқ экан.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Босим йўналишини тушунтиринг.
2. Босим миқдорини тушунтиринг.
3. Уринма йўналишини тушунтиринг.
4. Нормал йўналишни тушунтиринг.
5. Суюқликнинг биринчи хоссасини тушунтиринг.
6. Суюқликнинг иккинчи хоссасини тушунтиринг.
7. Босим бирликларини хоссаси.
8. Биринчи хосса учун тушунча беринг.
9. Иккинчи хосса учун тушунча беринг.
10. Босим бирликларини тушунтиринг.

IV – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюқликлар мувозанатининг дифференциал тенгламаси

Режа.

1. Эйлер тенгламасини келтириб чиқариш.
2. Идишдаги суюқликлар.

Таянч сўз ва иборалар:

Босим, юза, баландлик, куч, оғирлик, ҳажм йўналиш, суюқликка таъсир этувчи ташқи кучлар, суюқлик ички кучлари.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

1. Ички ва ташқи кучлар ҳақида нималарни биласи?
2. Суюқлик сатҳига қандай кучлар таъсир этади?
3. Айланаётган идишдаги суюқликка қандай кучлар таъсир этади.

Суюқликлар мувозанатининг Эйлер дифференциал тенгламаси

Мувозанат ҳолатидаги суюқликларга босим ва оғирлик кучлари таъсир қилади. Босим суюқлик эгаллаган ҳажмнинг ҳар хил нуктасида ҳар хил қийматга эга. Шунинг учун босимни координата ўқлари x, y, z ларнинг функцияси деб қараш керак. Кўрилатган суюқликда томонлари dx, dy, dz га тенг бўлган параллелопипедга тенг элементар ҳажм ажратиб оламиз (1.6-расм). Энди суюқликка таъсир қилувчи кучларнинг мувозанат ҳолатини текшираемиз. Оғирлик кучининг проекциялари $\rho X dV$; $\rho Y dV$; $\rho Z dV$ бўлсин; яъни $G\{\rho X dV; \rho Y dV; \rho Z dV$. Элементар ҳажмнинг yOz текисликда ётган сиртига Ox ўқида йўналишида p га тенг, унга параллел бўлган сиртига эса $pK \frac{\partial p}{\partial x}$ га тенг босимлар таъсир қилади.

Бу сиртларга таъсир қилувчи босим кучлари эса тегишлича $p dy dz$ ва $(pK \frac{\partial p}{\partial x} dx) dy dz$ ларга тенг. Олинган элементар ҳажм Ox ўқи бўйича мувозанатда бўлиши учун бу ўқ бўйича йўналган кучлар йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак:

$$p dy dz - (pK \frac{\partial p}{\partial x} dx) dy dz - p x dx dy dz = 0$$

Шунингдек, Oy ўқи бўйича, yOz текисликда ётувчи сиртга $p dx dz$,

унга параллел бўлган сиртга эса, $(pK \frac{\partial p}{\partial y} dy) dx dz$ кучлар таъсир қилади

Шунинг учун элементар ҳажмининг Oy ўқи бўйича мувозанат шарти қуйидагича бўлади:

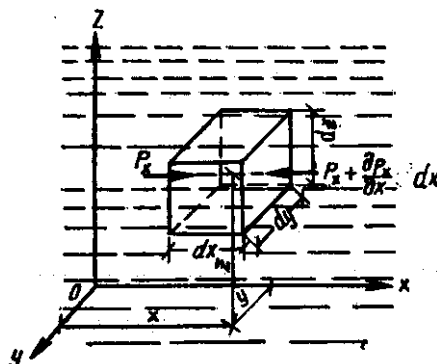
$$p dx dz - (pK \frac{\partial p}{\partial y} dy) dx dz - p y dx dy dz = 0$$

Шунингдек, Oz ўқи бўйича

$$p dx dy \text{ ва } (pK \frac{\partial p}{\partial z} dz) dx dy$$

кучлар таъсир қилади ҳамда уларнинг мувозанат шарти қуйидагича бўлади:

$$pdx dy - (pK \frac{\partial p}{\partial z} dz) dx dy - pZ dx dy dz = 0 \quad (4.1)$$



4.1-расм. Суюқликлар мувозанатининг Эйлер тенгламасига доир чизма.

Ўхшаш микдорларни қисқартириш ва қолган ҳадларни dx , dy , dz га бўлишдан кейин қуйидаги тенгламалар системасини оламиз:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial x} &= pX \\ \frac{\partial p}{\partial y} &= pY \\ \frac{\partial p}{\partial z} &= pZ \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

Бу тенгламалар системасида кўриниб турибдики, гидростатик босмининг бирор координата ўқидаги зичликнинг бирлик оғирлик кучининг шу ўқ йўналишидаги проекциясига кўпайтмасига тенг экан, яъни мувозанатдаги суюқликларда босимнинг ўзгариши масса кучларга боғлиқ. (4.2) тенгламалар системаси суюқликлар мувозанат ҳолатининг умумий дифференциал тенгламасидир. Бу тенгламани 1755й. Л.Эйлер чиқарган.

Эйлер тенгламасининг интеграллари

Биз юқорида Эйлер тенгламасини (4.1) ва (4.2) кўринишга келтирдик. Бу кўринишда уни интеграллаш ва босими тенг сиртларни топиш осон бўлади. қуйидаги Эйлер тенгламасининг интеграллари сифатида учта масалани келтирамыз.

а) Идишда тинч турган суюқлик (4.2-расм).

Идишда тинч турган суюқликка фақат оғирлик кучи таъсир қилади. Бу ҳолда бирлик масса кучларининг проекциялари:

$$X=0, Y=0, Z=-g \quad (4.3)$$

бўлади. Бу қийматларни (4.2) га қўйсак, $gdz=0$ га эга бўламиз. Уни интегралласак $gz=const$ бўлади. Бу эса горизонтал текисликнинг тенгламасидир. Шундай қилиб, тинч турган суюқликлар учун ҳар қандай горизонтал текислик босими тенг сиртдан иборат. Унинг ҳаво билан чегараланган сирти ҳам горизонтал бўлиб, у эркин сирт бўлади. Эркин сиртда босим p_0 эканлигини ҳисобга олсак, (4.2) тенгламадан қуйидаги муносабат келиб чиқади:

$$p_k \gamma K \rho_0 \quad (4.4)$$

Бу тенглама тўғрисида кейинчалик алоҳида тўхталиб ўтамиз.

б) Текис тезланувчан ҳаракат қилаётган идишдаги суюқлик

Суюқлик a тезланиш билан ҳаракат қилаётган идишда мувозанат ҳолатида бўлсин. Бу ҳолда суюқлик зарралари тезланиш a ва оғирлик таъсирида бўлади, улар учун бирлик масса кучлар эса қуйидагича бўлади:

$$X_k - a, Y_k 0, Z_k - g \quad (4.5)$$

Бу қийматларни (4.2) га қўйсак, $-adx - adz k 0$ тенгламани оламиз. Уни интеграллаб қуйидаги тенгламага эга бўламиз:

$$ax K g z k const \quad (4.6)$$

Бу эса қия текислик тенгламасидир. Шундай қилиб, кўрилатган ҳолда босими тенг сиртлар Ox ва Oz ўқларга бурчак остида йўналган, Oy ўқига эса параллел бўлган сиртлардир. Бу сиртларнинг горизонтал текислик билан ташкил қилган бурчаги қуйидагича аниқланади:

$$\alpha k \arctg \frac{a}{g}$$

Эркин сиртда босим p_0 эканлигини ҳисобга олсак, (4.1) тенгламадан қуйидаги муносабат келиб чиқади:

$$p_k r a x K \gamma z K p_0 K C$$

в) Айланаётган идишдаги суюқлик

Суюқлик вертикал ўқ атрофида ω бурчак тезлик билан айланаётган идиш ичида. Бу ҳолда суюқлик зарралари марказдан қочма куч ва оғирлик кучлари таъсирида бўлади. Марказдан қочма куч қуйидагига тенг:

$$F_{\text{цк}} \frac{m u^2}{r} m \omega^2 r$$

Унинг проекциялари эса қуйидагича топилади:

$$F_{\text{цк}} m \omega^2 x, F_{\text{цк}} m \omega^2 y$$

Шунинг учун бирлик масса кучлар қуйидагиларга тенг:

$$X_k \omega^2 x; Y_k \omega^2 y; Z_k - g$$

Буларни (2.4) га қўйсак, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\omega^2 x dx K \omega^2 y dy - g dz k 0$$

Уни интегралласак

$$\frac{w^2 x^2}{2} + \frac{w^2 y^2}{2} - gzqconst$$

бўлади.

Лекин $x^2 + y^2 + z^2 = r^2$ бўлмагани учун

$$\frac{w^2 r}{2} - gzqconst \quad (4.7)$$

Бу босими тенг сиртнинг тенгламасидир. Бу сирт айланма параболоид эканлиги кўриниб турибди. Шундай қилиб, босими тенг сиртлар ўқи вертикал бўлган айланма параболоидлар оиласидан иборат. Бу сиртлар вертикал текислик билан кесишганда ўқи Oz да бўлган параболалар, горизонтал текисликлар билан кесишганда эса маркази Oz да бўлган концентрик айланалар ҳосил қилади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Эйлер дифференциал тенгламасини ёзинг.
2. Суюқликка таъсир этаётган кучларни тушунтиринг.
3. Ташқи кучларни тушунтиринг.
4. Ички кучларни тушунтиринг.
5. Дифференциал тенгламага оид чизмани чизинг.
6. Биринчи дифференциал тенгламани ёзинг.
7. Иккинчи дифференциал тенгламани ёзинг.
8. Учинчи дифференциал тенгламани ёзинг.
9. Эйлер тенгламасини келтириб чиқаринг ва тушунтиринг.
10. Суюқликлар мувозанатининг Эйлер тенгламасига доир чизма чизинг.

V – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидростатиканинг асосий тенгламаси

Режа

1. Тенгламани келтириб чиқариш.
2. Абсальют, манометрик, вакууметрик ва атмосфера босимлар.
3. Босим ўлчов бирликлари.

Таянч сўз ва иборалар:

Абсальют, манометрик, вакууметрик, атмосфера ва ортиқча босим, юза, босим ўлчов бирликлари.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

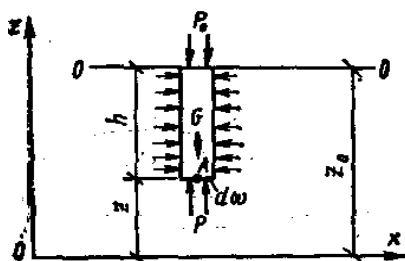
1. Суюқликнинг ихтиёрий нуқтасидаги босим қандай аниқланиши мумкин?
2. Суюқлик тўлдирилган идиш берк бўлганда босим қандай ўзгаради.
3. Босимни қандай асбоблар ёрдамида ўлчанади?
4. 1.4-расмда келтирилган пизометр қандай ишлайди?

Гидростатиканинг асосий тенгламаси

Тинч турган идишдаги суюқликни қараймиз. Бу суюқликка оғирлик кучи таъсир этади. Координата ўқларини Oz ўқи вертикал юқорига йўналадиган қилиб йўналтирамиз.

Кўрилатган идиш ичида бирор xOy текислигидан z масофада, эркин сиртда эса H масофада жойлашган бирор A нуқтани оламиз. У ҳолда бирлик масса кучларнинг бу координата системасидаги проекциялари қуйидагича бўлади:

$$X_k 0; Y_k 0; Z - g$$



5.1-расм. Гидростатиканинг асосий тенгламасига доир чизма.

Гидростатик босим p , суюқликнинг эркин сиртидаги босим p_0 бўлсин, эркин сирт xOy текислигидан эса z_0 масофада жойлашган бўлсин. Бу ҳолда гидростатиканинг асосий тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = 0; \frac{\partial p}{\partial y} = 0; \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$

Биринчи ва иккинчи тенгламалардан босимнинг x ва y координаталарга боғлиқ эмас эканлиги келиб чиқади. У ҳолда учинчи тенгламадан қуйидагини оламиз:

$$dp_x - \rho g dz$$

(Бу тенгламани (2.3) дан ҳам олиш мумкин.) Бу эса юқорида айтилгандек тинч турган идишлардаги суюқлик босими горизонтал сиртлар бўйича ўзгармас деган фикрни тасдиқлайди. Охирги тенгламани эркин сиртдан z нуктагача бўлган оралик учун интеграллаймиз ва қуйидаги тенгламани чиқарамиз:

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

$z - z_0$ нинг қиймати h га тенг бўлгани учун сўнгги тенгламани қуйидагича ёзилади:

$$p - p_0 = \rho g h$$

ёки

$$p - p_0 = \rho g h \quad (5.1)$$

Бу гидростатиканинг асосий тенгламаси деб аталади ва суюқликнинг ихтиёрий нуктасидаги босимни, суюқлик тури ва олинган нуқтанинг эркин сиртдан қандай масофада эканлигига қараб аниқлайди. Гидростатиканинг асосий тенгламаси қуйидаги қонуниятни ифодалайди: *суюқлик ичидаги ихтиёрий нуқтадаги босим суюқлик эркин сиртидаги босим p_0 ва шу нуқтадаги суюқлик устунинг босими (ρh) йиғиндисига тенг.*

Абсолют, манометрик, вакуумометрик ва атмосфера босимлари.

Босим ўлчов бирликлари

Суюқлик ичидаги ихтиёрий нуқтадаги (гидростатиканинг асосий тенгламаси ёрдамида аниқланадиган) босим p шу нуқтадаги *абсолют босим* деб аталади. Суюқликнинг эркин сиртидаги босим p_0 эркин сиртдаги абсолют босимни беради, ρh эса суюқлик устунинг нуқтадаги босимини беради. Усти ёпилмаган идишлардаги, сув сиёмларидаги суюқликларнинг эркин сиртига таъсир қилувчи босим *атмосфера босими* деб аталади ва p_a ҳарфи билан белгиланади. Бу ҳолда (2.8) тенглама қуйидагича ёзилади:

$$p - p_a = \rho g h \quad (5.2)$$

Агар суюқлик нуктасидаги босим атмосфера босимидан катта ($p > p_a$) бўлса, (2.9) тенгламанинг охирги ҳади *манометрик* босим деб аталади:

$$p_m = p - p_a \quad (5.3)$$

Манометрик босим абсолют босимдан атмосфера босимининг чигирилган (айирилган) миқдorigа тенг бўлгани учун уни *чегирма босим* деб ҳам аташ мумкин.

Манометрик босим абсолют босимнинг миқдorigа қараб ҳар хил қийматга эга бўлиши мумкин, масалан, $p - p_a$ бўлганда $p_m \rightarrow 0$: $p \rightarrow \infty$ бўлганда $p_m \rightarrow \infty$, яъни манометрик босим 0 билан ∞ ўртасидаги барча қийматларни қабул қилиши мумкин.

Агар суюқлик нуктасидаги абсолют босим атмосфера босимидан кичик ($p < p_a$) бўлса, уларнинг айирмаси *вакуумометрик босим* (вакуум) p_a га тенг бўлади ва суюқликдаги сийракланиш миқдорини белгилайди:

$$p_v = p_a - p \quad (5.4)$$

Вакуумометрик босим нуқтадаги босимнинг атмосфера босимидан қанча камлигини кўрсатади ва $p_v \rightarrow 0$: $p \rightarrow 0$ да $p_v \rightarrow p_a$ бўлади. Шундай қилиб, вакуумометрик босим 0 дан p_a гача бўлган қийматларни қабул қилади.

Босим ўлчаш учун техникада турли бирликлар иштиради:

1. Куч бирликларининг юза бирликларига нисбати, масалан,
 $H/м^2; кг/м^2; кг/см^2$.
2. Суюқлик устунинг баландликлари, масалан, мм, сув.уст.-миллиметр сув устуни; м сув.уст.-метр сув устуни, мм сим.уст.-миллиметр симоб устуни.
3. Бирлик юзага тўғри келган берилган куч миқдорига нисбати ёки суюқлик устунинг берилган баландлиги миқдорлари, масалан, техник атмосфера (ат) ($1 ат \approx 1 кг/см^2 \approx 10^4 кг/м^2 \approx 735,6 мм \text{ сим.уст.}$) бар ($1 бар \approx 10^5 Н/м^2$) ва ҳаказо.
1. Чегирма босим юқоридаги бирликларда ўлчанади ва атиларда ҳисобланади.

Босим ўлчаш асбоблари

Босим ўлчаш асбоблари икки гурпуага ажралади. Улар суюқлик ва механик асбоблардир.

1. Суюқлик асбоблари:

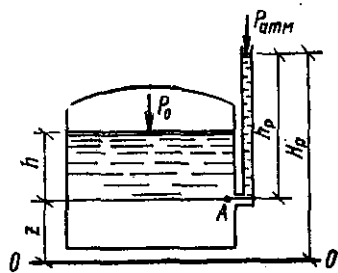
а) *презометрлар* - идишдаги босим унга уланган шиша найчадан текшириладиган суюқликнинг кўтарилишига қараб аниқланади. Идишдаги босимнинг катта ёки кичиклигига қараб презометр (шиша найча) да сувнинг сатҳи h_n баландликка кўтарилади. Текшириладиган А нуқтадаги босим p_a идишдаги эркин сатҳдаги босим билан ундаги сув устунинг босими йиғиндисига тенг. Презометр орқали аниқланганда у гидростатиканинг асосий тенгламаси ёрдамида қуйидагича аниқланади:

$$p_A - p_a = \gamma(h + h_n) \quad (5.5)$$

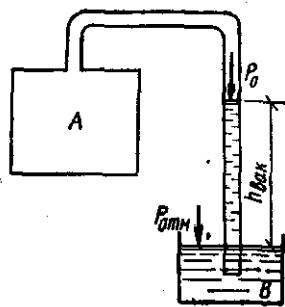
У ҳолда презометрда суюқлик эркин сатҳининг баландлиги босим орқали қуйидагича ифодаланади:

$$h + h_n = \frac{p_A - p_a}{\gamma}$$

ва идишдаги чегирма босимга тўғри келадиган суюқлик устунининг баландлигини кўрсатади. Бундай асбоблар 0,5 дан юқори бўлмаган икки чегирма босимларни ўлчашда ишлатилади. Ҳақиқатда ҳам 1 ат тенг бўлган босим 10м сув устунининг баландлигига тенг бўлгани учун юқори босимларни ўлчашда жуда узун шиша найчалар ишлатишга тўғри келган бўлар эди.

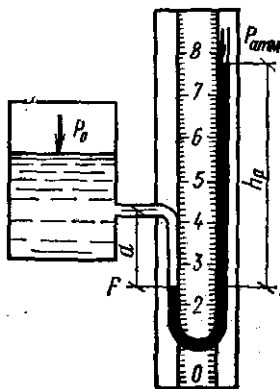


5.2. расм. Презометр



5.3-расм. Вакуумметр

5.4. расм. U-симон манометр.



б) *Суюқлик U-симон манометрлари* - босим текшириляётган суюқлик билан эмас, симоб устунни ёрдамида ўлчанади. Бу ҳолда симобли шиша найча идишга U-с

имон найча орқали уланади. Бунда симобнинг босими ўлчанаётган идишга оқиб ўтишига U-симон найчадаги қаршилиқ тўскинлик қилади. Уҳолда А нуктадаги босим идиш томондаги қийматлар орқали қуйидагилар аниқланади:

$$p_A \rho K \gamma h_1$$

Симобли найчадаги қийматлар орқали эса

$$p_A \rho_a K \gamma_{cm} \cdot h_{cm}$$

Бу икки тенгликдан p ни топамиз:

$$p_{kra} p_a K \gamma_{cm} \cdot h_{cm} - \gamma h_1 \quad (5.6)$$

Бундай манометрлар ҳар бир босимни ўлчаш ярамайди.

в) *Дифференциал манометрлар* - икки идишдаги босимлар фарқини ўлчаш учун ишлатилади. Босимларни p_0 ва p_e га тенг бўлган икки идиш симобли U-симон найса орқали туташтирилган. Бу ҳолда С нуктадаги босим орқали қуйидагича ифодаланади:

$$p_c \rho_a K \gamma_1 h_1$$

Иккинчи идишдаги босим орқали эса

$$p_c \rho_e K \gamma_1 h_2 K \gamma_{cm} \cdot h \quad (5.7)$$

У ҳолда идишлардаги босимлар фарқи

$$p_a - p_e K (\gamma_{cm} - \gamma_1) h$$

г) **Микроманометр** - жуда кичик босимларни ўлчаш учун ишлатилади ва суюқлик сатҳининг ўзгариши сезиларли бўлиши учун суюқлик тўлдирилган идишга шиша найча қия бурчак остида уланади. У ҳолда идишдаги чегирма босим қуйидагича аниқланади: $\rho K \gamma h$ бўлгани учун

$$\rho K \gamma \sin \alpha \quad (5.8)$$

шиша найчанинг қиялик бурчаги α қанча кичик бўлса, босим шунча аниқ ўлчанади. Кўп ҳолларда манометр шиша найчасининг қиялик бурчагининг ўзгарувчан қилиб ишланади. Бу ҳолда микроманометрларнинг қўлланиш чегараси кенгаяди.

д) **Вакуумметрлар**. Тузилиши худди суюқлик U-симон манометрларига ўхшаш бўлиб, идишдаги сийракланиш даражасини аниқлайди. Гидростатик босим тенгламасига асосан

$$p K \gamma_{cm} h_{cm} \rho_a$$

у ҳолда

$$p_{kra} - \gamma_{cm} h_{cm}; \quad (5.9)$$

симоб устунининг пасайиши идишдаги босим ва p_a орқали қуйидагича ифодаланди:

$$h_{cm} K \frac{p_a - p}{\gamma_{cm}} \quad (5.10)$$

II.Механик асбоблар (катта босимларни ўлчаш учун ишлатилади ва бунинг учун турли механик системалардан фойдаланилади):

а) *Пружинали манометр* ичи бўш юпка эгик латунр 1 найчадан иборат бўлиб, унинг бир учи кавшарланган. Шу учи занжир 2 билан тишли узатма 3 га илаштирилган бўлади.

Иккинчи учи эса босими ўлчаниши зарур бўлган идишга бўйин 4 орқали туташтирилади. Эгик латунр найча ҳаво босими таъсирида тўғриланишга ҳаракат қилиб, тишли узатма ёрдамида стрелканинг бурилишига сабаб бўлади. Бундай манометрларда босимни кўрсатувчи шкала бор.

б) Мембранали манометр - юпка металл пластинка ёки резина шимдирилган материалдан тайёрланган пластинкага эга бўлиб, у мембрана дейилади. Суюқлик босими идиш билан туташтирувчи бўйинча орқали ўтиб, мембранани эгади. Бу эгилиш натижасида рычаглар системаси орқали стрелка ҳаракатга келади ва шкала бўйлаб сурилиб, босимни кўрсатади.

МАСАЛА

5.1-масала. Берк идишга сув қўйилган ва у презометр билан ж ихозланган. Идишдаги сув сатҳига таъсир қилаётган босимни идиш берк бўлгани сабабли, ташқи босим деб ҳисоблаймиз. Масалада бу ташқи босим берилган (1.1-расм).

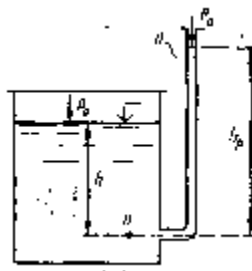
$$p_a = 10^5 \text{ Па}; p_0 = 1,25 \cdot 10^5 \text{ Па}; \gamma = 9810 \text{ Н/м}^3.$$

Идишга ўрнатилган презометр сув сатҳидан $h_k 3,0$ м пастда n нуқтада жойлашган. Сув презометрда қандай h_p баландликка кўтарилишини аниқланг.

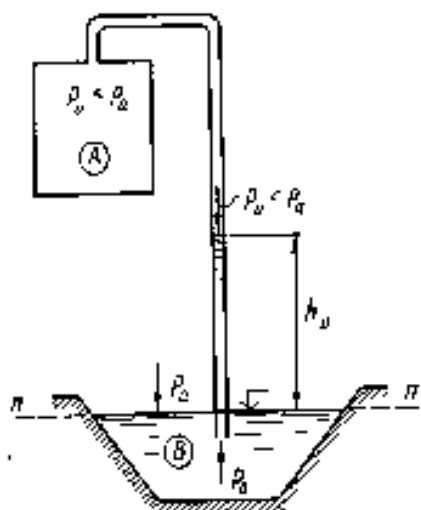
Ечиш. Презометрик баландлик (1.2) формула ёрдамида аниқланади. У нинг учун p_m мутлақ босим (берк идиш учун)ни аниқлаймиз



5.5-расм



5.6-расм



идишдан ҳаво сиқиб чиқарилган, у ердаги босим A идиш найча орқали B идишдаги сув билан тик, шунинг учун ундаги сув сатҳига атмосфера вакуум баландлигини аниқланг.

Ечили. Найчада кутарилган сувнинг $h_{\text{вак}}$ баландлигини аниқлаймиз:

$$h_{\text{вак}} = h_v = \frac{p_a - p_v}{\gamma} = \frac{1 \cdot 10^5 - 0,6 \cdot 10^5}{9810} \cong 4,0 \text{ м,}$$

бу ерда

$$p_a = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па; } p_v = 0,6 \cdot 10^5 \text{ Па; } \gamma = 9810 \text{ Н/м}^3.$$

5.7-расм

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Суюқликка таъсир этувчи кучлар.
2. Суюқликка таъсир этаётган кучлар проекцияси.
3. Гидростатиканинг асосий тенгламаси.
4. Суюқлик юзасига берилган босим.
5. Нуқтадаги босим.
6. Майдонга берилган босим.
7. Гидростатиканинг асосий тенгламасини келтириб чиқаринг.
8. Абсолют, манометрик вакуумметрик босим
9. Атмосфера босим.
10. Босим улчов бирликларини тушунтиринг.

VI – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Туташ идишлар. Жисмларни суюқликда сузиши

Режа:

1. Гидропресс.
2. Гидроаккумуляторлар.
3. Гидростатик ғайритабiiйлик.
4. Архимед қонуни.

Таянч сўз ва иборалар

Туташ идишлар, суюқлик босими, жисимларни суюқликда қалқиши, зичлик, ҳажм, суюқликларни идиш деворига босими, суюқликни идиш тубига босими, гидромuлтипликатор, гидростатик ғайритабiiйлик, оғирлик маркази, босим маркази, инерция моменти.

Муаммоли вазият, савол ёки топширик

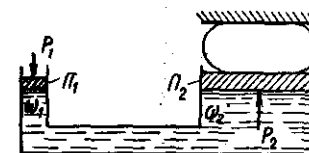
1. Гидропрессларда кучдан ютиш қайси қонунга асосланган ?
2. Гидравлик ва пневматик аккумуляторлар қачон ва қаерда қўлланилади?
3. гидростатик ғайритабiiйлик нима?
4. Босим маркази қандай аниқланади?

Гидростатик машиналар

Гидростатиканинг асосий қонунлари асосида ишлайдиган машиналар гидростатик машиналар деб аталади. Уларга гидропресслар, гидроаккумуляторлар, домкратлар (гидрокўтаргичлар) ва бошқалар киради. қуйида уларнинг ишлаш принциплари ҳақида қисқача маълумот берамиз.

а) **Гидропресслар** гидростатик қонунлар асосида катта кучлар ҳосил қилиш учун фойдаланилади. Бу нарса

пресслаш, штамплaш, тоблаш, материалларни синаш ва бошқа ишлар учун керак. Улар икки хил диаметрли ўзаро туташтирилган икки цилиндрдан иборат бўлиб, биринчи цилиндрда диаметри d_1 , катта цилиндрда эса диаметри d_2 га тенг бўлган икки поршень ҳаракатланади. Кичик поршенга OAB ричаг орқали куч қўйилади. Катта поршенга стол ўрнатилиб, бу стол билан D девор ўртасига прессловчи буюм қўйилади. Ричаг қўл билан ёки двигателр ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Кичик поршень куч таъсирида пастга қараб силжийди ва суюқликка босим беради. Бу босим катта цилиндрга ҳам тарқалади ва натижада столли поршень ҳаракатга келади. Бундай ҳаракат стол устидаги буюм девор D га тақалгунча давом этади. Столнинг бундан сўнги кўтарилиши натижасида буюм сиқила боради ва у прессланади.



1.7. расм. Гидропресснинг схемаси.

Айтилган усулдан фақат жисмларни кўтаришда фойдаланилса, у ҳолда конструктив схемада D девор бўлмайди. Бу ҳолда бизнинг машина гидростатик кўтаргичга айланади. Энди, гидропроцессларда кучларнинг муносабатини топамиз. OAB ричагининг B учига Q куч қўйилган бўлсин. У ҳолда куч моменти учун қуйидаги тенгламани оламиз:

$$Q(aKb)qP_1b$$

Бу тенгламадан кичик поршенга таъсир қилувчи кучни топамиз:

$$P_1 \kappa \frac{a+b}{b} Q$$

У ҳолда кичик поршень остидаги суюқлик босими

$$p \kappa \frac{P_1}{S_1} = \frac{a+b}{b} \frac{4Q}{\pi d_1^2}$$

га тенг бўлади. Катта поршень остидаги босим эса

$$p \kappa \eta \kappa \frac{a+b}{b} \frac{4Q}{\pi d_1^2} \kappa \eta \quad (2.20)$$

Бу ерда h поршенларнинг остки сиртлари орасидаги геометрик масофа.

Натижада катта поршен таъсир қилувчи куч қуйидагича топилади:

$$P_2 \kappa (p \kappa \eta) S_2 \kappa \left(\frac{a+b}{b} \frac{4Q}{\pi d_1^2} \kappa \eta \right) \frac{\pi d_2^2}{4} \quad (2.21)$$

Кўпгина ҳолларда гидропрессларда гидростатик босим жуда катта бўлгани учун η на ташлаб юборсак ҳам бўлади, яъни:

$$P_2 \kappa \frac{a+b}{b} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 Q \quad (2.22)$$

Биз келтирган схема соддалаштирилган бўлиб, гидропрессларда жуда кўп ёрдамчи қисмлар бўлади. Амалда гидропрессларда суюқликни поршень ва цилиндрлар орасидан сизиб ўтиши, туташтирувчи трубалардаги қаршилик кучи ҳисобига катта поршенга таъсир қилувчи куч юқорида келтирилган назарий ҳисобдан фарқ қилади ва қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$P_2 \kappa \frac{a+b}{b} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 Q \cdot \eta \quad (2.23)$$

Бу ерда η юқорида айtilган хатоликларни ўз ичига олувчи коэффициент бўлиб, уни *фойдали иш коэффициенти* деб

аталади. Амалда бу коэффициент қиймати 0,75 билан 0.85 ўртасида бўлади. Келтирилган ҳисобдан кўриниб турибдики, цилиндрларнинг диаметри ва ричагнинг елкасини танлаб олиш йўли билан прессловчи кучни истаганча катта қилиш мумкин. Амалда эса жуда катта кучлар пайдо бўлганда цилиндрлар девори деформацияланиши ва ҳатто бузилиши мумкин. Бу эса қўшимча қийинчиликлар туъдиради. Ҳозирги вақтда мавжуд гидропрессларда 500т гача куч ҳосил қилиш мумкин, айрим ҳолларда эса (мустаҳкам материалларни пресслашда) куч 4000-8000т га ҳам етади.

б) **Гидроаккумуляторлар.** Гидравлик системаларда босим ва суюқлик сарфининг ортиб кетиши ва камайиш ҳоллари бўлади. Босим ва сарфни нормаллаштирилиши учун мана шу ҳолларда гидроаккумуляторлардан фойдаланилади. Улар суюқлик сарфи ёки босим ортиб кетганда юқори босимли суюқликнинг бир қисмини ўз ичига олиб, системада босим ва сарфни камайтирилса, тескари ҳолда ўзидаги суюқликни системага бериш йўли билан босимни ва сарфни оширади. Гидроаккумуляторлар гидротормозларда, кўтаргичлар, пресслар, чиърлар ва бошқа гидромашиналарда қўлланилади.

Потенциал энергиянинг қайси усул билан тўпланиши ва қайтайиб берилишига қараб пневматик, пружинали ва юкли гидроаккумуляторларга цилиндр, унинг ичида ҳаракатланувчи ва юк ортилган елка (обкаш) ли плунжердан иборат бўлиб, цилиндрга гидросистеманинг суюқлик ҳаракат қилувчи қисмлари труба орқали туташтирилган бўлади. Системада босим ортиб кетса, суюқлик цилиндрга ўтиб юкли плунжерни кўтаради, босим камайганда эса плунжер пастга тушиб суюқлик системадан пастга қараб оқади. Натижада босимнинг ўзгариши текисланади.

Пневматик гидроаккумуляторлар тасвирланган. У корпус 1, диафрагма 2 дан тузилган бўлиб, штуцер 4 орқали

гидросистемага уланган бўлади. Штуцер 5 гидроаккумуляторни газ билан тўлдириш учун хизмат қилади. Шайба 3 эса газнинг резина диафрагмани корпусга босиб (аккумуляторда босим камайганда) эзиб қуйишидан сақлайди.

Диафрагмани ҳаракатга келтирувчи куч:

$$F_1 \kappa (p_1 - p_2) S \quad (2.24)$$

Суюқликда ишқаланиш кучи F_2 мавжуд. У ҳолда диафрагмага таъсир этувчи куч орқали ҳақиқий босим қуйидагича аниқланади:

$$p \kappa \frac{(p_1 - p_2) S + F_2}{S} \quad (2.25)$$

Бу ҳолда ҳақиқий бадарилган иш

$$A_{\kappa} \eta A_{\kappa} \int p s h d h, \quad (2.26)$$

бу ерда η - гидроаккумуляторларнинг фойдали иш коэффициенти.

Гидросистемадан гидропрессга суюқлик оқиб ўтганида юз берадиган қаршиликни ҳисобга олиш мумкин эди. Бу гидроаккумуляторга суюқлик ўтиши тамомланмаган тақдирдагина керак. Бошқа ҳамма ҳолларда юқоридаги формула гидроаккумуляторларни ҳисоблаш учун ўринли бўлади.

в) **Гидромультипликаторлар** гидросистемадаги босимни, бу вазифа кўп ҳолларда хусусан гидроаккумуляторлар етарли босимни таъминлаб беролмаганда муҳим аҳамиятга эга. Гидромультипликаторларни соддалаштирилган схемаси келтирилган. У дифференциал цилиндрда ҳаракатланувчи дифференциал поршендан ташкил топган. Бўшлиқ 1 гидросхемага уланган, бўшлиқ 2 ортиқча схемани ортиб кетиши учун, бўшлиқ 3 эса суюқликнинг - гидросистеманинг иш бажарувчи органига боғланган. Бўшлиқ 2 даги чегирма босимни ҳисобга олганимизда учинчи бўшлиқдаги босим қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$p_{3kp1} \left(\frac{D_1}{d_3} \right)^2 \eta \cdot \eta_{мех} \quad (2.27)$$

бу ерда η_g - гидравлик қаршиликларни ҳисобга олувчи коэффицент; $\eta_{мех}$ - механик қаршиликларни ҳисобга олувчи коэффицент.

Гидромультипликаторларнинг сарфи суюқлик сарфининг миқдорига қараб ҳисобга олинади ва улар суюқлик сарфининг кичик қийматлари учун ишлатилади. Суюқлик сарфи катта ўзгаришларга тўғри келганда бунга қараганда бошқачароқ схемалар ишлатилади.

Текис сиртга таъсир қилувчи босим

а) Гидростатик ыйритабийлик (парадокс). Бирор идишдаги суюқликнинг чуқурлиги h бўлсин, у ҳолда ихтиёрий нуқтадаги босим унинг суюқлик ичида қанча чуқурликда бўлганига боғлиқ бўлади. А,В,С нуқталардаги босимлар қуйидагиларга тенг:

$$p_A \gamma h_A; p_B \gamma h_B; p_C \gamma h_C$$

Суюқлик тубидаги босим кучи эса

$$P \gamma h S$$

га тенг. Демак, суюқлик тубидаги босим кучи суюқликнинг оғирлигига тенг бўлар экан.

Ҳар хил шаклдаги идишлар тасвирланган ва барча идишлардаги суюқликнинг чуқурлиги h га, идиш тубининг сирти эса S га тенг.

Бу ҳолда идиш тубига бўлган босим кучи идишларда

$$P_a \gamma h S; P_b \gamma h S; P_c \gamma h S; P_e \gamma h S; \quad (2.28)$$

яъни барча идишларда суюқлик тубига бўлган босим кучи идишнинг шакли ва босим ҳосил қилган суюқликнинг миқдоридан қатои назар қуйидагига тенг бўлади:

$$P \gamma h S$$

қандай қилиб ҳажми ва оғирлиги ҳар хил суюқликларнинг идиш тубига босими бир хил? Бу ерда физиканинг бирор қонуни нотўғри талқин қиқланаётгани йўқмикан?

Гидравлик қонунлари бўйича суюқликдаги босим унинг шаклига боғлиқ бўлмай, унинг чуқурлигига боғлиқ.

Бу ҳодиса гидростатик ьайритабиийлик деб аталади. Бу саволга жавоб олиш учун Паскаль қонуни чуқурроқ талқин қилиш керак. Масалан биринчи ҳолда идишнинг юқоридаги деворларида босим юқорига йўналган бўлиб, реакция кучлари пастга йўналганда эса аксинча.

Ана шу ҳодисалар гидростатик ьайритабиийликнинг моҳиятини очиб беради.

б) Суюқликнинг қия сиртга босими.

кўшимча қия текисликка бўлган босим кучини аниқлаш керак бўлади. Хусусий ҳолда шитларга таъсир қилувчи кучларни аниқлаш худди шундай масалага олиб келади. Шитлардаги кучларни ҳисоблаш учун қуйидаги масалани кўрамиз. Суюқлик билан тўлдирилган идиш олайлик. Унинг горизонт билан α бурчаг ташкил этган қия сиртида S юзага тушадиган босим кучи аниқлаймиз. Oy ўқини қия сирт йўналиши бўйича, Ox ўқини эса унга тик йўналишда деб қабул қиламиз. Бу ҳолда S сиртдаги кичгина dS сиртгача бўлган босим қуйидагича аниқланади:

$$dP_{\kappa} dS (\gamma h \kappa p_0) \quad (2.29)$$

Бу ерда γh - суюқлик устунинг босими; p_0 - эркин сиртдаги босим. У ҳолда S юзага таъсир қилаётган тўла босим қуйидаги формула билан аниқланади:

$$P_{s\kappa} \int_{(S)} \gamma h dS \kappa \int_{(S)} p_0 dS \kappa \gamma \int_{(S)} h dS \kappa p_0 \int_{(S)} dS$$

агар $h \kappa \sin \alpha$

эканлигини ҳисобга олсак:

$$P_s \gamma \sin \alpha \int_{(S)} y dS K p_0 \int_{(S)} dS \quad (2.30)$$

бу ерда $\int_{(S)} y dS$ - сиртнинг Ox ўқиға нисбатан статик моменти.

Статик момент ҳақидаги тушунчаға асосан $\int_{(S)} y dS K y_{o.m}$

бу ерда $y_{o.m}$ - оғирлик марказининг координатаси. Расмдан кўриниб турибдики,

$$y_{o.m} \sin \alpha h_{o.m}$$

демак

$$P_s K S (\gamma h_{o.m} K p_0) \quad (2.31)$$

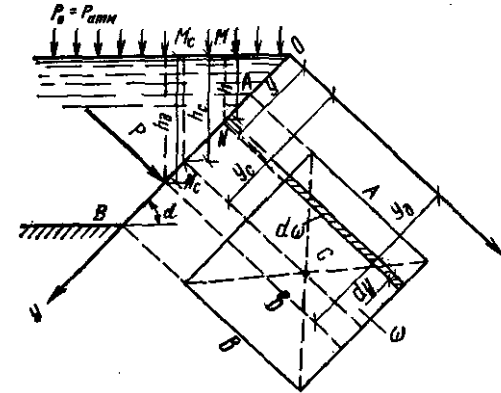
Агар тўлиқ босим кучини атмосфера босими ва чегирма босимдан иборат десак

$$P_s K P_4 K P_a$$

бўлади, бу ерда чегирма босим кучи қуйидагига тенг:

$$P_{ik} \gamma h_{o.m} S \quad (2.32)$$

Демак, қия юзаға тушадиган босим кучи шу юза сирти билан унинг оғирлик марказига таъсир қилувчи босимнинг кўпайтмасига тенг бўлиб, гидростатик босим кучи $P_a K P_0 S$ ва чегирма босим кучи $P_{ik} \gamma h_{o.m} S$ йиғиндисига тенг бўлади. Биринчи куч юзанинг оғирлик марказига қўйилган бўлиб, иккинчи куч ундан пастроққа қўйилган бўлади.



1.8-расм. қия сиртга тушадиган босимни ҳисоблашга доир чизма

с) Босим марказини топиш

Чегирма босим тенг таъсир этувчининг қуйилиш нуктаси босим маркази деб аталади. Бу нуктани топиш шитларнинг ўлчамларини аниқлаш учун керак бўлади. Шунинг учун босим маркази координатасини топиш шитларни ҳисоблашда жуда зарур. Босим марказининг координатаси $y_{б.м}$ га тенг деб ҳисоблаб, S сиртга таъсир қилаётган моментни аниқлаймиз:

$$P \cdot y_c \int_{(S)} dP \cdot y \int_{(S)} y dS \cdot y \quad (2.33)$$

Расмдан $h_{о.м} \cdot \sin \alpha$, $h_{ку} \cdot \sin \alpha$ эканлиги кўриниб турибди. У ҳолда (2.33) муносабатдан қуйидаги келиб чиқади:

$$S \cdot y_{о.м} \cdot y_{б.м} \int_{(S)} y^2 dS \cdot I_x \quad (2.34)$$

бу ерда $I_x \int_{(S)} y^2 dS$ - кўрилатган сиртнинг Ox ўққа нисбатан инерция моменти.

У ҳолда (2.34) дан босим марказини топамиз:

$$y_{б.м} \frac{I_x}{S \cdot y_{о.м}} \quad (2.35)$$

Инерция моментини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$I_x = I_{о.м} + K S y_{о.м}^2 \quad (2.36)$$

бу ерда $I_{о.м}$ - қўрилатган юзанинг унинг оғирлик марказидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция momenti.

Жисмларнинг суяқликда сузиши.

Сузувчанлик

Жисмларнинг суяқлик сиртига қалқиб чиқиши ёки суяқлик ичида сузиб юриши юқорида айтилган кучларнинг ўзаро нисбатига боғлиқ. Шунинг учун суяқликка ботирилган жисмларга таъсир этувчи кучларнинг тенг таъсир этувчисини топамиз:

$$R_k P_1 K P_2 - G_k - \gamma H_1 S K \gamma H_2 S - \gamma_1 V$$

ёки

$$R_k \gamma (H_2 - H_1) S - \gamma_1 V$$

Бу кучни кўтарувчан куч деб аталади.

$\Delta H_k H_2 - H_1$ ва $\Delta H \cdot S_k V$ эканлигини ҳисобга олсак, тенг таъсир этувчи кўтарувчи куч

$$R_k (\gamma - \gamma_1) V \quad (2.45)$$

Охирги муносабатдан қуйидаги хулосалар келиб чиқади:

1. Агар $\gamma > \gamma_1$ бўлса, яъни жисмнинг солиштирма оғирлиги суяқликниқидан кам бўлса, кўтарувчи куч R мусбат бўлади (юқorigа йўналган). Бу ҳолда жисм сиртида қалқиб юради.

2. Агар $\gamma < \gamma_1$ бўлса, яъни жисм билан суяқлик солиштирма оғирликлари тенг бўлса, у ҳолда $R_k 0$, яъни жисм суяқлик ичида сузиб юради.

3. Агар $\gamma < \gamma_1$ бўлса, у ҳолда кўтарувчи куч манфий (пастга йўналган) бўлади ва жисм суяқлик тубига чўқади.

(2 45) дан жисмларнинг суюқликда сузувчанлиги, яъни маълум юк билан сузиб юриш қобилияти тўғрисида хулоса чиқариш мумкин. Ҳар қандай қалқиб юрувчи жисм сузувчанлик запасига эга бўлиб, бу унинг сузиб юришидаги хавфсизлигини таъминлайди. Сузувчанлик запаси жисмнинг суюқлик сиртидан юқори қисмининг ҳажмидаги суюқлик оғирлигига тенг.

Сузувчанлик запаси P_c билан белгиланади ва қуйидагича топилади:

$$P_c K \frac{R}{\gamma} = \frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma} V$$

Сузувчи жисмнинг қанча қисми сувга ботиб туруши ва унинг сузишига таалукли бошқа қонуниятлар маълум бўлиб, биз улар ҳақида тўхталиб ўтишимизга ҳожат йўқ.

Сузиб юрувчи жисм ҳақида яна қуйидаги тушунчаларни келтирамиз.

1. *Сузиш текислиги* - жисмни кесиб ўтувчи эркин сирт АВ.

2. *Ватерчизиқ* - сузиш текислиги билан жисм сиртининг кесишиш чизиғи.

3. *Сузаётган жисмнинг оғирлик маркази*.

4. *Сув сиёими маркази ёки босим маркази*. Бу ерда сув сиёими - жисмнинг сувга ботган қисми. Сув сиёими маркази жисмнинг суюқликка ботган қисмига таъсир этувчи босимнинг тенг таъсир этувчиси қўйилган нуқта бўлиб, у сувга ботган қисмнинг оғирлик марказига жойлашган.

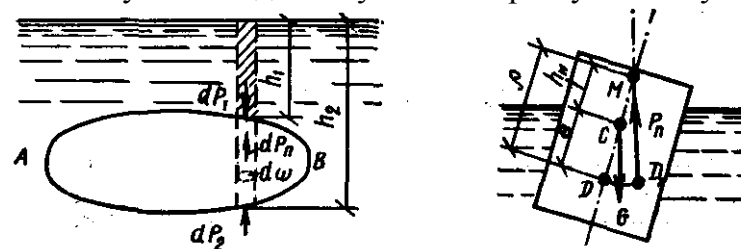
5. *Сузиш ўқи* - сузаётган жисм нормал ҳолатида унинг ўртасидан ўтган 0-0 ўқи.

6. *Метамарказ* - жисмнинг қия ҳолатида тенг таъсир этувчи босим кучи йўналишининг сузиш ўқи билан кесишган нуқтаси. Сузаётган жисмнинг оғирлик маркази С у қиялигининг ҳар хил ҳолатида ҳар хил бўлади. қиялик бурчаги 15^0 гача бўлганда D тахминан радиуси бирор r га тенг бўлган айлана ёйи

бўйича силжиб боради ва бу радиус D ва M орасидаги масофа тенг бўлиб, *метамарказий радиус* дейилади. M ва C орасидаги масофа *метамарказий баландлик* дейилади ва h ҳарфи билан белгиланади.

Суюқликда сузаётган жисмнинг қиялангандан кейин яна аввалги ҳолатига қайтиши туръунлик дейилади. Бу тушунчанинг тўлиқ мазмунини тушунтириш учун қуйидагиларга тўхталиб ўтамиз.

Нормал ҳолатда оғирлик маркази ва сув сиёими маркази сузиш ўқида ётади. Оғирлик кучи G ва босим P эса сузиш ўқи бўйича йўналган бўлади.. Сузаётган жисм қийшайиши билан G ва P кучлар момент ҳосил қилади. Бу момент жисм қияланган томон йўналишида ёки унга тескари бўлиши мумкин.



1.9-расм. Сузиб юрувчи жисмларнинг турли ҳолатлари.

Агар G ва P кучларнинг моменти жисм қияланган томонга тескари йўналган бўлса, у тикловчи момент дейилади. Бундай ҳолат эса туръун ҳолат дейилади. Агар момент жисм қияланган томонга бўлса, уни *аъдарувчи момент* дейилади. Бу ҳолда жисм аввалги ҳолатига қайтмайди G ва P кучлар моментининг йўналиши бу кучларнинг қуйилиш нуқталари яни оғирлик маркази C билан сув сиёими маркази D нинг ўзаро ҳолатига боғлиқ, Бунда уч ҳол бўлиши мумкин:

1) агар метамарказ оғирлик марказидан юқорида бўлса G ва P кучларнинг моменти жисмни нормал ҳолатга қайтади, яъни жисм туръун ҳолатда бўлади;

2) агар метамарказ оғирлик марказидан пастда бўлса, G ва P кучларнинг моменти жисмни аъдаришга ҳаракат қилади, яъни жисм нотуръун ҳолатда бўлади;

3) агар метамарказ оғирлик маркази устига тушса, у ҳолда суюқликда сузаётган жисм ҳолати туръунликка боғлиқ бўлмайди (масалан, шар учун). Туръунликка боғлиқ бошқа масалалар устида тўхталиб ўтirmаймиз.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Гидропресс хақида тушунча.
2. Суюқлик босимини узатиш.
3. Гидроаккумуляторда босим.
4. Гидростатик парадоксни тушунтиринг.
5. Суюқлик тубига берилган босимни тушунтиринг.
6. Суюқлик деворига берилган босимни тушунтиринг.
7. Суюқликларни қалқишини тушунтиринг.
8. Гидропресс хақида тушунчангиз.
9. Гидроаккумуляторларда босим ва суюқликлар қандай ҳолатларда бўлади.
10. Архимед қонунларини айтинг.

VII – МАОРУЗА

МАВЗУ: Суюқликлар кинематикаси ва динамикаси асослари

Режа:

- 1.Харакат турлари.
- 2.Оқимчали ҳаракат хоссалари.
- 3.Оқимнинг асосий гидравлик элементлари.

Таянч сўз ва иборалар

Текис ҳаракат, босимли ҳаракат, юза, кўндаланг кесим, радиус, ҳўлланган периметр, барқарор ҳаракат, беқарор ҳаракат, троектория, оқим чизиғи, оқим найчаси, элементар оқимья, ҳаракат кесими, суюқлик сарфи, ҳртача тезлик

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

1. Барқарор ва беқарор ҳаракатни тушунтиринг?
2. Оқим ҳаракат кесими нима?
3. Гидравлик радиус қандай топилади?
4. **Суюқлик сарфи ва ҳртача тезлик орасида қандай боғланиш бор?**

Суюқликлар кинематикаси ва динамикаси асослари Суюқликларда ҳаракат турлари

Гидравликанинг суюқликлар ҳаракат қонунлари ва уларнинг ҳаракатланаётган ёки ҳаракатсиз қаттиқ жисмлар билан ўзаро таъсирини ўрганувчи бўлими гидродинамика дейилади.

Ҳаракатланаётган суюқлик вақт ва координата бўйича ўзгарувчи турли параметрларга эга бўлган ҳаракатдаги моддий нуқталар тўпламидан иборат. Одатда суюқликни ўзи эгаллаб турган фазони бутунлай тўлдириб туташ жисм деб қаралади. Бу деган сўз текшириляётган фазонинг исталган нуқтасини олсак, шу ерда суюқлик заррачаси мавжуддир.

Гидродинамиканинг асосий масаласи.

Ҳаракат турлари

Суюқлик ҳаракат қилаётган фазонинг ҳар бир нуқтасида шу нуқтасига тегишли тезлик ва босим мавжуд бўлиб, фазонинг бошқа нуқтасига ўтсак, тезлик ва босим бошқа қийматга эга бўлади, яъни тезлик ва босим координаталар x, y, z га боғлиқ. Нуқтадаги суюқ заррачага таъсир қилаётган босим ва тезлик вақт ўтиши билан ўзгариб боришини табиатда кузатиш мумкин.

Тезлик ва босим майдонлари. Суюқлик ҳаракат қилаётган фазонинг ҳар бир нуқтасида ҳаёлан тезлик ва босим вертикаллари кўриб чиқсак, кўриляётган ҳаракатга мос келувчи тезлик ва босим тўплamlарини кўз олдимизга келтира оламиз. Ана шу усул билан тузилган тезлик тўплами *тезлик майдони* дейилади. Шунингдек, босим векторларидан иборат тўплам *босим майдони* деб аталади. Тезлик ва босим майдонлари вақт ўтиши билан ўзгариб боради. Гидростатикадаги каби гидродинамикада ҳам гидродинамик босимни p билан белгилаймиз ва уни содда қилиб босим деб атаймиз. Тезликни эса u билан белгилаймиз. У ҳолда тезликнинг координата ўқларидаги проекциялари u_x, u_y, u_z бўлади.

Юқорида айтиб ўтилганга асосан суюқлик параметрлари функция кўринишида ёзилади.

$$p, \mathbf{u} = \mathbf{u}(x, y, z, t)$$

$$u_{\kappa f_2}(x,y,z,t)$$

$$(3.1)$$

тезлик проекциялари ҳам функциялардир;

$$u_{\kappa f_3}(x,y,z,t)$$

$$u_{\kappa f_4}(x,y,z,t)$$

$$u_{\kappa f_5}(x,y,z,t)$$

Бу келтирилган функцияларни аниқлаш ва улар ўртасидаги ўзаро боғланишни топиш гидродинамикасининг асосий масаласи ҳисобланади.

Ҳаракат турлари. Ҳаракат вақтида суюқлик оқаётган фазонинг ҳар бир нуқтасида тезлик ва босим вақт ўтиши билан ўзгариб турса, бундай ҳаракат *беқарор ҳаракат* дейилади. Табиатда дарё ва каналлардаги сувнинг ҳаракатлари, техникада трубалардаги суюқликнинг ҳаракати ва механизмлар қисмларидаги ҳаракатлар асосан бошланганда ва кўп ҳолларда бутун ҳаракат давомида беқарор бўлади. Агар суюқлик оқаётган фазонинг ҳар бир нуқтасида тезлик ва босим вақт бўйича ўзгармай фақат координаталарга боғлиқ, яъни

$$p_{\kappa f_{11}}(x,y,z)$$

$$u_{\kappa f_{21}}(x,y,z)$$

$$(3.2)$$

бўлса, у ҳолда ҳаракат *беқарор* дейилади. Бу ҳолда трубаларда ва каналларда суюқлик маълум вақт оқиб турганидан кейин юзага келиши мумкин. Беқарор ҳаракат икки тур бўлиши мумкин: *текис ва нотекис ҳаракатлар*. Суюқлик заррачаси ҳаракат йўналиши бўйича вақт ўтиши билан ҳаракат фазосининг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига ўтганда тезлик ўзгариб борса, ҳаракат нотекис ҳаракат бўлади. Нотекис ҳаракат вақтида суюқлик ичида босим ва бош гидравлик параметрлар ўзгариб боради. Нотекис ҳаракатни кесими ўзгариб бораётган шиша трубада кузатиш жуда қулайдир.

Борди-ю суюқлик заррачаси ҳаракат йўналиши бўйича вақт ўтиши билан ҳаракат фазосининг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига ўтганда тезлигини ўзгартирмаса, бундай ҳаракат текис ҳаракат дейилади. Текис ҳаракат вақтида суюқликнинг гидравлик параметрлари ўзгармайди. Текис ҳаракатга кесими ўзгармайдиган трубалардаги суюқликнинг ва қиялиги бир хил каналлардаги сув оқими мисол бўла олади.

Суюқлик оқимиға босимнинг таъсириға қараб босимли ва босимсиз ҳаракатлар бўлади.

Босим ва оғирлик таъсирида бўладиган ҳаракатлар *босимли ҳаракат* деб аталади. Босимли ҳаракат вақтида суюқлик ҳар томондан деворлар билан ўралган бўлиб, эркин сирт бўлмади (яъни суюқликнинг босими чиқиб кетишиға ҳеч қандай имконият йўқ). Бундай ҳаракатға босимли идишдан трубаға ўтаётган суюқлик ҳаракати мисол бўлади.

Босимсиз ҳаракат вақтида суюқлик фақат оғирлик кучи таъсирида ҳаракат қилиб эркин сиртға эға бўлади. Бундай ҳаракатға дарёлардаги, каналлардаги сувнинг ва трубалардаги тўлмасдан оқаётган сувларнинг ҳаракатлари мисол бўла олади. Булардан ташқари, суюқликларнинг секин ўзгарувчан ҳаракатлари ҳақида гапириш мумкин бўлиб, биз улар ҳақида тўхталиб ўтирмаймиз.

Оқимчали ҳаракат ҳақида асосий тушунчалар.

Оқим чизиғи, оқим найчаси ва оқимча. Суюқлик оқимлари

Одатда, бирор воқеа ёки ҳодисани текширишда уни бутунлиғича текшириб бўлмагани учун бирор соддалаштирилган схема текширилади. Гидравликада суюқлик ҳаракати қонуниятларининг табиатини энг яхши ифодалаб берувчи схема суюқлик оқимини элементар оқимчалардан иборат деб қаровчи схема ҳисобланади. Буни гидравликада

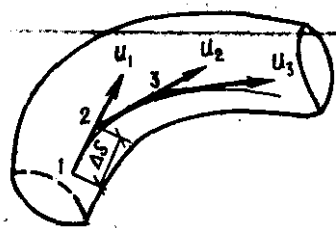
“суюқлик ҳаракатининг оқимчали модели” деб аталади. Бу моделр асосида оқим чизиъи, оқим найчаси ва оқимча тушунчалари ётади.

а) **Оқим чизиъи** - суюқлик ҳаракат қилаётган фазода суюқликнинг бирор заррачасининг ҳаракатини кузатсак, унинг вақт ўтиши билан фазода олдинма-кейин олган ҳолатларини нуқталар билан ифодалаш мумкин ва бу нуқталарда ҳаркатдаги заррача (3.1) ва (3.2) га асосан ҳар хил тезлик ва босимларга эга бўлади. Шу нуқталарни ўзаро туташтирсак, суюқлик заррачасининг траекторияси ҳосил бўлади.

Энди, суюқлик заррачасининг тезлигини кузатамиз. Заррачанинг А нуқтадаги тезлик вектори u_A ни кўрилади вақт учун курамиз. Шу векторнинг давомида кичик dl_1 масофадаги В нуқтада ҳаракатдаги суюқлик заррачасининг В нуқтага тегишли тезлик вектори u_B ни курамиз. Ҳосил бўлган янги векторнинг давомида кичик dl_2 масофадаги С нуқтада шу нуқтага тегишли заррача тезлигининг вектори u_C ни курамиз. u_C векторнинг давомида dl_3 масофадаги D нуқтада шу нуқтага тегишли заррача тезлигининг u_D векторини курамиз ва х.к. Натижада $ACBDE$ синиқ чизиқни ҳосил қиламиз. Агар dl_1, dl_2, dl_3 ларни чексиз кичрайтириб бориб, нолга интилтирсак, $ABCDE$ ўрнида бирор эгри чизиқни оламиз. Бу эгри чизиқ *оқим чизиъи* деб аталади.

1.10-расм. Оқим чизиъини тушунтирига оид чизма.

Демак, суюқлик ҳаракатланаётган фазода олинган ва берилган вақтда ҳар бир нуқтасида унга ўтказилган уринма шу нуқтага тегишли тезлик вектори йўналишига мос келувчи эгри чизиқ оқим чизиъи деб аталади. Беқарор ҳаракат вақтида тезлик ва унинг йўналиши вақт давомида ўзгариб тургани учун траектория билан оқим чизиъи бир хил бўлмайди. Беқарор ҳаракат вақтида эса тезлик векторининг нуқталардаги ҳолати вақт ўтиши билан ўзгармагани учун траектория билан оқим чизиъи устма-уст тушади.



Оқим найчаси ва элементар оқимча. Энди, суюқлик ҳаракатланаётган соҳада бирор D нукта олиб, шу нукта атрофида чексиз кичик dl контур оламит ва контурнинг ҳар бир нуктасидан оқим чизиғи ўтказамиз. У ҳолда оқим чизиқлари *оқим найчаси* деб аталувчи найча ҳосил қилади. Оқим найчаси ичида оқаётган суюқлик *элементар оқимча* деб аталади. Элементар оқимчалар бекарор ҳаракат вақтида қуйидаги хусусиятларга эга

1. Оқим чизиқлари вақт ўтиши билан ўзгармагани учун улардан ташкил топган элементар оқимча ўз шаклини ўзгартирмайди.

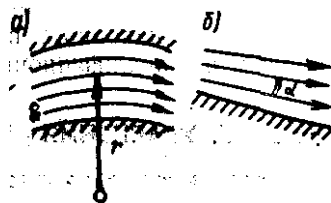
2. Бир оқимчада оқаётган суюқлик заррачаси бошқа ёнма-ён оқимчаларга ўта олмайди. Шунинг учун элементар оқимчаларнинг ён сирти оқимча ичидаги заррачалар учун ҳам ўтказмас сирт бўлади.

3. Элементар оқимча кўнгалданг кесими чексиз бўлгани учун бу кесимдаги барча нукталарда суюқлик заррачаларининг тезлиги ўзгармасдир.

Энди бирор S юза олиб, уни чексиз кўп dS_1, dS_2, dS_3 элементар юзаларга ажратиш мумкин. Шунинг учун юзадан оқиб ўтаётган суюқлик оқмаси чексиз кўп элементар оқимчалардан ташкил топган бўлади ва ҳар бир элементар оқимчада суюқлик тезлиги бошқа элементар оқимчалардагидан фарқ қилади.

Оқимнинг асосий гидравлик элементлари

Суюқлик оқимининг текширишда оқим қонунларини математик ифодалаш учун уни гидравлик ва геометрик нуктаи назардан ҳарактерловчи: 1) ҳаракат кесими; 2) суюқлик сарфи; 3) ўртача тезлик; 4) ҳўлланган периметр; 5) гидравлик радиус каби тушунчалар киритилади.



Ҳаракат кесими деб шундай сиртга айтиладики, унинг ҳар бир нуқтасидан оқим чизиғи нормал бўйича йўналган бўлади. Умумий ҳолда ҳаракат кесими эгри сирт бўлиб, параллел оқимчали ҳаракатлар учун текисликнинг бўлагидан иборат (яъни текис сиртдир).

Масалан, радиал тарқалаётган суюқлик оқими учун ҳаракат кесими сферик сирт бўлса, ўзанда ва трубада ҳаракат қилаётган оқимнинг ҳаракат кесими текис сиртдир. Шунга асосан параллел оқимчали ҳаракатга эга бўлган оқимларнинг ҳаракат кесим учун қуйидагича таъриф бериш мумкин: *оқимнинг умумий оқим йўналишига нормал бўлган кўндаланг кесими ҳаракат кесими деб аталади*. Оқим ҳаракат кесимининг юзи ω ҳарфи билан белгиланади.

1.11-расм. Ҳаракат кесимига оид чизма

Вақт бирлигида оқимнинг берилган ҳаракат кесими орқали оқиб ўтаётган суюқлик миқдори **суюқлик сарфи** деб аталади. Сарф Q ҳарфи билан белгиланади ва л/с, м³/с, см³/с ларда ўлчанади. Элементар юза бўйича сарфни dq билан, бирлик юза бўйича сарфни q билан белгиланади. Трубадаги (а) ва каналдаги (б) оқимлар учун тезлик эпюралари келтирилган. Тезлик суюқлик оқаётган идиш деворларида нолга тенг бўлиб, девордан узоқлашган сари катталашиб бориши расмда кўриниб турибди. Турбада тезликнинг энг катта қиймати унинг ўтасида бўлса, каналга эркин сиртга яқин ерда бўлади. Ихтиёрий элементар оқимча учун элементар сарф $dQ_{\kappa i} \cdot d\omega$ га тенг. Оқим чексиз кўп элементар оқимчалардан ташкил топгани учун элементар сарфларнинг йиғиндиси, яъни бутун оқимнинг сарфи интеграл кўринишда ифодаланади:

$$Q_{\kappa} \int_{\omega} u \cdot d\omega \quad (3.3)$$

бу ерда ω - ҳаракат кесими; $d\omega$ - ҳаракат кесимининг элементар оқимчага тегишли бўлаги.

Суюқлик заррачаларининг ҳаммаси бир хил тезлик билан ҳаракатланганда бўладиган сарф, ҳақиқий ҳаракат вақтидаги сарфга тенг бўладиган тезлик *ўртача тезлик* деб аталади.

Бу ҳолда суюқлик сарфи ўртача тезлик орқали қуйидагича ифодаланади.

$$Q_{\text{қ}} V \cdot w$$

Ҳаракат кесими ва суюқлик ҳаракат қилаётган соҳа учун умумий бўлган чизик хўлланган периметр дейилади ва χ харфи билан ифодаланади. Ҳаракат кесимининг хўлланган периметрга нисбати гидравлик радиус деб аталади.

$$R = \frac{w}{\chi}$$

Цилиндрик трубалар учун $w = \frac{\pi d^2}{4}$, $\chi = \pi d$ бўлгани сабабли гидравлик радиус диаметрнинг тўртдан бирига тенг:

$$R = \frac{d}{4}.$$

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Суюқлик ҳаракатини тушунтиринг.
2. Суюқлик ҳаракат йўналишини тушунтиринг.
3. Суюқликнинг кўндаланг кесими.
4. Гидравлик радиус нима?
5. Элементар оқимча.
6. Элементар оқимча ҳаракати.
7. Жонли кесим.
8. Ҳаракат турларини тушунтиринг.
9. Оқимчалик ҳаракат хоссалари.

10. Оқимнинг асосий гидравлик элементларини тушунтиринг.

VIII – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Элементлар оқимча учун Бернулли тенгламаси

Режа:

1. Идеал суюқликлар учун Бернулли тенгламаси.
2. Бернулли тенгламасининг ҳадлари.
3. Бернулли тенгламасининг геометрик ва энергетик мазмунлари.

Таянч сўз ва иборалар

Идеал суюқлик, презометрик баландлик, гидравлик баландлик, ҳолат баландлиги, тезлик берган баландлик, суюқлик қўнадаланг кесим юзаси, потенциал энергия, кинетик энергия, дифференциал тенглама, Бернулли тенгламаси

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

1. Бернулли тенгламаси қайси гидродинамик параметрларни ҳзaro боълайди?
2. Бернулли тенгламасини геометрик изоҳланг?
3. Бернулли тенгламасини энергетик маноси?
4. Бернулли тенгламаси энергияни сақланиш қонунига боғлиқми?

Элементар оқимча учун Бернулли тенгламаси

Юқорида келтирилган тенгламалар системаларини ечиш йўли билан суюқлик ҳаракатланаётган фазонинг ҳар бир

нуқтасидаги тезлик ва босимни топиш мумкин. Лекин бу системаларни ечиш катта қийинчиликлар билан амалга оширилади, кўп ҳолларда эса ҳатто ечиш мумкин эмас. Шунинг учун гидравликада, кўпинча, ўртача тезликни топиш билан чегараланишга тўғри келади. Бунинг учун, одатда, Бернулли тенгламасидан фойдаланилади. Биз бу ерда Бернулли тенгламасини икки хил усулда чиқаришни кўрсатамиз.

Биринчи усул Эйлер тенгламасидан фойдаланиш йўли билан амалга оширилади. Бунинг учун (3.18) системанинг биринчи тенгламасини dx га, иккинчи тенгламасини dy га, учинчи тенгламасини dz га кўпайтирамиз ва ҳосил бўлган учта тенгламани қўшамиз. Натижада қуйидаги тенгламаларга эга бўламиз:

$$\frac{du_x}{dt} dx + \frac{du_y}{dt} dy + \frac{du_z}{dt} dz + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) \quad (3.30)$$

(3.21) муносабатдан кўриниб турибдики,

$$dx \frac{du_x}{dt}; dy \frac{du_y}{dt}; dz \frac{du_z}{dt}$$

Шу муносабатдан фойдаланиб, (3.30) тенгламанинг чап томонини қуйидаги кўринишга келтирамиз:

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} u_x dt + \frac{\partial u_y}{\partial t} u_y dt + \frac{\partial u_z}{\partial t} u_z dt + \frac{1}{2} d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) \quad (3.31)$$

лекин

$$u_x^2 + u_y^2 + u_z^2$$

бўлгани учун (3.30) тенглама чап томонинг кўриниши қуйидагича бўлади:

$$\frac{1}{2} d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) \quad (3.31)$$

(3.30) нинг ўнг томонидаги $Xdx\kern 0.08em\mathcal{K}Ydy\kern 0.08em\mathcal{K}Zdz$ бирор куч потенциалининг тўлиқ дифференциалидир. Агар шу потенциални $F\kern 0.08em\mathcal{K}f(x, y, d)$ билан бегиласак, у ҳолда қуйидагига эгамиз

$$XdxKYdyKZdz\kappa dF \quad (3.33)$$

Одатда, суюқликка таъсир қилувчи масса куч оғирлик кучидир. Бۇ ҳолда декарт координаталар системасида қуйидагича бўлади:

$$F_{\kappa-qz} \quad (3.34)$$

(3.30) тенгламанинг ўнг томонида яна босим билан ифодаланган муносабат бўлиб, у босимнинг тўлиқ дифференциалини ифодалайди, яъни

$$\frac{\partial p}{\partial x} dx K \frac{\partial p}{\partial y} dy K \frac{\partial p}{\partial z} dz \kappa dp \quad (3.35)$$

(3.32), (3.33), (3.34) ва (3.35) ларни (3.30) тенгламага қўйсақ, у қуйидаги кўринишга келади

$$\frac{1}{2} d(u^2) \mathbb{K} \frac{1}{p} dp \mathbb{K} d(gz) \mathbb{K} 0$$

Úĩnèè àùèãàí òàĩãèàìàè yéàìáìòàð îûèì÷àìèĩ 1-1 êãñèààì 2-2
êãñèèèèà÷à èìòààðàèèàñàê, îóéèàãè òàĩãèàìàãã yãã àùèàìèç:

$$\frac{u_1^2}{2} + \frac{p_1}{p} K g \frac{u_2^2}{2} + \frac{p_2}{p} K g_2 \quad (3.36)$$

Áó òáíāēēēāāāē úāð áēð úāā àāññā áēðēēāēēā ēāēòēðēēāí. Àāāð óíē
 éó÷ áēðēēāēēā ēāēòēðñāē, ÿóíē g āā ēēēē òííííéíē àúēēā þóðñāē, ó
 úíēāā ð · гкγ íē úēñíāāā íēēā, úóéēāāāēíē íēàìēç:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} K_{Z1} + \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} K_{Z2} \quad (3.37)$$

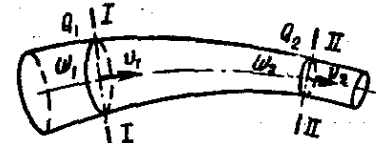
Iðeðāē òāīāēàīāīē 1738ē. Āāðīōēē òīīīēāāī īēēīāāī àūēēā, óīēīā īīē
 āēēāī àòāēāāē āā āēāðāāēēēāāā ūāðāēāòīēīā āīīīēē òāīāēàīāīē àūēēā
 òēçīàò ūēēāāē. Áó òāīāēàīā ēòðē,ðēē ēēēēòā ēāīēī ò÷óí īēēīāāī
 àūēēā, áó ēāīēīēāðīēīā vēāīāíòāð īūēī÷ā ēūīāēēðē àūēē÷ā ūāāðāā

ήεήεθείεία αοάιέγδè éùû. Οόίεία ό÷όί Αάθίόεεè οάίάεαίανήέ èοέέääè èùðείèðää úàì ,çèø ìόίέεί:

$$\frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} K_{\zeta\kappa} \text{const} \quad (3.38)$$

Èùðείέα οόðéääèèè, Αάθίόεεè οάίάεαίανήèää àññàí z, $\frac{p}{\gamma}, \frac{u^2}{2g}$ èαòðàèèèèαθίεία éèüείαèñè ùçääðìàñ ýéàí. Οόίääí ûèèéá, áó οάίάεαίà οάçèèè u, áíñèì ð, çè÷èèè ρ ùðòàñèääèè ìόίñääáòìè èòíääèèéèè.

Ä.Αάθίόεεήείεία ùçè þûðèääèè οάίάεαίάè èíáìàðèè ýíäðäèýíεία ùçääðèøè ûííόίèääí èäèðèðéá ÷èùäðääí àùèéá, áεç èäèðèðääí óñóè ýñà Ýéèäð òññíèääí ûèèéáíèèääí.



1.12. ρασμ. Βερνυλλι τενγλμασινι κελτιριβ χικαριшга доир чизма.

Èèèείçi óñóè èíáìàðèè ýíäðäèýíεία ùçääðèøè ûííόίèääí οίέääèáíéá áàæàðèèääè. Úàðàèàð èùèè l - l àùèääí áéðíð ýéàíáíðäð ñùèì÷áíεία 1-1 àà 2-2 èáñèìèèäð áèèáí àæðàðèèääí àùèääèé èèàìèç. Ó úíèää áó àùèèè dt ààûðää úäðàèàð ûèèéá 1` - 1` àà 2` - 2` èáñìàèèèè ìðàñèääèè úíèàðää èäèääè. 1-1 èáñèìείεία þçàñè ýñà dS2, óíää òàοñèð ûèèóá÷è éó÷ D2, òáçèèè ýñà u2 àùèñεί. Èíáìàðèè ýíäðäèýíεία ùçääðèø ûííόίèèè ýéàíáíðäð ñùèì÷áíεία àíà øó úäðàèàðääèè àùèääèéè òääàèû ûèèèèèç. Áó ûííόί àùèè÷÷ áéðíð æèñì úäðàèàðèè ààûðèää óίείá èíáìàðèè ýíäðäèýñèείεία ùçääðèøè, øó æèñìää òàοñèð ûèèè,ðääí éó÷èäθίεία áàæàðääí èøèäðείεία éèüείαèñèää οάίääèð. Áó àäñíεία ìàðìàðèè èòíääèèè ùóέèääèè÷÷ à àùèääè:

$$d\left(\frac{mu^2}{2}\right) = \sum Pl \quad (3.39)$$

ао аџаа $d\left(\frac{mu^2}{2}\right)$ -ѐѐіаіаџѐѐ ѓіаџѐѐѓіѐіа dt ааѓџаа ѓџааџѐѐѐ; $\sum Pl$ -

барча кучлар бажарган ишларнинг йиғиндис. Энди элементар оқимча бўлагининг dt вақт ичида 1-1 ва 2-2 кесмалар орасидаги ҳолатдан 1`-1` ва 2`-2` кесимлар орасидаги ҳолатга келадиган кинетик энергиясининг ўзгариши кўрамиз. Ҳаракат барқарор бўлгани учун бу ўзгариш 1-1 ва 1`-1` орасидаги бўлак билан 2-2 ва 2`-2` орасидаги бўлак кинетик энергиялари айирмасига тенг.

1-1 ва 1`-1` орасидаги бўлакнинг кинетик энергияси

(унинг массаси, m_1 бўлса) $\frac{m_1 u_1^2}{2}$ аа џаіа аѓѐаѐѐ. 2-2 аа 2`-2`

іџаѓѐѐааѐ аѓѐаѐіѐіа ѐѐіаџѐѐ ѓіаџѐѐѓіѐіа ѓѓа $\frac{m_2 u_2^2}{2}$ аа џаіа. Ааіаѐ

ѐѓџѐѐѐ, џааі 1-1 аа 2-2 іџаѓѐѐааѐ аѓѐаѐіѐіа ѐѐіаџѐѐ ѓіаџѐѐѓіѐіа dt ааѓџаа ѓџѐѐааѐ іѐѓіџаа ѓџааџаџ ѓѐаі:

$$\frac{m_2 u_2^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2} \quad (8.40)$$

ѐѐѐі÷ѐ џѓѓааі, 1-1 аа 1`-1` іџаѓѐѐааѐ аѓѐаѐіѐіа іаѓѓаѓѐ џіѐіа ѓаѐіѐ $dS_1 dl_1$ іѐіа џѐ÷ѐѐѐѐ ѐѓіаѐѓіаѓѐѐѐ џаіа, ѓѓіѐ

$$m_1 \kappa \rho dS_1 dl_1.$$

ѐџіѐіаааѐ, 2-2 аа 2`-2` іџаѓѐѐааѐ аѓѐаѐіѐіа іаѓѓаѓѐ

$$m_2 \kappa \rho dS_2 dl_2.$$

dl_1 аа dl_2 - dt ааѓџѐ ѐ÷ѐаа 1-1 аа 2-2 ѐаѓѐіѐаџѐіѐіа іџааі ѐѓѐіѐ

ѐѓѓаџѐѐѐѐ, ѐџіѐіа џ÷џі

$$dl_1 \kappa u_1 dt, dl_2 \kappa u_2 dt \quad (3.41)$$

џ ѓіѐаа m_1 аа m_2 џ÷џі ѓџѐѐааѐ іџіѓаааџіѐ іѐѐіѐѐ:

$$m_1 \kappa \rho dS_1 u_1 dt, m_2 \kappa \rho dS_2 u_2 dt,$$

Бџ іџіѓаааџіѐ (3.40) аа ѓѓѓаѐ аа џџѐііаѓѐѐѐ џаіаѐіаѓѐѐаі $\kappa \kappa u_1 dS_1 \kappa u_2 dS_2$ ѓѐаіѐѐѐіѐ іаџіџаџа іѐѓаѐ, ѐѐіаџѐѐ ѓіаџѐѐѓіѐіа ѓџааџѐѐѐ ѓџѐѐааѐѐѐ ѐѓіаѐѐіаѐѐ:

άό άδää ð₂ έó÷ ñόρûëëë úàðàëàòèää ðåñëàððè èúíàëääí àùëääíë ó÷όί ðåíåëàíàíëíå ùíå ðññíëääåë èëëëí÷ë úää (ÿόíë Å₂) ìàíðëë èðñðà áëëàí ïëëíå. Ìòëððå ðåíåëàíàíëíå èëëë ðññíëëë ηqdt åå àùëñåë:

$$\frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} \kappa \frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} \kappa z_1 - z_2$$

Άëð ðëë èíääëñëë úääëàðíë ãðóñíåää æíëëàððèðñåë, Ååðíόëëë ðåíåëàíåñë ùññëë àùëääë:

$$\frac{u_1^2}{2g} \kappa \frac{p_1}{\gamma} \kappa z_1 \kappa \frac{u_2^2}{2g} \kappa \frac{p_2}{\gamma} \kappa z_2 \quad (3.45)$$

Øόíååë ùëëëå, ÿëåíåíðàð ïùëí÷à ó÷όί Ååðíόëëë ðåíåëàíåñë èëíåðëë ÿíåðåÿíëíå ùçåàððè ùñíόíëëë èðñåëåð ÿëåí.

Ååðíόëëë ðåíåëàíåñëíëíå ååññåððëë, ÿíåðååðëë åå ðëçëë ìàçíόíëàððè

Ååðíόëëë ðåíåëàíåñëíëíå ùàð áëð úääë ùçëíëíå ååññåððëë åå ÿíåðååðëë ìàçíόíëàððëå ÿåå. Óόíë àíëùëàð ó÷όί áëðñð ÿëåíåíðàð ïùëí÷à ïëëå, óíëíå 1-1, 2-2 åå 3-3 ëåññëëàððëë èùðåíëç. Óó ëåññëëàðíëíå ïùëðëëë ìàðëàçë áëðñð 0-0 ðåëëñëëëååííå z_1, z_2 åå z_3 ìåññòåëàððåå àùëñëí. Óóëåð ùëññëë ðåëëñëëë 0-0 ååí ÿëåíåíðàð ïùëí÷àíëíå ååññåððëë ååëåíåëëëëàððëë èùðñåðååë. Ýíåë ïëëíååí 1-1 åå 2-2 åå 3-3 ðåëëñëëëëåð ìàðëàçëåå ïåççññåðð (ðÿùðë ðëðå ìå÷÷à) åå ó÷ëë ÿðëëååí ðëðå ìå÷÷àëåð ùðíåðåíëç. Óó ùíëåå ïåççññåððëåððåå ñόρûëëë ëåññëëàð ïùëðëëë ìàðëàçëåå ïëñååðåí ìåëóóí ååëåíåëëëåððåå èùòàððëëåå. Óó èùòàððëëëë åëåðññåððëëë ùëññëåå èùðåíåíëçåå ëåññëëàððåå

$$h_1 \kappa \frac{p_1}{\gamma}, h_2 \kappa \frac{p_2}{\gamma}, h_3 \kappa \frac{p_3}{\gamma}$$

åå ðåíåëàíåñëëë.

$$\frac{u^2}{2q}, \frac{p}{\gamma}, z \quad - \quad \text{èàðíëíã} \quad \text{áèðèèèèèàðè} \quad \text{óçóíèèè} \quad \text{áèðèèèèèàðèãã} \quad \text{òáíããèð}.$$

Ἄαδίοεε ὀαῖαεαἰαῖαῖ ὀαῖεε ἀαεαῖαεεε, ἰαῖαῖαῖαῖ αἰ
 αἰαῖαῖαῖ αἰαῖαῖαεεεαῖαῖ ὀαῖαῖ εἰαῖαῖαῖ αῖαῖαῖ αῖαῖαῖ αῖαῖαῖ, ὀ
 ὀ-ὀ- ÷εεε αῖαῖ αἰαῖαεεαῖαῖ αἰ ὀαῖαῖαῖαῖ αῖαῖ (αἰ) ὀαῖαῖαῖ
 αἰ αῖαῖαῖ.

$$H_{\kappa} \frac{u_2}{2g} \kappa \frac{p}{\gamma} \kappa z_{\kappa} \text{const}$$

Áó àðàà ñîèøòèðlà ýíàðäèý ááá ìüèèèè àèèèèèàà òüüðè èåèái ýíàðäèý ìèüiðèàà àèòàìèç. Áó àèðèèàáèàððà àññái Ááðíóèèè òáíèèàìè ùààèàðèèíá ýíàððàòèè ,èè òèçèè ìàóíñè ùóèèààè-à àüèàè:

59

$\frac{P_1}{\gamma} K_{Z1}, \frac{P_2}{\gamma} K_{Z2}, \frac{P_3}{\gamma} K_{Z3}$ - ýeäiäiöäð îùè÷à êañèìèäðè ó÷óí ñîèèðèèðìà
 îðäiöèèë ýiäðäèÿ;

$\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}, \frac{P_3}{\gamma}$ - êañèìèäðäà òääèøèè áîñè àèèái èôîäèäiöâ÷è
 ñîèèðèèðìà ýiäðäèÿ;

z_1, z_2, z_3 - 1-1, 2-2, 3-3 êañèìèäðäà òääèøèè îùèðèèè àèèái
 èôîäèäiöâ÷è ñîèèðèèðìà ýiäðäèÿ.

Ääiäè, ñóðîùèè ùäðäèðò îùèè,òääiäà ñîèèðèèðìà èèiäèè äà
 ñîèèðèèðìà îðäiöèèë ýiäðäèÿèðò ùäðäèðò ääîñèèà ùçäðèäá áîðäèè,
 èäèèí
 òùèèù ñîèèðèèðìà ýiäðäèÿ ùçäðìàñ àùèäèè.

HAZOPAT SAVOLLARI:

1. Идеал суюқлик нима?
2. Суюқлик ҳаракати.
3. Презометрик баландлик.
4. Гидравлик баландлик.
5. Ҳолат баландлиги тушунтиринг.
6. Тезлик берган баландликни тушунтиринг.
7. Бернулли тенгламасини келтириб чиқаринг.
8. Элементлар окимча учун Бернулли тенгламасини тузинг.
9. Идеал суюқликни тушунтиринг.
10. Идеал суюқлик учун Бернулли тенгламаси.

IX – МАОРУЗА

MAV3U: Реал суюкликлар учун Бернулли тенгламаси

Режа:

1. Геометрик, презометрик ва тезлик баландликлари.
2. Кориолик коэффиценти.
3. Газлар учун Бернулли тенгламаси.

Таянч сўз ва иборалар

Геометрик баландлик, презометрик баландлик, тезлик берган баландлик, гидравлик қиялик, презометрик қиялик, суюқликлар ишқаланиши, реал суюқлик, ишқаланиш кучи, тезликни нотеккис тақсимланиши, реал газ, Кариолиус коэффициенти.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

1. Реал ва идиал суюкликлар учун Бернулли тенгламаси қандай фарқланади?
2. Кариолиус коэффициенти оқими қандай ҳолатни ифодалайди?
3. Тҳла оқим учун Бернулли тенгламаси элементар оқим учун Бернулли тенгламасидан қандай фарқланади?
4. реал газлар учун Бернулли тенгламаси?

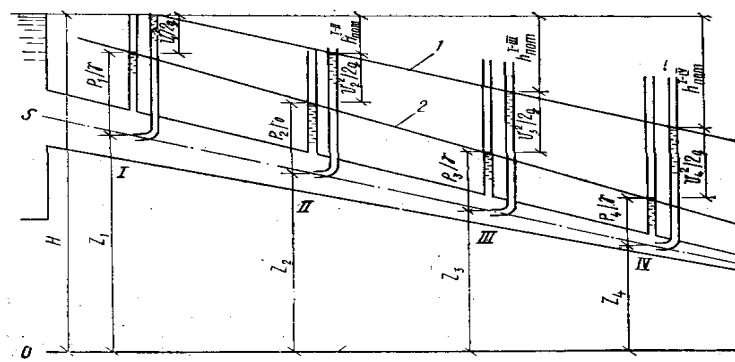
Đảæ ñópûèèèèàđ ýëàìáìàđ îûèì÷ànè ó÷óí

Áǎđíóěěè òǎíăěàìàñè

Ýíäè ðåäè ñópûëëë ýëaíàíòäð îûè÷:àñè ó÷:óí Áäðíóëëë

òǎĩãëàlàñèíéí
ã ãõðâêãëíè
÷-èçàì-èç.

Áóíèĩã ó÷óí
úàďàêàò S-S,



επειδή εἰς τὴν ἀντικείμενην ἐκτεταμένην ὑπόθεσιν ἡ ἀπόδειξις
 ἀποδείκνυται ἀπὸ τοῦ ὅτι: $h_{1-2}K H_1 - H_2$

Ἡ ἐκτεταμένη ἐκτεταμένη ἀντικείμενη $H_1K \frac{u_1^2}{2g} K \frac{P_1}{\gamma} K_{Z_1}; H_2K \frac{u_2^2}{2g} K \frac{P_2}{\gamma} K_{Z_2},$

ἀποδείκνυται $h_{1-2}K (\frac{u_1^2}{2g} K \frac{P_1}{\gamma} K_{Z_1}) K (\frac{u_2^2}{2g} K \frac{P_2}{\gamma} K_{Z_2})$

ἡ ἀποδείξις ὑποθέσιν ὅτι ἀποδείκνυται ὡς:

$$\frac{u_1^2}{2g} K \frac{P_1}{\gamma} K_{Z_1} K \frac{u_2^2}{2g} K \frac{P_2}{\gamma} K_{Z_2} K h_{1-2} \quad (3.46)$$

Ἡ ἐκτεταμένη ἀντικείμενη ὁρμή ἡ ὑπόθεσις ἡ ἐκτεταμένη ὁρμή
 Ἀποδείκνυται ὅτι ἀποδείκνυται. Ὁ ὅτι ἀποδείκνυται ἐκτεταμένη ὑπόθεσις
 ἡ ἐκτεταμένη ὁρμή ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς h_{1-2} ἀποδείκνυται ὡς
 ὡς 1-1 ἀπὸ 2-2 ἀντικείμενη ἡ ἀντικείμενη ἐκτεταμένη ἐκτεταμένη.
 Ἐκτεταμένη ὑπόθεσις ἐκτεταμένη ἐκτεταμένη ἐκτεταμένη ἐκτεταμένη
 ἡ ἐκτεταμένη ἀποδείκνυται ὡς ἀποδείκνυται.

Ὁ ὅτι ὑπόθεσις ὡς ὅτι Ἀποδείκνυται ὅτι ἀποδείκνυται.

Ἡ ἐκτεταμένη ἐκτεταμένη

Ἡ ἐκτεταμένη ἐκτεταμένη ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται
 ὅτι ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται
 ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται

$$\int \frac{u_1^2}{2g} d\omega K \int \frac{P_1}{\gamma} d\omega K \int_{\omega_1} z_1 d\omega K \int \frac{u_2^2}{2g} d\omega K \int \frac{P_2}{\gamma} d\omega K \int_{\omega_2} z_2 d\omega K \int_{\omega_2} h_{1-2} d\omega$$

Ἡ ἐκτεταμένη ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται
 ἀποδείκνυται ὡς ὅτι (3.47) ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται
 ὡς ὅτι ἀποδείκνυται. Ὁ ὅτι ὡς ὅτι ἀποδείκνυται, ὡς ὅτι ὡς ὅτι Ἀποδείκνυται
 ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται. Ὁ ὅτι ὡς ὅτι Ἀποδείκνυται
 ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται
 ὡς ὅτι ἀποδείκνυται. Ὁ ὅτι ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται
 ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται ὡς ὅτι ἀποδείκνυται

Áàèàíäèèäèäà, áññèì áùéè÷à èíòääðäè ýñà àíà øó ääñíàððèè áàèàíäèèèääèè íóùòäää ùùéèèääí áññèìää àéèàíäèè. Ýèàííòàð ùèì÷àíéíà 1-1 àà 2-2 èaññèìèàðèää áññèìéíà èàìàéèøè áùéè÷à èíòääðäè ùàì ùùèì ó÷óí áññèìéíà ùðòà÷à èàìàéèø ìèùáíðèää àéèàíäèè. Ñíèèøðèðìà èèíàðèè ýíáðäèýíéíà èíòääðäèèèè òàçèèèéíà ùðòà÷à ùèéìàðè áùéè÷à èèíàðèè ýíáðäèý áèèáí àèìàðèðñàè, óíéíà ìèùáíðè èàìàéèá ùèèääè. Èíòääðäè ÷àññèç èùì ìèùáíðèàðíéíà èèùéíäèñè áùèääíè ó÷óí áóíè èèùéíäèèð èääàðàðèàðèéíà ìèñíèèää èùðàìèç. Ìàñàèáí, $u_1 \kappa 10 \text{ l}/\text{ñ}$, $u_2 \kappa 11 \text{ l}/\text{ñ}$, $u_3 \kappa 9 \text{ l}/\text{ñ}$, $u_4 \kappa 12 \text{ l}/\text{ñ}$, $u_5 \kappa \text{ l}/\text{ñ}$ áùèñèí. Ó úíèää ùðòà÷à òàçèèè:

$$v \kappa \frac{u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5}{5} \kappa 10 \text{ m/c}$$

òàçèèèèèð èääàðàðèàðèéíà ùðòà÷à ùèéìàðè

$$v \kappa \frac{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2}{5} = \frac{510}{5} = 102 \text{ m}^2/\text{c}^2$$

ùðòà òàçèèèéíà èääàðàðèè ýñà $v^2 \kappa 100 \text{ l}^2/\text{ñ}$. Áóíääí èùðèéà òóðèääèèè, òàçèèèèèð èääàðàðèàðèéíà èèùéíäèñè ùðòà÷à òàçèèè èääàðàðèääí èàðòà ýèáí. Øóíääè ùèèèá, ùóéèääèè òáíññèçèèè òùùðè ýèàíèèèèè èùðèø ìóíèèí:

$$\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} d\omega > \frac{v^2}{2g} \omega$$

Áó òáíññèçèèèè èíòääðäèèè èùèè áèèáí ùàì èñáíðèàð ìóíèèí. (Áóíääè èñáíðèè òàèääàèàðíéíà ùçèàðè ààæàðèèèèèèè òàèèèð ùèèàìèç). Áó òàðííè òóçàðèø ó÷óí Ááðíóèèè òáíññèìèèíà àèðè÷è ùàèèà α èíýòðèèèáíðèèè èèðèòàìèç. Áó èíýòðèèèáíðèèè òàçèèèéíà áèð òàèèñ ìèùáíðàà áùèìàñèèèèè èñáíðèèèè àà Èíðèèèñ èíýòðèèèèèèè àää àðàèèèè. Ó úíèää

$$\alpha \kappa \frac{\int \frac{u_2}{2g} d\omega}{\frac{v^2}{2g} \omega}$$

Øóíäæ ùèèèá, þûðèääæ àèèèääíèàðää àñññáí (3.47) òáíäèà à úóèèääæ èùðèíèøää èäèääè:

$$\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} K_{z1} \kappa \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} K_{z2} K_{H1-2} \quad (3.48)$$

áo áðää $\alpha_1 \alpha_2$ - áèðèí÷è àà èèèèí÷è èañèìèàðää òàçèèèííä ùòääèñ òàðùàèääíèèè úèñíáää íèóá÷è êîôðèèèèíí; I_{1-2} - áèðèí÷è àà èèèèí÷è èañèìèàð ó÷óí áññèíííä èàìàèèèè.

Îùèì ó÷óí Áðíóèèè òáíäèàìñèää ùíèääí áîøùà úääèàð ýèàìáíòàð ùèí÷à ó÷óí Áðíóèèè òáíäèàìñèää ùàíäæ àðàèñà, áo áðää úàì øóíäæ àðàèääè. Áó òáíäèà àèðíäèííèèè àñàèèèàðèèè úàè ùèèèèèää ýíä íóúè òáíäèà àùèèá, ó ààðùàðíð úàðàèàðèàð ó÷óí ,çèèääí àà òàçèèè úàðàèàð èañèìè àùèè÷à ùàí÷à èàì ùçãàðñà, øóí÷à èàì òàðíèèè áððääè.

Реал газлар оқими учун Бернулли тенгламаси

Одатда, ҳаракат йўналиши бўйича босим камайиб боради. Суюқликларда ҳажмий сиқилиш коэффициенти β_p жуда кичик бўлгани учун бу ўзгариш суюқликнинг физик хоссаларига таъсир қилмайди. Лекин газларда босимнинг озгина ўзгариши ҳам унинг параметрларига таъсир қилади. Бундан ташқари газларда суюқликларга қараганда тезлик бир неча ўн баровар катта бўлади. Бу эса босимга ва газнинг физик хоссаларига, биринчи галда унинг солиштирма оғирлигига таъсир қилади. Аммо газ оқимининг кўнгдаланг кесими бўйича тезлик деярли ўзгармайди. Шунинг учун газларда $\alpha \approx 1$ бўлади. Газлар учун тезлик, босим, соолиштирма оғирлик тез ўзгаргани учун

биринчи ва иккинчи кесим орасидаги масофани чексиз кичик Δl деб оламиз. У ҳолда Бернулли тенгламаси дифференциал кўринишда қуйидагича ёзилади:

$$d\left(\frac{v^2}{2g}\right) + \frac{dp}{\gamma} + dz - dh_{1-2} = 0 \quad (3.49)$$

бу ерда

$$d\left(\frac{v^2}{2g}\right) = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right)$$

$$d\left(\frac{p}{\gamma}\right) = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \left(\frac{p_1 - p_2}{\gamma}\right)$$

$$dz = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} (z_1 - z_2)$$

Энди (3.49) тенгламадан интеграл оламиз. У ҳолда (3.49) қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\int d\left(\frac{v^2}{2g}\right) + \int d\frac{p}{\gamma} + \int dz - \int dh_{1-2} = const \quad (3.50)$$

Бу тенгликда биринчи, иккинчи ва тўртинчи интегралларни ҳисоблаш осон:

$$\int d\left(\frac{v^2}{2g}\right) = \frac{v^2}{2g}; \int dz = z; \int dh_{1-2} = h_{1-2}$$

Учинчи интегрални ҳисоблашда солиштирма оғирлик босимга боғлиқ эканлигини назарга олиш керак бўлади. Прессни

политропик деб қарасак, у ҳолда $\frac{p}{\gamma} = \frac{p^0}{\gamma_0^n}$ бўлади. Бу

$$\text{тенгликдан } \gamma = p^{\frac{1}{2}} \frac{\gamma_0}{\frac{1}{p_0^n}}$$

бу ерда n - политропия кўрсаткичи; γ_0 - бошланғич ҳолатдаги солиштира оғирлик; p_0 - бошланғич ҳолатдаги босим. Охири муносабатдан фойдаланиб ва γ_0 , p_0 ўзгармас эканлигини ҳисобга олиб, иккинчи интегрални қуйидагича ҳисоблаймиз:

$$\gamma = p^{\frac{1}{2}} \frac{\gamma_0}{\frac{1}{p_0^n}} \quad (3.51)$$

дан яна бир марта фойдалансак, қуйидагини оламиз:

$$\int \frac{dp}{\gamma} = \frac{p^{\frac{1}{n}}}{\gamma} \frac{p^{1-\frac{1}{n}}}{1-\frac{1}{n}}$$

Натижада (3.40) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{n}{n-1} \frac{p}{\gamma} + z - h_n = const \quad (3.52)$$

Тенгламани иккита кесим учун ёзамиз:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{n}{n-1} \frac{p_1}{\gamma_1} + z_1 = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{n}{n-1} \frac{p_2}{\gamma_2} + z_2 + h_{1-2} \quad (3.53)$$

Бу тенглама реал газлар оқими учун Бернулли тенгламасидир. Суюқлик учун Бернулли тенгламаси учта қиймат v , p , z ни боълаган бўлса, бу тенглама тўртта қиймат v , p , z , γ ни боълайди. Шунинг учун газлар ҳаракати текширилганда Бернулли тенгламаси (3.21) билан биргаликда фойдаланилади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Суюқлик ҳолат баландлигини тушунтиринг.
2. Презометрик баландликни тушунтиринг.
3. Гидравлик баландликни тушунтиринг.

4. Бернулл тенгласини геометрик маоносини тушунтиринг.
5. Бернулл тенгласини энергетик маоносини тушунтиринг.
6. Реал суюқлик нима?
7. Реал суюқликлар учун Бернулл тенгласи.
8. Геометрик. Пъезометрик ва тезлик баландликларини чизинг.
9. Кориолик коэффициентини топинг.
10. Газлар учун Бернули тенгласини тузинг.

Х – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидравлик ва презометрик қияликлар. Гидравлик йўқотиш

Режа:

1. Узунлик бўйича йўқотиш.
2. Маҳаллий қаршилиқ.
3. Вентури сарф ҳлчагичи.

Таянч сўз ва иборалар

Презометрик қиялик, гидравлик қиялик, маҳаллий қаршилиқ, узунлик бўйича йўқотиш, сарф, тезлик, Вентури сарф ҳлчагичи, текис ҳаракат, Презометрик чизиқ, босим чизиғи, ишқаланиш кучи, гидравлик йўқотиш, Пито найчаси, Прандтлр найчаси.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

1. Гидравлик ва презометрик қияликлар ҳзаро қандай фарқланади?
2. Суюқлик сарфини Бернулли тенгламасидан фойдаланиб қандай ўлчанади?
3. Вентури ва шайбали сув ҳлчагичлар бошқа ҳлчагичлардан қандай фарқланади?
4. Суюқлик ҳаракатида босимнинг камайишига қайси омиллар таъсир қилади?

Гидравлик ва презометрик қияликлар ҳақида тушунча

Гидравликада ҳисоблаш ишларини бажаришда гидравлик I ва перзометрик I_p қияликлардан фойдаланилади.

Босим чизиғининг узунлик бирлигига тўғри келган пасайиши гидравлик қиялик деб аталади.

Оқим учун босим ва перзометрик чизиклар келтирилган. Бу чизиклар умумий ҳолда эгри чизик бўлиб, расмда тўғри чизик кўринишида тасвирланган. Гидравлик қиялик таърифидан кўриниб турибдики, унинг ўртача 1-1 ва 2-2 кесимлар орасидаги қиялик орқали қуйидагича аниқланади:

$$I_{1-2} = \frac{\left(\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right)}{l_{1-2}} = \frac{H_{1-2}}{l_{1-2}} \quad (3.54)$$

бу ерда l_{1-2} - биринчи ва иккинчи кесимлар орасидаги масофа; H_{1-2} - шу масофа орасида ҳам (босим) нинг пасайиши.

Агар босим чизиъи эгри чизик бўлса, у ҳолда гидравлик қиялик дифференциал кўринишда ёзилади:

$$I = \frac{dH}{dl} = \frac{d\left(\frac{\alpha v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z \right)}{dl}$$

Перзометрик чизикнинг узунлик бирлигига тўғри келган пасайиши перзометрик қиялик деб аталади. Биринчи ва иккинчи кесим орасидаги ўртача перзометрик қиялик қуйидагича аниқланади:

$$I_{p1-2} = \frac{\left(\frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right)}{l_{1-2}} \quad (3.55)$$

Перзометрик қиялик I_p перзометрик чизик эгри чизик бўлганда дифференциал кўринишда аниқланади:

$$I_p = - \frac{d\left(\frac{p}{\gamma} + z \right)}{dl}$$

Текис ҳаракат қиялик вақтида тезлик ўзгармаганлиги ($v_1 \neq v_2$) учун гидравлик ва перзометрик қияликлар тенг бўлади.

Гидравлик йўқотиш ҳақида тушунча.

Гидравлик йўқотишнинг турлари

Реал суюқликларда икки кесим орасида энергия йўқотилишини H_{1-2} билан белгиладик. Бу йўқотиш суюқликлардаги қовушқоқлик кучи ҳисобига бўлади, яъни у шу кучни енгишга сарф бўлади.

Трубопроводлардаги ҳаракатни текширганимизда масала асосан ишқаланиш кучини енгиш учун сарф бўлган йўқотишни ҳисоблашга келади. Бу ҳолда трубанинг 1-1 ва 2-2 кесимларининг сирти тенг бўлгани учун тезликлари ҳам тенг бўлади, яъни ҳаракат текис бўлади. 1-1 ва 2-2 кесимлар орасидаги суюқлик устунига таъсир қилувчи кучлар:

1) $P_1 \kappa p_1 \cdot S$ ва $P_2 \kappa p_2 \cdot S$ - босим кучлари;

2) $G \kappa \gamma S l$ - оғирлик кучи;

3) $T \kappa \tau \pi D l$ - ишқаланиш кучидир.

1-1 ва 2-2 кесимлар орасидаги суюқликнинг мувозанат ҳолати тенгламаси унга таъсир қилаётган кучлар орқали қуйидагича ёзилади:

$$P_1 - P_2 \kappa G \sin \alpha - T \kappa 0$$

$\sin \alpha \kappa \frac{z_1 - z_2}{l}$ эканлигини ҳисобга олсак, юқоридаги тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$p_1 S - p_2 S \kappa \gamma S l \cdot \frac{z_1 - z_2}{l} \kappa \tau \pi D l \kappa 0$$

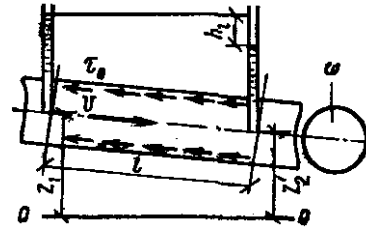
Бундан текис ҳаракат учун Бернулли тенгламаси келиб чиқади.

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \kappa \frac{\tau \pi D l}{S}$$

Бу тенгламани (3.48) тенглама билан солиштирсак ва уни текис ҳаракат ($v_1 \kappa v_2$) учун қўлласак, гидравлик йўқотиш учун қуйидаги муносабатни оламиз:

$$h_{1-2} K \frac{\tau}{\gamma} \frac{\pi D l}{S} \quad (3.56)$$

бу ерда l - оқим узунлиги; D - труба диаметри. Гидравлик йўқотиш, одатда, икки турга ажратилади:



1.15-расм. Гидравлик йўқотиш тушунчасига доир

1. **Узунлик бўйича** (ишқаланиш кучига сарф бўлган) **йўқотиш** оқим узунлиги бўйича ҳаракат ҳисобига вужудга келади ва унинг узунлигига боғлиқ бўлади. Бу йўқотиш (3.56) формула кўринишида ифодаланади.

2. **Маҳаллий қаршилик** оқимнинг айрим қисмларида нотекис ҳаракат ҳисобига вужудга келади. Нотекис ҳаракатни вужудга келтирувчи қисмлар труба ёки ўзанининг кесим шакллари, ўзгарган жойлари (тирсаклар, тўкичлар, кескин кенгайишлар, кескин торайишлар, кранлар ва ҳ.) бўлиб, бу ердаги гидравлик йўқотиш узунликка боғлиқ эмас.

Умумий гидравлик йўқотиш бу икки йўқотишнинг йиғиндисига тенг

$$H_n \text{ қ } H_l H_m \quad (3.57)$$

бу ерда H_l - узунлик бўйича йўқотиш; H_m - маҳаллий қаршилик.

Гидравлик йўқотиш суюқликнинг кинетик энергиясига боғлиқ бўлиб, энергия ортиши билан ортади, камайиши билан эса камаяди. Шунинг учун гидравлик йўқотишни суюқлик кинетик энергиясига пропорционал қилиб олинади.

Тезлик ва сарф ўлчаш усуллари ҳамда асбоблари

Суюқлик сарфини ва тезлигини ўлчашнинг энг осон усули ҳажмий ва оғирлик усуллари.

1. **Ҳажмий усулда** текшириладиган оқимдан суюқлик махсус даражаланган идиш (мензурка) га тушади. Идишнинг тўлиш вақти секундомер ёрдамида аниқ ўлчанади. Агар идишнинг ҳажмий V , ўлчанган вақт T бўлса, ҳажмий сарф қуйидагига тенг бўлади:

$$Q_k \frac{V}{T}$$

Оқимнинг ҳаракат кесими маълум бўлса, унинг тезлиги (3.4) формула билан аниқланади.

2. **Оғирлик усулида** бирор идишга оқимдан суюқлик туширилади. Тарозида ўлчаш йўли билан идишдаги суюқликнинг оғирлиги топилади. Идишнинг тўлиш вақти T бўлса, оғирлик сарфи қуйидагига тенг:

$$G_k \frac{GV}{T}$$

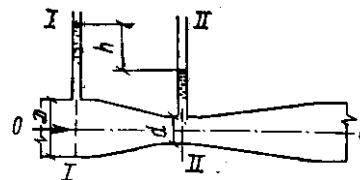
Суюқликнинг ҳажмий сарфи оғирлик бўйича сарфини солиштира оғирликка бўлиш йўли билан аниқланади:

$$Q_k \frac{G}{\gamma}$$

Бу усуллар, албатта, кичик миқдордаги сарфларни ўлчаш учун қўлланилади. Катта сарфларни ўлчаш учун эса жуда катта ўлчов идишлари керак бўлади. Иккинчидан, трубопровод ва каналларда сарфни юқоридаги усул билан ўлчаганда оқимнинг тузилиши ўзгаради ва ўлчаш натижасида катта хатолар билан чиқади. Шунинг учун кўпинча трубалар ва каналлардаги сарф бошқа усуллар билан ўлчанади.

3. **Вентури сув ўлчагичи** махсус трубадан сув ўтишига асосланган бўлиб, тузилиши содда ва ҳаракатланувчи қисмлари

йўқдир. Бу асбоб талабга жавоб вертикал ёки горизонтал ҳолдагисини кўрамыз.



1.16-расм. Вентури сув ўлчагичи

Вентури сув ўлчагичи иккита бир хил d_1 диаметри 1 ва 2 труба бўлакларидан ташкил топган бўлиб, улар 3 ва 4 диффузорлар ҳамда кичик d_2 диаметрли труба бўлаги (патрубок) орқали туташтирилгандир. Унинг 1-1 ва 2-2 кесимларига перзометрик найчалар ўрнатилган бўлиб, улар шу кесимлардаги босимлар фарқи h ни кўрсатади. Труба горизонтал бўлгани учун ($z_1 = z_2$), 1-1 ва 2-2 кесимлари Бернулли тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma}$$

бундан

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$

лекин $\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = h$ бўлгани учун

$$h = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$

Узилмаслик тенгламаси (3.14) га асосан

$$v_1 K v_2 \frac{S_2}{S_1}$$

у ҳолда

$$h_{\kappa} \frac{v_2^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 \right]$$

бундан 2-2 кесимдаги тезликни топамиз:

$$v_{2\kappa} \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2}} \quad (3.58)$$

У ҳолда суюқлик сарфи қуйидагича аниқланади:

$$Q_{\kappa} v_{2\kappa} S_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2}} \quad (3.59)$$

Бу формула идеал суюқлик учун чиқарилган. Ҳақиқатда икки кесим ўртасида босим пасайиши ва тезликларнинг кесим бўйича бир текис тарқалмаганлиги учун юқоридаги формула бўйича олинган натижа ҳақиқий сарфдан фарқ қилади. Шунинг учун сарф формуласига тузатма коэффициентини m ни киритамиз:

$$Q_{\kappa} m S_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2}}$$

m коэффициентининг қиймати турли сув ўлчагичлар учун ҳар хил бўлиб, улар тегишли сув ўлчагич учун тажрибада аниқлаб қуйилади. Ҳисоблаш ишларида сарф, одатда, қуйидаги соддалаштирилган формула билан ҳисобланади:

$$Q_{\kappa} c \sqrt{h} \quad (3.60)$$

бу ерда

$$c_{\text{қт}} S_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}$$

коэффициент сув ўлчагич доимийси деб аталади ва ҳар бир берилган сув ўлчагич учун ҳисоблаб қўйилади.

4. **Сув ўлчагич шайба (диафрагма)** икки труба бўлаги ўртасига ўрнатилган ҳалқадан иборат бўлиб (1.41-расм) унинг ички айлана тешигининг чеккалари 45° бурчак остида қияланган ёки оқиб ўтувчи оқимча шаклида силлиқланган (сопло кўринишда) бўлади. Ҳалқанинг икки томонига перзометр ёки дифференциал манометр ўрнатилган бўлиб, улар диафрагманинг икки томонидаги босимлар фарқини аниқлашга ёрдам беради.

Сарф перзометрлардаги суюқлик сатҳларининг фарқи орқали, қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$Q_{\text{қ}} c_1 \sqrt{h} \quad (3.61)$$

c_1 коэффициент ҳар бир диафрагма учун тажриба асосида аниқланади.

5. **Вертушка** вал 2 га ўрнатилган айланма куракчалар 1 га эга бўлган ылдирак бўлиб, асосий корпусга маҳкамланади. Вертушка сув оқимига тўғри йўналтирилиши учун корпус 4 га қанотча ўрнатилган. Вертушкadan ўтказгичлар 3 электр кўньи роқ отилган бўлиб, куракчалар айланганда электр занжирини туташтиради ва кўньи роқ жиринглайди ёки махсус счётчик айланиш сонини автоматик ҳисоблайди. Сувга туширилган вертушкаларнинг куракчалари сувнинг тезлигига қараб секинроқ ёки тезроқ айланади. Шунинг учун суюқликнинг тезлиги счётчикнинг кўрсаткичи ёки вақт бирлигида кўньи роқнинг жиринглаш сонига қараб аниқланади. Каналларда суюқлик сарфини топиш учун уларнинг кўнгдаланг кесимини $\Delta S_1, \Delta S_2, \Delta S_3 \dots$ элементар юзаларга бўлиб чиқамиз. Бу

юзаларнинг геометрик марказларида тезликларни вертушка ёрдамида ўлчаб, уларни юзаларга кўпайтирсак, ҳар бир кесим бўйича сарф келиб чиқади:

$$q_1 K \Delta S_1 v_1; q_2 K \Delta S_2 v_2; \dots, q_n K \Delta S_n v_n$$

Каналда оқётган суюқлик сарфи бу сарфларнинг йиғиндисига тенгдир;

$$Q_K \sum_{i=1}^n q_i K \Delta S_i v_i K \Delta S_2 v_2 K \Delta S_n v_n \quad (3.62)$$

Бу усул гидрометрик ўлчашларда энг кўп қўлланиладиган усулдир.

6. Пито найчаси учи тўғри бурчак ҳосил қилиб эгилган найча бўлиб, унинг эгилган учи суюқлик оқими йўналишига қарама-қарши қилиб қўйилади. Найчанинг иккинчи учи суюқликдан ташқарига чиқиб туради. Бу ҳолда озод сиртда ва найчадаги суюқлик сатҳида босим атмосфера босимга тенг. Шунинг учун найчадаги суюқликнинг баландлиги h оқимнинг тезлик босимни беради, яъни $h K \frac{v^2}{2g}$. Бундан тезликни топиш

формуласи келиб чиқади:

$$v_K \sqrt{2gh} \quad (3.63)$$

Тезликнинг ҳақиқий миқдори (суюқлик туширилган найча ҳаракат тартибини бузганлиги учун) охириги формула билан ҳисобланган миқдорга тўғри келмайди. Шунинг учун бу формулага тузатиш коэффициентини a киритилади:

$$v_K a \sqrt{2gh} \quad (3.64)$$

бу ерда a - коэффициент у ҳар бир найча учун тажриба йўли билан аниқлаб қўйилади.

Пито найчаси очик сиртли оқимларда тезликни ўлчаш учун қўлланилади.

7. **Прандтлр найчаси** Пито найчасининг қулайлаштирилгани бўлиб, у трубалардаги тезликларни ўлчаш учун қўлланилади ва иккита найчадан иборат бўлади. Улардан бири Пито найчаси ва иккинчиси перзометрик босимни берса, Пито найчасидаги суюқлик баландлиги тўлиқ босим $\frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$ ни беради. Шунинг учун бу икки найчадаги баландликлар фарқи тезлик босимини беради ва унинг ёрдамида тезлик топилади:

$$v_{\text{қа}} \sqrt{2gh} \quad (3.65)$$

Ҳозирги мавжуд асбобларда бу иккита найча ичига жойлаштирилган (1.45-расм) бўлиб, уларнинг учлари микроманометр ёки дифференциал манометрларга туташтирилган. Агар манометрлардаги суюқлик оқаётган суюқликдан фарқ қилса, Прандтлр найчасининг учи туширилган нуқтадаги тезлик қуйидаги формула билан топилади:

$$v_{\text{қа}} \sqrt{2gh \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - 1 \right)} \quad (3.66)$$

бу ерда h - дифманометр найчаларидаги сатҳлар фарқи; γ_1 ва γ - дифманометрдаги ва текширилаётган (оқаётган) суюқликлар солиштирма оғирликлари; a - тажрибадан топиладиган қиймати 1 дан 1,04 гача ўзгарувчи коэффициент. Прандтлр найчаси ёрдамида суюқлик оқими кесимининг ҳар хил нуқталарида тезликни ўлчаб, бу кесим бўйича тезликнинг ўзгаришини ва сарфини топиш мумкин.

Суюқлик ҳаракатининг тартиблари ва гидродинамик ўхшашлик асослари

Амалда кўп ҳолларда турли трубопроводлар системасини ҳисоблашга тўғри келади. Бундай ҳисоблашлар химия, тўқимачилик нефть саноатида, гидротехник

иншоотларида ва бошқа кўпгина жойларда учрайдиган турли гидромашиналарнинг қисмлари, водопроводлар, иссиқлик алмаштиргичлар каби системалар учун қўлланилади. Бу системаларни ҳисоблаш уларда суюқликнинг қандай тезликда ва қандай шароитда оқишига боғлиқ. Шунга асосан суюқликлар ҳаракатининг турли тартиблари текширилади ва ҳаракат тартибига қараб турлича ҳисоблаш ишлари олиб борилади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Презометрик қияликни тушунтиринг.
2. Гидравлик қияликни тушунтиринг.
3. Маҳаллий қаршилиқни тушунтиринг.
4. Узунлик бўйича йўқотилган босимни тушунтиринг.
5. Йўқотилган напорларни тушунтиринг.
6. Вентури сарф ўлчагич.
7. Текис ҳаракатни тушунтиринг.
8. Текис ҳаракатни асосий тенгламасини тушунтиринг.
9. Гидравлик йукотиш ҳақида тушунча беринг ва гидравлик йукотишнинг турларини айтинг.
10. Маҳаллий қаршилиқ қандай вужудга келади.
11. Вентури сарф ўлчагич ҳақида тушунча беринг.

XI – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюқлик ҳаракатининг икки хил тартиби

Режа:

1. Рейнолрдс критик сони.
2. Ламинар ва турбулент ҳаракати.

Таянч сўз ва иборалар

Ламинар ҳаракат, турбулент ҳаракат, Рейнолрдс сони, гидравлик радиус, диаметр, ёпишқоқлик, тартибли ҳаракат, уюрмли ҳаракат, Ренолрдс тажрибаси, критик Ренолрдс сони, критик тезлик.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

1. Суюқлик ҳаракит тартибини аниқлаш нима учун зарур?
2. Ренолрдс критерийсини аниқлашнинг мақсади нима?
3. Турбулент ҳаракатда гидравлик қаршилик қандай ўзгаради?
4. Ренолрдс тажрибасини тушунтиринг?

Суюқлик ҳаракатининг икки тартиби.

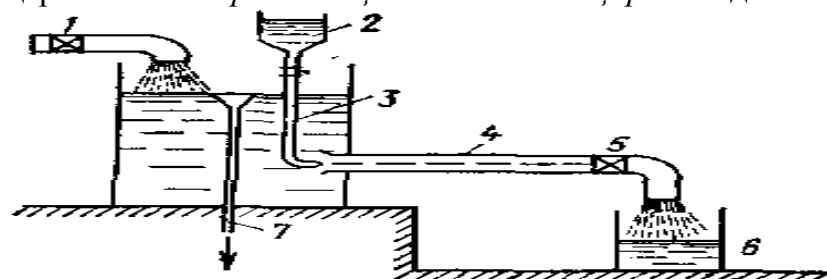
Рейнолрдс критик сони

Кўп ҳолларда трубопроводлардаги суюқлик текис ҳаракатда бўлади, яъни тезлик оқим йўналиши бўйича ўзгармайди. Бу ҳолда ҳаракатнинг қандай бўлишига, асосан, ички ишқаланиш кучи таъсир қилади. Бу ҳолда унинг икки кесимидаги босимлар фарқи ишқаланиш кучининг ва геометрик баландликлар фарқининг катта ёки кичиклигига боғлиқ бўлади. Бу кучларнинг таъсирида трубопроводлардаги ҳаракат тезлиги ҳар хил бўлиши мумкин. Тезликнинг катта-кичиклигига қараб

суюқлик заррачалари батартиб ёки бетартиб ҳаракат қилади. Бу ҳаракатлар, одатда, асосан икки тартибли ҳаракатга ажратилади: ламинар ҳаракат ва турбулент ҳаракат.

Ламинар ҳаракат вақтида суюқлик заррачалари қават-қават бўлиб жойлашади ва улар бир қаватдан иккинчи қаватга ўтмайди. Бошқача айтганда, суюқлик заррачалари оқимлар ҳаракатига кўнгдаланг йўналишда ҳаракатланмайди ва уни куйидагича тарифлаш мумкин.

Агар ҳаракат фазосида бирор А нукта танлаб олсак, шу нуктада албатта суюқликнинг бирор заррачаси бўлади. Ҳаракат натижасида бу заррача А нуктадан силжиб унинг ўрнини учинчи заррача эгаллайди ва ҳоказо. Энди А нуктага биринчи келган заррача ҳаракатланиб, бирор В нуктага АВ чизиби бўйича келса, унинг кетидан келган иккинчи заррача ҳам А нуктадан В нуктага АВ чизиби бўйича келса, учинчи заррача ҳам аниқ АВ чизиби бўйича юрса ва А нуктага келган бошқа заррачалар ҳам АВ чизиби орқали В нуктага келса, бундай ҳаракат *ламинар ҳаракат* дейилади. Баъзи вақтда ламинар ҳаракатнинг *параллел оқимли ёки тинч ҳаракат* деб аталади.



1.17-расм. Ламинар ва турбулент ҳаракатга оид чизма.

Ламинар ҳаракатни тажрибада кузатиш учун суюқлик оқаётган шиша трубанинг бошланғич кесимида шиша найча орқали рангли суюқлик келтириб кўшиб юборсак, ранг суюқликда аралашмасдан тўғри чизиқ бўйича оқим кўринишида кетади.

Агар суюқликнинг тезлигини ошириб юборсак, ҳаракат тартиби ўзгариб боради. Тезлик маълум бир чегарадан ўтганидан кейин, заррачалар кинетик энергияси кўпайиб кетиши натижасида, улар кўнгдаланг йўналишда ҳам ҳаракат қила бошлайди. Натижада заррачалар ўзи ҳаракат қилаётган қаватдан қўшни қаватга ўтиб, энергиясининг бир қисмини йўқотиб, ўз қаватига қайтиб келади. Оқим тезлиги жуда ошиб кетса, заррачалар бир қаватдан иккинчи қаватга ўта бошлайди. Натижада суюқлик ҳаракатининг тартиби бузилади. Бундай ҳаракат *турбулент ҳаракат* дейилади.

Юқорида айтганимиздек, А нуқтадан ўтаётган зарраларни кўрсак, биринчи заррача В нуқтага текис чизик билан эмас, қандайдир эгри-бугри чизик бўйича келади. Хатто у нуқтага аниқ келмаслиги мумкин. Биринчининг кетидан келаётган иккинчи заррача ҳам А дан В га эгри-бугри чизик билан келади. Лекин бу чизик биринчи заррача юрган чизикдан фарқ қилади. Учинчи заррача эса А дан В га учинчи эгри-бугри чизик билан келади. Шундай қилиб трубулент ҳаракатда ихтиёрий А нуқтадан ўтувчи ҳар бир суюқлик заррачаси В нуқтага ўзига хос эгри чизик билан келади, баъзи заррачалар В нуқтага келмаслиги ҳам мумкин. Юқорида айтилган усул билан трубада оқаётган суюқлик оқимининг бошланғич кесимида ранг қўшиб юборсак, у тезликнинг маълум бир миқдоридан бошлаб эгри чизик бўйича кетади. Тезликни оширишни давом эттирсак, ранг суюқликда бутунлай аралашиб кетади. Бундай кўринадики, суюқликнинг параллел оқимли тартиби бузилади. Суюқлик ҳаракатининг бу икки тартибини инглиз олими О.Рейнолрдс тажрибада ҳар томонлама текширган ва натижаларни 1883 йилда элон қилган. Рейнолрдс суюқликлар ҳаракатининг муҳим қонуниятини кашф қилди. Суюқлик ҳаракатининг тезликнинг оқим ўлчамига кўпайтмасининг қовушқоқлик кинематик коэффициентига нисбатидан иборат ўлчовсиз

миқдор характерлар экан. Бу миқдор олимнинг хурматига *Рейнольдс сони* деб аталади ва формулаларда R_e билан белгиланади. Цилиндрик трубалардаги оқим учун Рейнольдс сони қуйидагича ҳисобланади:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (4.1)$$

Турли шаклдаги ноцилиндрик трубалар ва ўзанлардаги оқимлар учун Рейнольдс сони қуйидагича ўлчанади:

$$Re_{\text{эк}} = \frac{v \cdot d_{\text{эк}}}{\nu} = \frac{5vR}{\nu} \quad (4.2)$$

бу ер d - трубанинг ички диаметри; $d_{\text{эк}}$ - ўзан ёки ноцилиндрик трубанинг эквивалент диаметри: $d_{\text{эк}} \approx 4R$; R - гидравлик радиус.

Рейнольдс аниқлашича, юқорида айtilган ўлчовсиз миқдорнинг кичик қийматларида ламинар ҳаракат бўлиб, унинг ошиб бориши натижасида у турбулент ҳаракатга айланади. (4.1) дан кўриниб турибдики, Рейнольдс сони R_e ошиши учун ё тезлик, ёки труба диаметри ортиш, ёки бўлмаса қовушқоқлик кинематик коэффициентлари камайиши керак.

Сууюқликнинг ламинар ҳаракатдан турбулент ҳаракатга ўтишини Рейнольдс сони R_e нинг маълум критик миқдори билан аниқланади ва у Рейнольдс сони критик сони деб аталиб, $Re_{\text{кр}}$ билан белгиланади. Бу сон цилиндрлик трубалар учун $Re_{\text{кр}} \approx 2320$.

Агар оқими жуда силлиқ трубада, ҳар қандай энг кучсиз туртки ва тебранишлардан холи бўлган шароитда текширсак, Рейнольдс критик сони 2320 дан ортиқ, ҳатто бир неча маротаба ортиқ бўлиши мумкин. Лекин Рейнольдс сони маълум бир қийматдан ўтганидан кейин ҳаракат, қандай эҳтиёт чоралари кўрилмасин, албатта турбулент бўлади. Бу сон Рейнольдс юқори критик сони деб аталади ва $Re_{\text{кр.ю}} \approx 10000$ га тенг бўлади. Бу сонга қиёс қилиб, юқорида келтирилган критик сон

Рейнолрдс қуйи критик сони $Re_{кр.к} \approx 2320$ деб аталади. Рейнолрдс сони $Re_{кр.к}$ дан кичик бўлганда барқарор ламинар ҳаракат бўлади, у $Re_{кр.ю}$ дан катта бўлганда эса турбулент ҳаракат барқарорлашган бўлади. Агар Рейнолрдс сони бу икки миқдор ўртасида, яъни $Re_{кр.к} < Re < Re_{кр.ю}$ бўлса, турбулент ҳаракат беқарор бўлиб, бу ҳолатни ўткинчи тартиб дейилади. Шундай қилиб, суёқлик ҳаракатида асосан икки тартиб ламинар ва турбулент тартиб мавжуд. Бу тушунчани яна яқинроқ ифодаласак, у ҳолда уч хир тартиб мавжуд бўлиб, улар Рейнолрдс сонига боғлиқ:

ламинар тартиб $Re < 2320$ да

ўткинчи тартиб $2320 < Re < 10000$ да;

3) барқарорлашган турбулент тартиб $Re > 10000$ да.

Суёқлик ҳаракатини текширишда ва турли гидросистемаларни ҳисоблашда ҳаракат тартибининг қандай бўлишига қараб фойдаланиладиган формула ва миқдорлар турлича бўлади. Шунинг учун турли ҳисоблашларни бажаришдан олдин ҳаракатнинг ламинар ёки турбулент тартибда эканлигини (4.1) аниқлаб олиш зарур бўлади.

Суёқликларда ички қаршиликлар ҳам ҳаракат тартибига қараб ҳар хил ҳисобланади. Тажрибаларнинг кўрсатишича, ламинар ҳаракат вақтида босимнинг пасайиши ўртача тезликнинг биринчи даражасига

$$H_{1-2} \propto k k_T v$$

турбулент ҳаракатда эса унинг n - даражасига пропорционал бўлади.

$$H_{1-2} \propto k k_T v^n$$

бу ерда K_L , K_T - ламинар ва турбулент ҳаракат учун пропорционаллик коэффициентлари; n - даража кўрсаткичи; у 1,75 ва 2 орасида ўзгаради. Рейнолрдс сони ортиши билан даража кўрсаткичи n ортиб боради. Барқарор турбулент ҳаракат бўлганда $n \approx 2$ бўлади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Сууюқликлар ҳаракат таркибини тушунтиринг.
2. Рейнольдс сони.
3. Ламинар ҳаракат.
4. Турбулент ҳаракат.
5. Гидравлик радиус.
6. Ламинар ҳаракат сақланишини тушунтиринг.
7. Турбулент ҳаракат сақланишини тушунтиринг.
8. Рейнольдс критик сони хакида тушунча беринг.
9. Ламинар ҳаракати кандай?
10. Турбулент ҳаракати кандай?

XII – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Оқим узунлиги бўйича босимнинг камайиши Режа:

1. Суюқликнинг текис ҳаракатда босимнинг йҳқолиши.
2. Суюқликнинг турбулент ҳаракатида босимнинг йҳқолиши.
3. Турбулент ҳаракатда гидравлик қаршилиқ коэффициентини топиш учун эмперик боғланишлар.
4. Суюқликларнинг ламинар ҳаракатга босимнинг йҳқолиши.

Таянч сўз ва иборалар

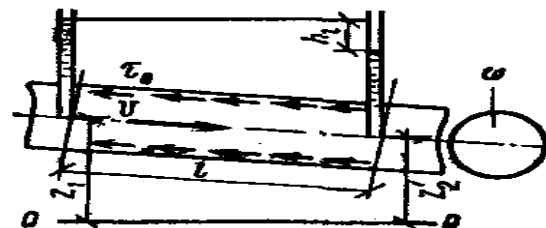
Суюқликнинг текис ҳаракати, ҳртача тезлик, ламинар ҳаракатда босимнинг камайиши, турбулент ҳаракатда босимнинг камайиши, гидравлик ишқаланиш коэффициенти, Шези формуласи, Блаизус формуласи, Дарси-Вейсбах формуласи, Алтиулр формуласи, Шевелёв формуласи, Шифринсон формуласи.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

1. Босим йҳқолишида ишқаланиш кучининг таъсири қандай бўлади?
2. Гидравлик ишқа-лаиш коэффициенти қайси омилларга боғлиқ?
3. Оқим узунлиги бўйича босим йҳқолиши қайси формуладан аниқланади?
4. Ламинар ва турбулент оқимларда босим йҳқолиши нима учун тубдан фарқ қилади?

Суюқликнинг текис (тенг уловчи) ҳаракатида босимнинг йўқолиши

Суюқликнинг текис ҳаракатида ўртача тезлик барча кесимлар учун бир хил бўлади. Демак бу ерда босимнинг йўқолиши маҳалий қаршилиқларга боғлиқ бўлмай фақат суюқликнинг оқим узунлигига боғлиқ бўлади. Горизонтал текислик билан бирор α бурчак ташкил этувчи кесим юзалари бир хил бўлган суюқлик оқимини куриб чиқайлик.



17-расм. Оқимга таъсир этувчи кучлар.

Олинган кесимимиз мувозанатда деб олсак оқим йўналиши бўйича P_1 кучи таъсир этади. Оқим йўналишига қарши r - кесимда P_2 кучи таъсир этади ва оқимнинг ён томонидан P_n нормал кучлар ҳамда суюқликларнинг қатлами орасида тишқаланиш кучи таъсир этади:

$$T_{\text{қт}} \times l$$

Оқим мувозанатда бўлиши учун таъсир этувчи кучларнинг йиғиндиси 0 га тенг бўлиши керак.

XX ўқи бўйича барча кучларнинг проекцияларини кушиб чиқамиз. P_n — XX ўқига $\perp$ бўлгани учун проекцияси 0 га тенг бўлади.

$$P_1 - P_2 + G \cdot \sin \alpha - T = 0$$

(3)

$$P_1 = P_1 S \quad P_2 = P_2 S$$

$$\sin \alpha = \frac{z_1 - z_2}{l}$$

$$G = \rho g S l; \quad T = \tau l$$

Бу қийматларни (3) тенгламага куйсак

$$P_1 S - P_2 S + \rho g S l \frac{z_1 - z_2}{l} - \tau l = 0$$

Олинган тенгламани $\rho g S$ га бўлиб $\frac{x}{S} = R$ (бу ерда R - гидравлик радиус) эканини ҳисобга олсак.

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\tau l}{\rho g R} \quad (4)$$

(4) тенгламани қуйидаги Бернулли тенгламаси билан солиштириб, бу ерда текис ҳаракат бўлгани учун $V_1 \neq V_2$

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{mp}$$

$$V_1 = V_2 \quad \text{дан}$$

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + h_{mp}$$

$$h_{mp} = \frac{\tau l}{\rho g R}$$

бу текис ўзгармас ҳаракатнинг *асосий тенгламаси* дейилади. Энди сиз учун аҳамиятли бўлган цилиндрик трубадаги ҳаракатни кўрайлик

Труба ичидан радиуси U га тенг ва узунлиги бўлган цилиндрик ҳажми ажратиб олайлик. Доиравий кесим учун гидравлик радиус $R_{\text{г}}U/2$

$$U \text{ холда } h_{\text{г}} = \frac{\psi}{\rho g} \cdot \frac{2l}{U}$$

Хусусий холда агар $z_1 \neq z_2$ бўлса

$$h_{\text{г}} = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{2l}{\rho g U} \quad (7)$$

$\Delta P \cdot l$ - узунликдаги босимни камайиши

$$\tau = \frac{\Delta P U}{2l}$$

Уринма кучланиш τ ўзгаришини чизиқли эканини ҳисобга олсак

$U \neq 0$ да $\tau \neq 0$ ва труба деворида $U \neq 0$ да τ энг катта қийматга эга бўлади. Бундан $\tau_r = \frac{\Delta P_r}{2l}$ (7) тенгламадан кўринадики $\frac{\tau}{\rho g}$

- ҳақиқий йўқолган энергияни ташкил этади.

Бу йўқолган энергияни аналитик жихатдан келтириб чиқариш шу вақтгача фақат хусусий ҳоллар узунгина мавжуд бўлган, чунки оқим ҳаракати параметрларига ва ишқаланиш кучига боғлиқ бўлган мураккаб функциядан иборатдир яъни:

$$\frac{\tau}{\rho g} = f(V, \mu, \Delta, \text{Pr})$$

Бунинг учун бир нечта эмперик формулалар мавжуд:

$$\frac{\tau}{\rho g} = \frac{V^2}{C^2} \quad - \text{Шези формуласи (1775 й)} \quad (8)$$

$$h_{1-2} = \frac{V^2 l}{C^2 R} \quad (9)$$

$$\frac{h_{tp}}{l} = i \quad (i - \text{гидравлик қиялик}) \quad \text{эканини хисобга олсак} \quad (10)$$

$$V = C \sqrt{Ri} \quad (11)$$

Шези формуласи. C – Шези коэффиценти;
 C^2 - нинг уловчи тезланишни бергани учун

кейинчалик бу қуйидагича алмаштирилга $C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$
 λ - гидравлик ишқаланиш коэффиценти дейилади.

Суюқликнинг турбулент ҳаракатидаги гидравлик қаршилик

Суюқликнинг турбулент ҳаракатланганда унинг заррачалари муқарраб троекторияларда ҳаракатланади, натижада ички ишқаланиш кучи оширади ва бу уз навбатида қатламалар орасидаги кучланганликни оширади. Демак суюқлик ҳаракати муқарраб бўлганлиги учун, шу вақтга турбулент ҳаракатни тўла тавсияловчи аналитик математик ифодаси йук.

Бундай ҳаракатларни эмперик ёки ярим эмперик формулалар ёрдамида ифодалаб келинади.

Турбулент ҳаракатда гидравлик қаршилик топиш учун коэффицентини эмперик боғланишлар

Тажрибалар асосида XIX асрда Бланзус гидравлик қаршилик коэффицентини қуйидаги эмперик формуласини келтириб чиқарган:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad \text{Бланзус формуласи} \quad (1)$$

Бу формула фақат силлик турбулентлар учун бўлиб Re қ 2500-7000 гача қўллаш мумкин.

Бу юқоридаги формулани ривожлантириб Мителрман Re қ 2500–4000 ораликда қўллаш мумкин бўлган, силлик труба учун қуйидаги боғланишни таклиф этган.

$$\lambda = \frac{0,08}{\sqrt[7]{Re}} \quad \text{Мителрман формуласи} \quad (2)$$

Силлик трубалар учун яна Ибатулов ва Шишенколар ҳам узларининг қуйидаги

Re қ 2500 – 5000 оралик учун формуласини чиқаришган

$$\lambda = \frac{0,075}{\sqrt[8]{Re}} \quad (3)$$

Канаков эса $Re \leq 3 \cdot 10^6$ оралик учун ва силлик трубалар учун

$$\lambda = \frac{1}{(0,8 \lg Re + 1,5)^2} \quad (4)$$

Силлик бўлмаган трубалар учун квадратик зонагача бўлган оралик учун $2320 < Re < 5000$ Алртшулр қуйидаги формулани таклиф этади.

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K_3}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (5)$$

бу ерда K_3 – гадир будурликнинг эквивалентлик коэффиценти.

Квадратик зона учун Шифринсон қуйидаги формулани таклиф этади ($Re > 50000$)

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K\varepsilon}{d} \right)^{0,25} \quad (6)$$

Шевелев Ф.А. ишқаланиш қаршилиқ коэффициенти λ учун қуйидаги формуларни таклиф этади (гидравлик силлик труба учун):

$$\lambda = \frac{0,25}{\text{Re}^{0,226}} \quad (7)$$

Ишланган пулат ва чуян трубалар учун (агар суюқлик тезлиги бўлса)

$$\lambda = \frac{0,021}{d^{0,3}} \quad (8)$$

агар $V < 1,2 \text{ м/с}$ бўлса

$$\lambda = \left(\frac{1,5 \cdot 10^{-6}}{d} + \frac{1}{\text{Re}} \right)^{0,3} \quad (9)$$

Барча турбулент оқимлар учун Колбрुक ва Уайт қуйидаги формулани таклиф этадилар.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{K\varepsilon}{3,7d} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right) \quad \text{Колбрुक-Уайт формуласи} \quad (10)$$

(10) формулани хусусий ҳоллар учун соддалаштириб Прандтл ва Никўрадзелар қуйидаги формулани таклиф этдилар.

ЛАМИНАР ХАРАКАТДА БОСИМНИНГ КАМАЙИШИ

Суюқликнинг *ламинар* ҳаракатида суюқлик труба киришда барча кесимларда тезлиги бир хил аста-секин расмда кўрсатилгандай тарқала бошлайди $L_{\delta} \approx 0,28 d \text{Re}$ - бошлангич

масофадан бошлаб тезликни тарқалиши паробала шаклиги келади.

Суюқлик оқаётган трубадан хаёлан бирор халқа шаклдаги калинлиги dY бўлган элементар кичик юзача ажратиб олайлик, бу халқанинг ички радиуси Y . Y холда олинган кесим юзаси:

$$dS_y = 2\pi Y dY$$

dY жуда кичик десак V_y тезлик халқанинг барча нуқталарида бир хил бўлади:

$$V_y = \frac{\Delta P}{4\mu L} (r^2 - y^2) \quad (1)$$

- ламинар ҳаракатда тезликни тарқалиш тенгламаси, стокс тенгламаси дейилади.

Суюқликнинг халқадан утаётган элементар сарфи:

$$dQ_y = V_y - dS_y = V_y 2\pi Y dY \quad (2)$$

Трубанинг тўла кесимдан утган сарф:

$$(3)$$

(3) ни буклаб интегралласак

$$Q = \pi \left[V_y Y^2 \Big|_0^r - \int_0^r Y^2 dV_y \right] \quad (4)$$

(4) тенгламанинг кавс ичидаги биринчи ифода нолга тенг, яъни Y_{qr} да $V_{rqr}0$, y холда

$$Q = -\pi \int_0^r Y^2 dV_y \quad (5)$$

Кучланишни тарқалиш қонунидан

$$Y = \frac{r\tau}{\tau_r} \text{ энди, } y \text{ холда } Y^2 = \frac{r^2\tau^2}{\tau_r^2} \quad (6)$$

$$dY = \frac{r}{\tau_r} d\tau \text{ эканидан } -\frac{dV_y}{dY} = f(\tau) \text{ десак}$$

$$-dV_y = f(\tau)dY = f(\tau)\frac{r}{\tau_r}d\tau \quad (7)$$

(7) ни (5) га қуйисак

$$Q = \frac{\pi r^3}{\tau^3} \int_0^{\tau} f(\tau)\tau^2 d\tau \quad (8)$$

(8) ни интегралласак, Ньютон суюқликлари оқими учун

$$f(\tau) = \frac{\tau^2}{\mu} \quad \text{у холда}$$

$$\frac{Q\tau_r^3}{\pi^3} = \int_0^{\tau_r} \frac{\tau}{\mu} \tau^2 d\tau = \frac{1}{\mu} \int_0^{\tau_r} \tau^3 dr = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\tau_r^4}{4} \quad (9)$$

$$Q = \frac{\pi r^3}{\mu} \cdot \frac{\tau_r}{4} = \frac{\pi r^3}{4\mu} \tau \quad (10)$$

бу ерда $d\kappa 2r$; $\tau_r = \frac{r\Delta P}{2L}$ деб олсак

$$Q = \frac{1}{128} \cdot \frac{\pi \Delta P}{\mu l} d^4 \quad \text{Гаген-Пуазейл формуласи} \quad (11)$$

Барча кесимлар учун ўртача тезлик

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{1}{32} \cdot \frac{\Delta P}{\mu l} d^2 \quad (12)$$

Босим камайиши

$$\Delta P = \frac{32\mu l V}{d^2} \quad (13)$$

$$\Delta h_e = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{32\mu l V}{\rho g d^2} = \frac{64\mu}{V_0 d \rho} \cdot \frac{V^2}{2g} \cdot \frac{l}{d}$$

$$\frac{\mu}{Vd\rho} = \frac{1}{\text{Re}} \quad \text{у холда}$$

$$\Delta h_e = \frac{64}{\text{Re}} \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (14)$$

тенгламани Дарси-Вейсбах тенгламаси билан солиштирсак

$$\Delta h_e = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}; \quad \lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad \text{Пуазейл формуласи}$$

(15)

Назорат учун саволлар:

1. Суюқликнинг текис ҳаракатида босимнинг камайиши.
2. Суюқликнинг турбулент ҳаракатида гидравлик қаршилик.
3. Гидравлик ишқланиш қаршилик коэффиценти.
4. Турбулент ҳаракатда гидравлик қаршиликни топиш учун эмпирик 5. боғланишлар.
6. Ламинар ҳаракатда босимни камайиши.
7. Пуазейл формуласи
8. Суюқлик ҳаракатидаги қаршиликлар.
9. Суюқлик ҳаракатида босимнинг камайиш турлари.
10. Суюқликнинг ламинар йуқолишида босимнинг камайишини аниқлаш.
11. Ишқланиш қаршилик коэффиценти ва унинг аниқлаш.

XIII – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Маҳаллий гидравлик қаршилик

Режа:

1. Оқимнинг кенгайиши.
2. Оқимнинг торайиши.
3. Оқимнинг бурулиши.

Таянч сўз ва иборалар

Кескин кенгайиш, кескин торайиш, маҳаллий қаршилик коэффициент и, Борд формуласи, Алртишул формуласи, диффузор, конфузор, диафрагма, Иделрчик формуласи, Вейсбах формуласи, бурилиш.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

1. Маҳаллий қарши-ликларнинг босим йўқолишига таъсири қандай бўлади?
2. Кескин кенгайиш ва кескин торайиш-ларда қандай боғланиш бор?
3. Нима учун маҳаллий қаршилик коэффициентини топиш учун аниқ формула йўқ?

Реал суюқлик ҳаракатида оқим узунлиги бўйича йўқолган напордан ташқари маҳаллий қаршиликлар бўйича ҳам босимни камайтириши бўлади.

Маҳаллий қаршиликлар қуйидаги ҳолларда пайдо бўлади.

1. Суюқликни тезлиги ўзгарган жойида (оқим кенгайганда ёки тарайганда).
2. Оқим йўналиши ўзгарганда (бурилишда).
3. Ҳам қиймати ва йўналиши бир вақтда ўзгарганда (тройник).

Амалиётда маҳаллий босим йўқолиши қуйидаги

Вейсбах формуласи ёрдамида ҳисобланади: $\Delta h_{\text{мк}\xi} \frac{v^2}{2g}$

(1)

бу ерда ξ - маҳаллий қаршилик коэффиценти дейилади;
асосан ξ - тажриба бўйича аниқланади.

Алртшулр ξ ни аниқлаш учун қуйидаги эмпирик формулани таклиф қилади.

$$\xi \frac{c}{\text{Re}_\xi} + \xi k \quad (2)$$

бу ерда ξ_k - турбулент ҳаракатининг квадратик зонаси учун маҳаллий қаршилик коэффиценти

C – маҳаллий қаршиликнинг турига боғлиқ бўлган коэффицент.

	C		
Кескин кенгайиш	30	Пробкали кран	1
90° ли бурчак	400	Оддий вентилр	3
135° ли бурчак	600	Бурчакли вентилр	4
90° ли текис бурилиш	130	Шарикли клапан	5
Тройник	150	Задвижка	

Маҳаллий қаршиликларни ўрганиш ламинар ҳаркат учун ҳозирча тўла ўрганилмаган. Турбулент ҳаракат учун хусусий ҳолларда ўрганилган ҳозир биз бир нота хусусий ҳолларни куриб чиқамиз.

1.

Оқимнинг кески кенгайиши:

Босим, тезлик ва оқим кесими юзасини 1-1 кесми учун p_1, v_1, s_1 2-2 кесим учун эса p_2, v_2, s_2 деб белимайлик.

Энди 1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзамиз, бўлинг учун қуйидаги учта шартни киритайлик.

1. 1-1 ва 2-2 кесимларга тезлик текис таксимлашган бўлсин, яъни $\alpha_1 \alpha_2 \approx 1$.
2. 1-1 ва 2-2 кесимлар оралигида труба деворидаги уринма кучланиш 0 га тенг бўлсин.
3. Гидродинамик босимлар P_1 ва P_2 қурилайтган s_1 см s_2 кесимда текис таксимланган бўлсин.

$$p_1 \approx p_2; \quad v_1 s_1 = v_2 s_2$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{kg} \quad (3)$$

Суюқликнинг ҳаракат миқдорини ўзгариши $\rho Q dt (v_2 K v_1)$ (а)

Ишқалашни қучириш ҳисобга олмасак импулс қучининг суюқлик ҳаракати йўналиши бўйича олинган проекциялари йиғиндиси

$$(p_1 - p_2) S_2 dt \quad (б) \text{ бўлади.}$$

Ҳаракат миқдори ўзгариши теоремасига асосан (а) ва (б) тенглаштирсак

$$\rho Q dt (v_2 K v_1) \approx (p_1 - p_2) S_2 dt$$

Бу ерда $Q \approx S_2 v_2$ эканини ҳисобга олиб тенгликни ρg га бўлсак

$$v_2 s_2 (v_2 v_1) / g \approx s_2 (p_1 - p_2) / \rho g$$

Яна s_2 га қисқартирсак

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{v_2^2}{g} - \frac{v_2 - v_1}{g} = \frac{v^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{2v_1 - v_2}{2g} + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

Буни индекслар бўйича группаласак

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (4)$$

(4) ни (3) – Бернулли тенгламаси билан солиштириб

$$h_{k.k.k} \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \text{ эканини оламиз} \quad (5)$$

(5) – Борд формуласи (1766 й).

Бу ерда v_1 s_1 v_2 s_2 эканини ҳисобга олиб

$$h_{k.k.k} \left(1 - \frac{s_1}{s_2}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g} = \xi \frac{v_1^2}{2g} \quad (6)$$

$$\xi = \left(1 - \frac{s_1}{s_2}\right)^2 \quad (7)$$

эканини топамиз: ёки

$$h_{k.k.} = \left(\frac{s_1}{s_2} - 1\right)^2 \frac{v_2^2}{2g}$$

Оқимининг аста-секин кенгайиши (диффузор)

Бу ерда угорма ҳосил бўлиши кескин кенгайишига қараганда камроқ бўлади. Маҳаллий қаршилик коэффиценти худди юқорида қурилган кескин кенгайиши каби чиқарилади:

$$\xi_{\partial u\phi} = k\left(\frac{s^2}{s_1} - 1\right)^2$$

$$h_{\partial u\phi} = k\left(\frac{s_2}{s_1} - 1\right)^2 \frac{v_2^2}{2g} \ddot{e}_{ки} h_{\partial u\phi} = k\left(1 - \frac{s_2}{s_1}\right) \frac{v_1^2}{2g}$$

Бу ерда k – конуслик коэффициенти дейилади ва α бурчакка боғлиқ бўлади. Масалан α қ 0 да K қ 0; α қ 30 да K қ 0,71; α қ 60 да K қ 1,12; α қ 90 да K қ 1,07.

Диффузор учун ξ коэффициент куйидаги формуладан ҳам ҳисобланади

$$\xi_{\partial u\phi} = \frac{\lambda}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{n^2 - 1}{n} + \left(\frac{n-1}{n}\right)^2 \sin \alpha$$

Бу ерда α - ишқаланиш қаршилиқ коэффициенти: $n \propto \frac{s_2}{s_1}$

диффузорининг кенгайиш даражаси.

Оқимнинг кескин торайиши

Оқимнинг кескин торайишида кескин кенгалишга қараганда камрок қаршилиқ пайдо бўлади.

Рамда кўринганидек оқим кичик кесимга утгандан кейин сиқилиш ҳосил бўлади. Демак бу ерда қаршилиқ топайиши ва кенгайишида ҳосил бўлар экан:

$$h_{к.т} \kappa \xi_0 - \frac{v_c^2}{2g} + \frac{(v_c - v_2)^2}{2g} = \xi_{к.т} \frac{v_2^2}{2g} \quad (8)$$

бу ерда ξ_0 - кичик кесимга киришдаги ишқаланиши ҳисобга олувчи

коэффициент;

v_c - сиқилган кесимдаги суюқлик тезлиги.

Амалиётда купинча қуйидаги И.Е.Иделрчик формуласидан фойдалилади.

$$\xi_{\kappa.T} \kappa (1 - \frac{s_2}{s_1}) / 2(1 - \frac{n}{2}) \quad (9)$$

бу ерда $\kappa \frac{s_1}{s_2}$ - торайиш даражаси $\frac{s_2}{s_1} = 0$ бўлса $\xi_{\kappa.T}$ қ 0,5.

Трубопроводник аста торайиши (конфузор)

Бу ерда ҳам қаршилиқ диффузордан кам бўлади.

$$h_{\kappa\text{он}} = \frac{k}{2} (1 - \frac{s_2}{s_1}) \frac{v_2^2}{2g} = \xi_{\kappa\text{он}} \frac{v_2^2}{2g} \quad (10)$$

бу ерда k_1 - конфузор учун маҳаллий қаршилиқ коэффициенти

α - конуслик коэффициенти бўлиб бурчакка боғлиқ бўлади.

Конфузор учун қуйидагича ҳисобланади

$$\xi_{\kappa\text{он}} = \frac{\lambda}{\rho \sin \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{n^2 - 1}{n^2} \quad (11)$$

3. Диафрагма

$$\xi_{\text{диаф}} = (1 + \frac{0,707}{\sqrt{1 - s_0/s}})^2 (\frac{s}{30} - 1)^2 \quad (12)$$

И.Е.Иделрчик формуласи

6. Трубага кириш. Труба идишига тўғри бурчак остида ўрнатилган ва киррали

бўлса ξ қ 0,5 трубага кириш жойи эгри (киррали эмас) чизикли бўлса ξ қ 0,04 – 0,1 (ўртача ξ қ 0,08)

Агар трубопровод идишига бирор β бурчак остида ўрнатилган бўлса $\xi \approx 0,505 \pm 0,303 \sin \beta \pm 0,226 \cdot \sin^2 \beta$

7. Бурилиш.

Диаметри унча катта бўлмаган, кескин бурилишида:

$$\xi \approx 0,946 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} + 2,047 \cdot \sin^4 \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

эгри чизикли силлик бўлиши.

$$\xi \approx [0,131 \pm 0,163 \left(\frac{d}{R} \right)^{3,5}] \cdot \frac{\alpha}{90}$$

Бу ерда R - эгрилик радиуси.

Назорат учун саволлар:

1. Алотшул маҳаллий қаршилик коэффиценти учун қандай формулани таклиф қилди.
2. Амалиётда маҳаллий босим йўқолиши қайси формуладан аниқланади.
3. Оқимнинг кескин кенгайиши учун Борд формуласи.
4. Оқимнинг аста секин кенгайиши.
5. Иделрчик формуласи қандай формула.
6. Диффузор нима.
7. Конфузор нима.
8. Оқимнинг кескин торайишда маҳаллий қаршилик.
9. Диафрагмада босимнинг йўқолиши.
10. Турбага кириш ва чақишда босимнинг йўқолиши.
11. Бурилишда босимни йўқолиши.

XIV – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюқликнинг кичик тешик ва найчадан оқиб чиқиши

Режа:

1. Суюқликнинг кичик тешикдан ўзгармас босимдв оқиб чиқиши.
2. Суюқликнинг ўзгармас босимдан найча оқиб чиқиши.
3. Суюқликнинг ўзгарувчан босимда тешик ва найча орқали оқиб чиқиши.

Таянч сўз ва иборалар

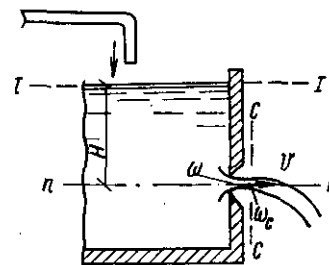
Сиқилувчанлик коэффициенти, тезлик коэффициенти, сарф коэффициенти, цилиндрик найча, конусли найча, коноидал найча, Бернулли тенгламаси, ўзгармас босим, сиқилиш коэффициенти, суюқлик тезлиги, суюқлик сарфи, Торичелли формуласи, идишнинг бҳшаш вақти, ўзгарувчан босим, Рейнолрдс сони.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

1. Суюқликни тешик ва найчадан оқиб чиқишини аниқлашдан мақсад нима?
2. Тезлик ва сарф коэффициентлари Рейнолрдс сонига қандай боғлиқ?
3. қайси найчада сарф коэффициенти катта бҳлади?
4. Суюқликни оқиб чиқишига ўзгарувчан босимнинг таъсири қандай?

Катта ўлчамли бирор идиш олиб, шу идишни суюқлик билан тулдирилган, идишда кичик бир тиркиш бўлиб, шу тиркишдан суюқлик оқиб чикаётган бўлсин. Бу тиркиш юзаси S бўлсин. Суюқликнинг тезлиги тешикка яқинлашган сари ортиб боради. Бу жараён тешикдан ташкарида

ҳам инерция кучи таъсирида давом этади. Тахминан тиркишдан диаметрча масофада тезлик энг катта бўлади, бу жойда юза кичик бўлади



18-расм. Ўзгармас босимда суюқликнинг оқиб чиқиши.

$E_k \frac{s_c}{s}$ - сиқилувчанлик коэффициенти

энди 1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини тузайлик

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \xi \frac{v_2^2}{2g}$$

агар $H_0 \ll Z_1 - Z_2 \ll \text{const}$ бўлса $\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \ll 0$ бўлади

$$H_0 + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = (\alpha_2 + \xi) \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\text{бу ердан } v_2 = \sqrt{\frac{2g(H_0 + \frac{P_1 - P_2}{\rho g})}{\alpha_2 + \xi}}$$

агар $H_0 \ll \frac{P_1 - P_2}{\rho g}$ деб олсак

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{\alpha_2 + \xi_2}} \sqrt{2gH} \quad (3) \text{ бўлади}$$

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{\alpha_2 + \xi_2}} - \text{тезлик коэффициенти}$$

$$v_2 \kappa u_2 \sqrt{2gH} \text{ ёки } v \kappa u_2 \sqrt{2gH} \quad (4)$$

агар $p_1 \neq p_2$ бўлса $H \neq H_0$: $v \kappa u \sqrt{2gH_0}$

Суюқлик сарфи эса

$$Q \kappa v \cdot s \kappa E s_0 u \sqrt{2gH} \quad \kappa \mu \cdot s_0 \sqrt{2gH} \quad (5)$$

μ -сарф коэффициенти; $\mu \kappa E \cdot u$

ϕ ва μ лар суюқлик оқиб чиқаётган тиркишнинг турига ва идеал хол учун қурилган Re_4 сонига боғлиқ бўлади.

Суюқлик идеал бўлса $\alpha \kappa 1$; $\xi \kappa 0$; $\phi \kappa 1$ бўлса

$$R_{eu} = \frac{v_u \cdot d}{v} = \frac{d}{v} \cdot \sqrt{2gH}$$

Идеал суюқлик учун $v_u \kappa \sqrt{2gH}$ - Торчелли формуласи

$$\mu = \sqrt{\frac{156}{R_{eu}^2} + 1} - \frac{12,5}{R_{em}}$$

Ёпишкоклиги кам суюқликлар учун R_{eu} етарли катта бўлади, шунинг учун $E \kappa 0,62 - 0,66$; $\phi \kappa 0,96 - 0,98$; $\mu \kappa 0,60 - 0,64$; $\xi \kappa 0,068$

$R_{em} \kappa 350$ да $\mu_{max} \kappa 0,69$ - бўлади

$R_e < 25$ бўлса $E \kappa 1$; $\phi \kappa \mu$ бўлади

Суюқлик бирор идишдан бошқа идишга юпка деворли тешик орқали оқиб чиқаётган бўлсин 1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзамиз

$$z_1 + \frac{z p}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + E h = z_1 + \frac{p_2}{\gamma} + (\xi + \alpha_2) \frac{V^2}{2g}$$

$$H_0 \zeta z_1 - z_2 \text{ бўлса}$$

$$H = H_0 + \frac{P_1 - P_2}{\gamma} = (\zeta + \alpha) \frac{V^2}{2g}$$

бу ерда $V = \frac{1}{\sqrt{\zeta + \alpha}} \cdot \sqrt{2gH} = \varphi \sqrt{2gH}$

(9)

Суюқлик сарфи

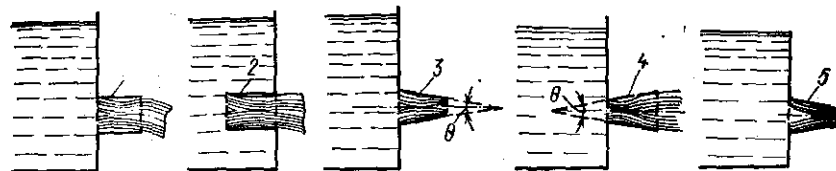
$$Q = VS_c = E \varphi S_0 \sqrt{2gH} = \mu S_0 \sqrt{2gH}$$

(10)

Ўзгармас босимда суюқликнинг найча орқали оқиб чиқиш

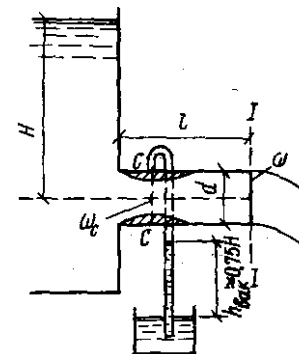
Энди суюқликни найчалар орқали оқиб чиқишини кўрайлик, бу ерда найча узунлиги. Энг кўп тарқалган найчалар қуйидагилардан иборат.

- 1) цилиндрик найчалар – ташқи цилиндрик ва ички цилиндрик
- 2) Конусли найчалар: конусли торайувчи ва конусли кенгайувчи найчалар
- 3) Коноидал найчалар



19-расм. Найча турлари

Ташқи цилиндрик найчани кўрайлик



20-расм. Суюқликнинг найчадан оқиб чиқиши.

Оқимнинг сиқилишни фақат найчанинг ичида ($d_c \approx 0,8 d$) пайдо бўлади. Найчалардан чиқишда эса сиқилиш бўлмайди, яъни $E_{\kappa 1}$. Тажрибанинг кўрсатишига ёпишкочанчи кам суюқликлар учун, цилиндрик найчада $\mu_{\kappa} \approx 0,82$ бўлади

$$\frac{\mu_n}{\mu_m} = \frac{0,82}{0,02} \approx \frac{4}{3} - \text{бундан кўринадики найчада сузлик сарфи}$$

тиркишга қараганда $4/3$ марта куп бўлар экан. 1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгласини ёзайлик: $z_1 \kappa z_2$ бўлса

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Sigma h_{1-2} \quad (11)$$

Бу ерда найча узунлиги кичик бўлгани учун асосий қаршилиқ маҳаллий қаршилиқдан иборат бўлади. Маҳаллий қаршилиқ кескин кенгайиши каби ҳисобланади

$$\Sigma h_{1-2} \kappa \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (12)$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} - \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \frac{2v_1v_2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} = \frac{2v_1v_2}{2g} - \frac{2v_2^2}{2g}$$

$$v_1 = \frac{s_2}{s_1} v_2 \text{ эканидан } \frac{s_1}{s_2} = E \text{ десак}$$

$$v_1 = \frac{v_2}{E} \text{ у холда}$$

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = \frac{2v_2^2}{2g \cdot E} - \frac{2v_2^2}{2g} = \left(\frac{2}{E} - 2\right) \frac{v_2^2}{2g} = 2\left(\frac{1}{E} - 1\right) \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v \kappa u \sqrt{2gH} ; v^2 \kappa u^2 2gH$$

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = 2\left(\frac{1}{E} - 1\right) u^2 H ; P_2 - P_1 \kappa 2u^2 \left(\frac{1}{E} - 1\right) \gamma H$$

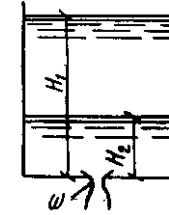
Агар $u \approx 0,8$; $E \approx 0,63$ деб олсак

$$P_2 - P_1 \approx 0,75 \gamma H \quad (14)$$

Сарф коэффициенти

$$\mu = \frac{1}{1,23 + \frac{58}{Re} \cdot \frac{e}{d}}$$

Суюқликнинг ўзгарувчан (дам) босимда тешиқ ва найча орқали оқиб чиқиши



21-расм. Суюқликнинг босимда оқиб чиқиши.

Идишдан тиркиш ёки найча оқиб чиккани сари суюқлик сатхи пасайиб боради, демак суюқликнинг тезлиги ва оқиб чиқиш сарфи сатх баландлигига боғлиқ холда камайиб боради. Бу ерда бекарор ҳаракат вужудга келади: Sdn ёки

$$Sdn - \mu s_0 \sqrt{2gh} \cdot dt \quad (15)$$

бу ерда dh суюқлик сатхининг ўзгариш; “----” ишора ошириши билан ни камайишини ифодалайди.

Агар идишдаги суюқлик сатhini бирор H масофадан H масофагача камайишини аниқламокчи бўлсак

$$dt = \frac{sdh}{\mu s_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (16)$$

(16) тенгламани H дан H_1 гача интегралласак

$$t = \frac{1}{\mu s_0 \cdot \sqrt{2g}} \int_H^{H_1} S \frac{dh}{\sqrt{H}} = \frac{S}{\mu s_0 \cdot \sqrt{2g}} \int_H^{H_1} \frac{dh}{\sqrt{H}} = \frac{2S}{\mu s_0 \cdot \sqrt{2g}} \sqrt{h} \int_H^{H_1} \frac{dh}{\sqrt{H}} = \frac{2S}{\mu s_0 \cdot \sqrt{2g}} (\sqrt{H} - \sqrt{H_1}) \quad (17)$$

Агар идишни тўла бушаши учун кетган вақтни топсак $H_1 = 0$ бўлади

$$t = \frac{2S\sqrt{H}}{\mu \cdot s_0 \sqrt{2g}} = \frac{2SH}{\mu \cdot s_0 \sqrt{2gH}}$$

$$\text{ёки } t = \frac{2W}{Q}$$

Назорат учун саволлар:

1. Суюқликнинг кичик тешикдан ўзгармас босимда чиқиши.
2. Суюқлик тезлиги ва сарфи, сарф коэффициенти.
3. Суюқликнинг ўзгармас босимда найча орқали оқиб ўтиши.
4. Найча турлари.
5. Суюқликнинг ўзгарувчан босимда тешик ва найча орқали оқиб чиқиши.
6. Идишнинг бўшаш вақтни аниқлаш.
7. Сикилиш коэффициенти нима?
8. Суюқликнинг ўзгармас босимда оқиб чиқишидаги тезлиги ва сарфи.
9. Ўзгармас босимда суюқликнинг найча орқали оқиб чиқиши.
10. Тезлик ва сарф коэффициентлари.

XV – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Турбопроводларнинг гидравлик ҳисоби

Режа:

1. Оддий турбопроводларнинг гидравлик ҳисоби.
2. Кетма-кет уланган турбопроводларнинг ҳисоблаш.
3. Параллел уланган турбопроводларни ҳисоблаш.
4. Тармоқланган турбопроводларни ҳисоблаш.

Таянч сўз ва иборалар

Оддий турбопроводлар, мураккаб турбопроводлар, узун турбопроводлар, қисқа турбопроводлар, кетмакет уланган турбопроводлар, параллел уланган турбопроводлар, тармоқланган турбопроводлар, турбопроводдаги қаршилик коэффиценти, турба характеристикаси, талаб қилинган босим.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

1. Талаб қилинган босим нима?
2. Оддий турбопроводларда босим йўқолиши Рейнольдс сонига қандай боғлиқ?
3. Параллел ва кетма кет уланган трубаларда характеристика қандай ўзгаради?
4. Тармоқланган трубаларда ҳисоблашқандай бажарилади?

Турбопроводларни гидравлик ҳисоб қилишда босимли ва босимсиз эканлиги аниқлайди. Турбопроводларда узунлик бўйича босим камайшини, маҳаллий қаршиликларда босим йўқолимига нисбатига қараб, қисқа турбопроводлар ва узун турбопроводларга бўлинади.

Киска трубопроводлар бед маҳаллий қаршилиги сезиларки бўлган трубопроводларга айтилади. Бундай трубопроводларга насоснинг сургли кисмидаги сурувчи трубопровод, двигателрни совиниши учун суюқлик узатилаётган трубопроводлар ёки хар хил машиналарни ёглаш учун ишляяпладиган ёг узатувчи трубалар.

Узун трубопроводлар деб-узузлиги анча катта бўлган ва босилишнинг маҳаллий қаршилиқ хисобида йўқолиши, узунлиқ бўйича босим камайишига нисбатан анча кичик бўлган трубопроводларга айтилади.

Масалан насосдан хайдалаётган суюқлик ўтувчи трубопроводлар, нефтепроводлар, магистрал водопровод трубалари.

Узун трубопроводлар содда ва мураккаб трубопроводларга бўлинади.

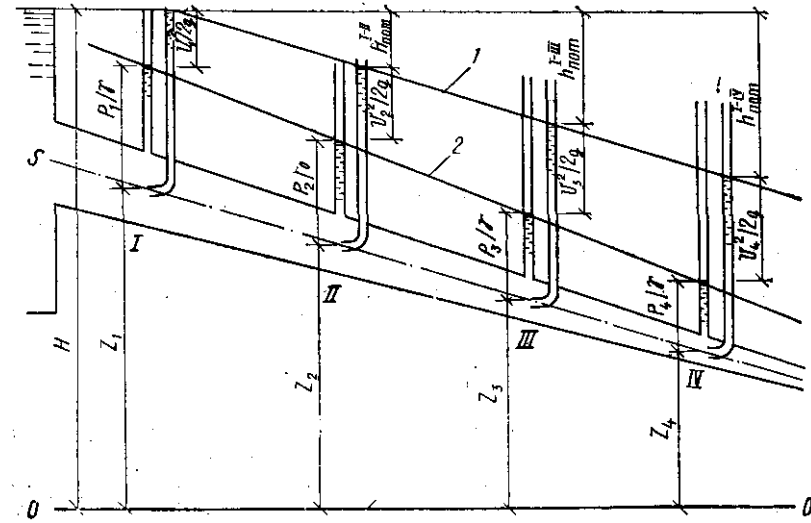
Содда трубопровод деб, тармоклашган ва кесим юзаси ўзгармаган трубопроводларга айтилади.

Мураккаб трубопровод деб, тармокланмаган кесим юзаси ўзгарган ёки тармокланган трубопроводларга айтилади.

Ўзгармас кесимли оддий трубопровод фазода эркин жойлашган бўлсин ва бир неча маҳалли қаршилиқлар мавжуд бўлсин.

Трубопроводнинг кесим юзаси ўзгармас бўлганлиги учун, тезлиги бир хил бўлади.

1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини тузайлиқ.



22-расм. Оддий трубаларда босимни камайиши.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \Sigma h \text{ ёки}$$

$$\frac{p_1}{\rho g} = z_2 - z_1 + \frac{p_2}{\rho g} + \Sigma h \quad (1)$$

(1) тенгламанинг чап тарафидаги презометрик баландликни талаб килинган напор дейилади.

$$H_{m.k} = \frac{p_1}{\rho g} \text{ бу ерда } \Delta z = z_2 - z_1 \text{ десак}$$

$$H_{m.k} = \Delta z + \frac{p_2}{\rho g} - \text{сататик напор бўлади}$$

$$\Sigma h_{kk} \cdot Q^m$$

бу ерда K – трубопроводнинг қаршилиги дейилувчи қиймат.

m- даража кўрсаткичи бўлиб, суюқликнинг ҳаракат тажрибига қараб ҳар хил қийматига эга бўлади.

$$H_{к.т} \cdot K_{ст} \cdot K_k \cdot Q^m \quad (2)$$

Агар маҳаллий қаршиликни эквивалент узунлик билан алмаштирсак

$$l_{расч} \cdot K \cdot l_{экв}$$

у ҳолда ламинар ҳаракат учун

$$\Sigma h = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l_{расч}}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(\Sigma \zeta + \lambda_m \frac{l}{d} \right) \frac{1 \cdot Q^2}{2g \pi^2 \mu}$$

Демак

$$K = \frac{128 \nu l_{расч}}{\pi g d^4} \quad \text{мк1}$$

Турбулент ҳаракатли оқим учун

$$\Sigma h = \left(\Sigma \zeta + \lambda_r \frac{l}{d} \right) \frac{v^2}{2g} = \left(\Sigma \zeta + \lambda_r \frac{l}{d} \right) \frac{16 Q^2}{2g \pi^2 d^4}$$

Демак

$$K = \left(\Sigma \zeta + \lambda_r \frac{l}{d^2} \right) \frac{16}{2g \pi^2 d^4}$$

Кетма-кет уланган трубопроводларнинг ҳисоблаш

Узунлиги ва диаметри турлича бўлган бир неча содда трубопроводларни кетма-кет улайлик.

$$\left. \begin{aligned} Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q \\ \Sigma h_{M-N} = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 + \Sigma h_3 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Бу иккита тенглама орқали кетма-кет ўлчаш трубопроводлар учун характеристика тузишимиз мумкин

Энди M-N кесимлар учун Бернулли тенгламасини тузиб ундан талаб килинган напорни топайлик.

α қ1 деб қабул қилсак

$$H_{T.K} = z_N - z_M + \frac{V_N^2 - V_M^2}{2g} + \Sigma h_{M-N} + \frac{P_N}{\rho g} = H_{CT} + CQ^2 + KQ^m$$

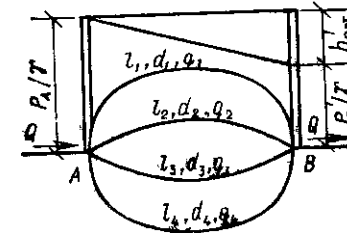
бу ерда

$$C = \frac{1}{2g} \left(\frac{1}{S_N^2} - \frac{1}{S_M^2} \right)$$

$$H_{CT} = z_N - z_M + \frac{PN}{\rho g}$$

Параллел уланган трубопроводларни хисоблаш

Трубопроводлар параллел уланганда суюқлик сарфлари йибилади, босимлари камайиши хар бир трубада бир хил бўлади.



23-расм. Параллел уланган трубалар

$$\begin{cases} Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ \Sigma h_1 = H_M - H_N \end{cases}$$

$$\Sigma h_2 = H_M - H_N$$

$$\Sigma h_3 = H_M - H_N$$

(4) тенгламасидан

$$\Sigma h_1 = \Sigma h_2 = \Sigma h_3$$

(5)

$$\Sigma h_1 = K_1 Q_1^m; \quad \Sigma h_2 = K_2 Q_2^m; \quad \Sigma h_3 = K_3 Q_3^m;$$

(5) тенгламага кўра

$$K_1 Q_1^m = K_2 Q_2^m = K_3 Q_3^m$$

Тармоқланган трубопроводлар

Тармоқланган трубопроводларда сарфлар қўшилади

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (6)$$

М-М кесим ва охириги кесим учун Бернулли тенгламасини ёзсак

$$H_M = z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \Sigma h_1$$

$$H_M = H_{CT1} + K_1 Q_1^m \quad (7)$$

Худди шу каби

$$H_M = H_{CT2} + K_2 Q_2^m \quad H_M = H_{CT3} + K_3 Q_3^m$$

Юқорида кўрган 4 та тенгламада 4 та номаълум мавжуд

$$\begin{cases} Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ H_M = H_{CT1} + K_1 Q_1^m \\ H_M = H_{CT2} + K_2 Q_2^m \\ H_M = H_{CT3} + K_3 Q_3^m \end{cases}$$

$$H_{CT1} + K_1 Q_1^m = H_{CT2} + K_2 Q_2^m = H_{CT3} + K_3 Q_3^m$$

Назорат учун саволлар:

1. Оддий трубопроводлар ва муркам трубопроводлар, уларни гидравлик ҳисоблаш.
2. Босимли трубопроводлар, босимсиз трубопроводлар.
3. Узун ва қисқа трубопроводлар.

4. Кетма-кет уланган трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш.
5. Параллел уланган трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш.
6. Тармоқланган трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш.
7. Содда ва мураккаб трубопроводлар.
8. Трубопровод учун талаб килинган босим.
9. Кетма-кет уланган трубопроводларни ҳисоблаш.
10. Параллел уланган трубопроводларни ҳисоблаш.
11. Трубопроводларнинг гидравлик характери­стикаси.

XVI – МАОРУЗА

МАВЗУ: Насос учун ишлатиладиган ва катта идишга уланган трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш

Режа:

1. Очик циркуляцияли трубопроводларни ҳисоблаш.
2. Ёпик циркуляцияли трубопроводларни ҳисоблаш
3. Бир идишдан иккинчи идишга ҳтувчи трубаларни ҳисоблаш.
4. Сифонли трубаларни ҳисоблаш.

Таянч сўз ва иборалар

Циркуляцияли трубопроводлар, насос, сҳрувчи геометрик баландлик, хайдовчи геометрик баландлик, сифон, талаб қилинган босим, характеристика, суюқлик сарфи, тезлик, қаршилиқ коэффициент, Бернадо формуласи.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

1. Насоснинг сҳрувчи ва босимли трубалари қандай ҳисобланади?
2. Ёпик циркуляцияли трубопроводларда нима учун кенгайтирувчи бак қўйилади?
3. Идишдан труба орқали ҳавога оқиб тушишида босим йҳқолиши қандай аниқланади?
4. Сифонли трубаларни ҳисоблашда нималарни этиборга олиш зарур?

Насос қурилмасида трубопроводлар 2 хил системада ишлатилади, биринчи очик система бўлиб, бундан насос трубопровод орқали суюқликни бирор идишдан бошқа бир идишга узатилади.

Иккинчи ёпиқ система бўлиб, унда хайдалган суюқлик яна сурилади.

Энди биринчи очик системани кўрайлик. Бу ерда H_1 - сурувчи геометрик баландлик дейилади, H_2 - хайдовчи геометрик баландлик дейилади. О-О ва 1-1 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзсак (α қ 1 деб олсак)

$$\frac{P_0}{\rho g} = H_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + \Sigma h_{0-1} \quad (10)$$

2-2 ва 3-3 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзсак

$$\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} = H_2 + \frac{P_3}{\rho g} + \Sigma h_{2-3} \quad (11)$$

(11) тенгламанинг напор тарафи бирлик массага берилган суюқлик энергиясини ифодалайди.

Худди шу каби суюқлик энергияси насосга киришда (10) тенгламадан

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_0}{\rho g} - H_1 - \Sigma h_{0-1} \quad (12)$$

Насосда суюқлик энергиясини ўзгаришини қуйидагича ёза оламиз.

$$H_{нас} = H_{нас2} = H_{нас1} = \left(\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} \right) = H_1 + H_2 + \frac{P_3 - P_0}{\rho g} + \Sigma h_{0-1} + \Sigma h_{2-3}$$

ёки

$$H_{нас} = \Delta z + \frac{P_3 - P_0}{\rho g} + KQ^m$$

деб олсак

$$H_{нас} = \Delta z + \frac{P_3 - P_0}{\rho g}$$

$$H_{нас} = H_{СТ} + KQ^m$$

$$H_{нас} \approx H_{ТК}$$

Турбулент харакатли хажмий насос учун характеристика
 Ёпиқ система учун $z \approx 0$ ва $V_1 \approx V_2$ у ҳолда

$$H_{TK} = \Sigma h = \frac{P_2 - P_1}{\rho g}$$

Ёпиқ циркуляцияси системада албатта кетайтирувчи бак
 бўлиши керак, бу бак насосдан олдим минимал босим бўлган
 жойга уналади.

Кетайтирувчи бак ҳисобига

$$P_1 = P_0 + H_0 \rho g$$

Суюқликнинг бир идишдан иккинчи идишга оддий трубопровод орқали оқиб ўтиши

Иккита А ва В катта хаттали идишлар (резервуар)
 берилган бўлсин

Бу идишлар узунлиги ва диаметри бўлган
 трубопровод орқали тупаштирилган. Энди шу трубопроводдан
 утаётган суюқликнинг сарфини ва тезликни топиш учун А ва В
 кесимлар учун О-О кесимча нисбатан Бернулли тенгламасини
 тузамиз.

$$z_a + \frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} = z_b + \frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + \Sigma h_{ab}$$

(1)

агар V_a ва V_b тезликларни бошқа параметрларга нисбатан жуда
 кичик деб олсак $V_a \ll 1$ ва $V_b \ll 1$ бўлади, бундан

$$\frac{V_a^2}{2g} \approx \frac{V_b^2}{2g} = 0$$

$$\Delta z = z_a - z_b$$

$$\Delta z + \frac{P_a - P_b}{\rho g} = \Sigma h_{a-b}$$

$$H = \Delta z + \frac{P_a - P_b}{\rho g} = \Sigma h_{ab}$$

Бу ерда $\Sigma h_{a-b} = \Delta h_l + \Delta h_M$

$$\Delta h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$\Delta h_M = \Sigma \zeta \frac{V^2}{2g}$$

$$\Sigma h_{a-b} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

(3) тенгламани (2) га куйсак

$$H = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

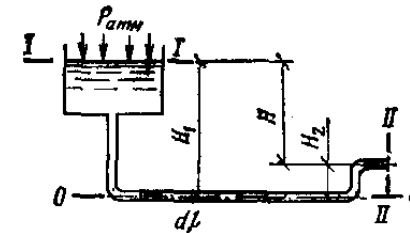
бу ерда трубопроводдаги суюқлик тезлиги V

$$V = \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH} \quad (4)$$

суюқлик сарфига эса

$$Q = \frac{S}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

Суюқликнинг трубопровод орқали хавога оқиб чиқиши



24-расм.

1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини тузсак.

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

Агар $z_1 < H$ бўлса $V_1 < 1$ бўлса яъни $\frac{V_1^2}{2g} > 0$, $V_2 < 0$, $z_2 < 0$ бўлса, у холда

$$H + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

$$H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

$$\Sigma h_{1-2} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

У холда

$$H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V^2}{2g} + \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g} = \left(1 + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{V^2}{2g} \quad (7) \text{ дан}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{\left(H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} \right) 2g} \quad (8)$$

агар $P_1 \neq P_2 \neq P_{атм}$ бўлса у холда

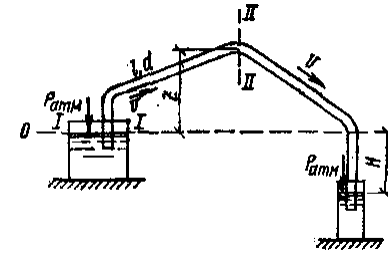
$$V = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

суюқлик сарфи эса

$$Q = VS = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

Сифонли трубопроводнинг гидравлик ҳисоби

«Сифон» - сузи грекча бўлиб «трубка» – деган маонони англатади. Суюқликнинг сатхидан баландга трубопроводда суюқликни кўтарилишга сифон дейилади.



25-расм. Сифонли труба

Агар $n-n$ кесимида суюқликнинг тинч ҳолатда деб фараз қилсак ва кесимининг чап тарафида P_1 босим, уни тарафида P_2 босим бўлади.

$$\begin{aligned} P_1 &= P_0 - \rho g h \\ P_2 &= P_0 - \rho g h \end{aligned}$$

Бундан кўринадики $P_1 = P_2$

Назорат учун саволлар:

1. Очик циркуляцияли трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш.
2. Ёпиқ циркуляцияли трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш.
3. Гидропровод ва насоснинг характеристикаси.
4. Суюқликнинг бир идишдан иккинчи идишга трубопровод орқали оқиб ўтишини ҳисоблаш.
5. Суюқликнинг трубопровод орқали очик ҳавога оқиб чиқиши.
6. Сифонли трубопроводлар.
7. Сурувчи (босимли) трубопроводларни ҳисоблаш
8. Хайдовчи (босимли) трубопроводларни ҳисоблаш.
9. Бир идишдан иккинчи идишга утувчи трубопроводларни ҳисоблаш.
10. Насосли трубопроводларни ҳисоблаш.

XVII – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидравлик зарб

Режа:

1. Гидравлик зарбни ҳосил бўлиши.
2. Зарб тўққини.
3. Жуковский формуласи.
4. Гидравлик зарбни сусайтириш усуллари.
5. Гидравлик таран.

Таянч сўз ва иборалар

Гидравлик зарб, тўққин, тўққин тезлиги, босимни ортиши, босимни камайиши, зичлик, гидравлик таран, суюқлик тезлиги, зарб тўққини, зарб босими, эластиклик босими, зарб босими, Жуковский формуласи, Гук қонуни, эластиклик модули.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

1. Гидравлик зарбни ҳосил бўлиши қайси омилга боғлиқ?
2. Гидравлик зарб труба материали ва девор қалинлигига қандай боғлиқ?
3. Гидравлик зарбнинг зарари ва ундан қандай сақланиш мумкин?
4. Гидравлик зарбдан қандай фойдаланилади?

Гидравлик зарба ҳодисаси

Трубаларда гидравлик зарба ҳодисаси деформациялануви трубалардаги кам сиқилувчисуюқликнинг тезлиги ёки босими кескин ўзгарганида ҳосил бўладиган тебранма ҳаракатдан иборатдир. Бу ҳодиса тез содир бўлиб, босимнинг кескин ортиши ва камайиши билан характерланиди. Босимнинг бундай ўзгариши суюқликнинг ва труба деворларининг деформацияланиши билан боғлиқдир.

Гидравлик зарба кўп ҳолларда жўмрак ёки оқимнинг бошқарувчи бирор бошқа қурилманинг тез очилиши ёки ёпилиши натижасида содир бўлади. Унга бошқа ҳодисалар ҳам сабаб бўлиши мумкин. Трубалардаги гидравлик зарбани биринчи марта проф. Н.Е. Жуковский назарий асослаган ва тажрибада текшириб кўрган ва унинг “О гидравлическом ударе, номли асарида (1899 й.) эолон қилинган. Суюқлик v_0 тезлик ва p_0 босим билан ҳаракат қилаётган трубанинг охиридаги кран жўмрак “Ж” бир онда ёпилсин дейлик. У ҳолда кран (ёпилганидан сўнг) биринчи етиб келган суюқлик заррачаларининг тезлиги сўниб уларнинг кнетик энергиялари трубанинг деворларини ва суюқликни деформациялаш ишига айланади. Бу ерда гидравликнинг аввал кўрилган бўлимларидаги каби суюқлик сиқилмайди деб ҳисобламай, унинг сиқилиши оз миқдорда бўлса ҳам ҳисобга олишга тўғри келади, чунки шу сиқилиш катта ва чекли миқдордаги зарба босими Δp_3 ни вужудга келтиради. Шундай қилиб жумрак олдида ҳосил бўлган Δp_3 қўшимча босимга мос равишда труба деворлари чўзилиб, суюқлик сиқилади. Жўмрак олдида тўхтатилган суюқлик заррачаларига қўшни бўлган заррачалар ҳам етиб келади ва уларнинг ҳам тезликлари сўнади.

Натижада босим ошиш чегараси (а-а кесим) жўмракдан таъминловчи идиш томонга, зарба тўлқинининг тезлиги деб аталувчи а тезлик билан силжиб боради. Босими Δp_3 га ўзгарган соҳанинг ўзи эса зарба тўлқини деб аталади. Бу тўлқин идишга етиб борганда эса, суюқлик бутун труба бўйича тўхтаган ва сиқилган бўлиб, труба деворлари эса бутунлай чўзилган бўлади. Босимнинг зарбали ортиши Δp_3 эса труба бутунлай тарқалган бўлади. Лекин трубадаги суюқлик кенг вазнли ҳолатда бўлмайди. Босимлар фарқи Δp_3 таъсирида суюқлик трубадан идишга ооқа бошлайди. Бу оқим идишнинг бевосита олдида

турган зарралардан бошланиб, унинг ченгараси (а-а кесим, тескари йўналишда) кран томонга а тезлик билан ҳаракат қилади ва кетида тикланган p_0 босимли v_0 тезликка эса суюқлик оқимин қолдиради. Суюқлик ва труба дворлари эластик деб қаралиб, p_0 босими тикланиши билан ўз ҳолига қайтади. Деформация иши қайта кнетик энергияга айланиб, суюқлик яна аввалги v_0 тезлигига эса бўлади ва тескари йўналишда оқа бошлайди. Суюқлик устуни ана шу тезлик билан оқишда давом этиб, жўмракдан узилишга интилади. Натижада крандан идишга а тезликда ҳаракат қилувчи манфий зарра тўлқини вужудга келади ва у босимни Δp_3 га камайтириб, труба деворини торайтириб, суюқликни кенгайтиради. Суюқликнинг кинетик энергияси эса яна деформация ишига айланади, лекин бу иш энди манфий бўлади. Бу ҳаракат давом этиб бориб, манфий зарра тўлқини ҳам идишга етиб келади. Мусбат зарба тўлқинидаги бу каби ҳолат ҳам тенг вазнди бўлмайди ва натижада трубада яна босим тиклана бошлайди, суюқлик эса v_0 тезликка эришади. Идишдан қайтган зарба тўлқини жўмракка етиб бориши билан жўмрак ёпилгандагина ўхшаш ҳодиса яна вужудга келади. Шундан сўнг бутун цикл такрорланади.

Н.Е.Жуковский тажрибаларида бундай циклнинг 12 марта такрорланиши қайд қилинган, лекин ҳар бир навбатдаги циклда, ишқаланиш кучи ва энергиянинг идишдаги суюқликка ўтиши натижасида Δp_3 камайиб борган. Гидравлик зарбанинг вақт давомида ўтиши 50-расмда диаграмма кўринишад тасвирланган. Диаграмма жўмрак бир онда ёпилган деб қараб, жўмракнинг олдидаги к нуктадаги босимнинг назариядаги ўзгариши Δp_3 туташ чизиқ билан тасирланган. Трубанинг ўртасида в нуктага зарба босими $\frac{l}{2a}$ вақтга кечикиб келади ва тўлқиннинг бу нуктадан идишга бориб қайтиб келгунича, яъни

$\frac{l}{a}$ вақт сақланиб туради. Сўнг в нуқтада босим p_0 га тикланади (яъни $\Delta p_3(0)$) ва шу ҳолда тескари тўлқин етиб келгунча $\frac{l}{a}$ вақт сақланади.

Босимнинг ҳақиқий ўзгариши ҳам бўлиб, у пнуктир чизик билан ифодаланган. Бундай кўринадики ҳақиқий босим графиги тик ўзгаргани билан, бу ўзгариш кескин эмас. Бундан ташқариш, тебраниш сўниб боради, яъни унинг амплитудаси энергиянинг сарф бўлиш ҳисобига камайиб боради.

Гидравлик зарба вақтида бўладиган ўзгаришларни ва зарба кучини ҳисобга олиш учун зарба босими Δp_3 нинг қийматини аниқлаш керак. Бунинг учун зарба босими остида суюқликнинг сиқилган ҳоли учун ҳаракат миқдорини ўзгариши ҳақидаги теоремани қўллаймиз. Шу мақсадда трубадаги суюқликнинг dx элементар масофага dt вақтда силжишини кўрамиз. Бунинг учун бирор вақтда трубадаги суюқликнинг жўмрак олди даги Δl бўлаги зарба таъсирида сиқилган бўлсин. У ҳолда суюқликка идиш томонидан $P_1 k p_0 S$ босим кучини, кран томонидан эса $P_2 k (p_0 K \Delta p_3) \cdot S$ кучи dt вақт таъсир қилади. Суюқликнинг зарба етиб келмаган қисмининг ҳаракат миқдори $\rho v_0 dx$, зарба таъсири остидаги қисмининг ҳаракат миқдори $\rho s \cdot Q \cdot dx$ бўлади. Шундай қилиб, кўрилаётган ҳолда ҳаракат миқдорининг ўзгариши ҳақидаги теорема қўлланган мувозанат тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$(p_0 K \Delta p_3) S dt - d_0 S dt k \rho v_0 dx$$

Бу тингликдан

$$\Delta p_3 S dt k \rho v_0 dx$$

ёки

$$\Delta p_{3\kappa} \rho_0 \frac{dx}{dt}$$

Бу ерда $\frac{dx}{dt}$ - зарба тўлқининг тарқалиш тезлиги.

$$a\kappa \frac{dx}{dt}$$

дан иборат ва охирги тенглама қуйидагича ёзилади:

$$\Delta p_{3\kappa} \rho \cdot v \theta a$$

Бу формула Н.Е.Жуковский формуласидир. Ундан кўринатидики, гидравлик зарба босими суюқликнинг зичлиги, тезлиги ва шу суюқликда тўлқин тарқалиши тезлигига пропорционал бўлиб уларнинг кўпайтмасига тенг. Агар суюқликда тўлқин тарқалиш тезлигини аниқласак, тезликни ўлчаб (зичлик жадвалларидани маълум), формула ёрдамида зарба босимини топа оламиз. Шунини айтиш керакки, а суюқликнинг ва трубанинг эластиклик хоссаларига боғлиқ. Бу боғлиқликни аниқлаш учун трубадаги суюқлик кинетик энергиясининг деформацияга сарф бўладиган ишга айланишини текшираемиз. Радиуси R бўлган трубадаги суюқликнинг кинетик энергияси қуйидагига тенг:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{1}{2} \pi R^2 l \rho v_0^2$$

Трубани деформациялашга кетган иши A_1 кучининг чўзилишга кўпайтмасининг ярмига тенг. Деформация ишини зарба кучининг ΔR йўлга сарф бўлган иш сифатини топамиз:

$$A_1 \kappa \frac{1}{2} \Delta p_3 2 \pi R l \Delta R$$

Гук қолнунига асосан

$$\sigma \kappa E \frac{\Delta R}{R}$$

Бу ерда σ -труба деворидаги нормал зўриқиш, у турабнинг қалинлиги δ ва зарба кучи Δp_3 билан қуйидагича боғланган:

$$\sigma \kappa \frac{\Delta p_3}{\delta} R$$

Бу муносабатлардан фойдаланиб трубани деформациялаш ишини қуйидагича ёзимиз:

$$A_1 \kappa \frac{\Delta p_0^2 \pi R^3 l}{\delta E}$$

Энди трубадаги суюқликни Δl масофадаги (52-расм) сиқиш иши A_2 ни топамиз. Бунда сиқилган суюқлик сарфи $S \cdot \Delta l$ десак,

$$A_2 \kappa \frac{1}{2} \cdot S \Delta l \Delta p_3 \kappa \frac{\pi R^2}{2} \Delta l \cdot \Delta p_3$$

Гук қонунига ўхшаш, суюқликнинг чизикли чўзилиши харба кучи билан қуйидагича боғланган:

$$\Delta p_3 \kappa \frac{\Delta l}{l}$$

бу ерда K -суюқликнинг эластикли модули. У ҳолда

$$A_2 \kappa \frac{1}{2} \frac{\Delta p_0^2 \pi R^2 l}{K}$$

Кинетик энергия A_1 ва A_2 ишларнинг қийиндисига тенг, яъни

$$\frac{1}{2} \pi R^2 \rho v_0^2 \frac{\Delta p_0^2 \pi R^3 l}{\delta E} \kappa \frac{\Delta p_0^2 \pi R^2 l}{K}$$

Бу тенгламани Δp_3 га нисбатан эксак

$$\Delta p_3 = \rho v_0 \frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{K} + \frac{2\rho R}{\delta E}}}$$

Н.Е.Жуковский формуласини умумийроқ кўринишда топдик. Охирги икала формулани солиштирсак, суюқликда тўлқин тарқалиш тезлиги учун қуйидаги формулани оламиз:

$$a\kappa \frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{K} + \frac{2\rho R}{\delta E}}}$$

Бу миқдорнинг ўлчови тезлик ўлчовига тенг. Унинг физик маносини аниқлаш учун труба деформацияланмайдиган (яъни $E \rightarrow \infty$) деб қараймиз. У ҳолда илдиз остидаги иккинчи ҳад нолга айланади ва

$$a\kappa \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

бўлиб қолади. Охирги формула зичлиги ρ ва эластикли модули K бўлган бир жинсли суюқлик учун товуш тезлигидан иборатдир. Шундай қилиб, трубаларда гидравлик зарба тўлқинининг тарқалиш тезлиги формула ёрдамида ҳисобланади. Бц тезлик сув учун 1435 м/с, бензин 1116 м/с, ёълар учун 1400 м/с деб тахминий ҳисоблаш мумкин. Албатта, трубаинг материалига қараб у кўпроқ ёки камроқ бўлади.

Гидравлик зарбани сусайтириш усуллари

Гидравлик зарба таъсирини сусайтириш турли усуллари билан амалга оширилади.

Биринчи усул - жўмракнинг кескин очилиш ёки ёпилиш вақти t ни узайтириб, $t > \frac{2l}{a}$ га тенг етказиш йўли билан тўғри гидравлик зарбани йўқотиб, Δp_3 ни камайтириш. Бу иш, одатда дроселли реле ёрдамида бажарилади. Одатда, жўмракнинг

ҳолати (очик ёки ёпиқлиги) суюқлик трубапроводга реле орқали ўтгани учун унинг сарфи (демак, тезлиги) пружинали клапан ёрдамида аста-секин ўзгариб, маълум вақтдан кейин керакли қийматга етади. Тажрибаларнинг кўрсатишича трубалар зарбасиз туташтириш босимнинг ўзгариши 22 МН/м^2 атрофида ва $t \approx 0,1 \text{ с}$ бўлганда ишончли таъминланади.

Иккинчи усул - трубаларга гидравлик зарбани сўнгдиргич (компенсатор) лар ўрнатиш. Сўнгдиргичлар трубадаги суюқликка нисбатан юқори сиқилувчанлик хусусиятига эга бўлган эластик элементли идишлар бўлби, турли конструктив тузилишга эга. Энг кўп тарқалган сўнгдиргичлар эластик элементи пружина ва газ бўлган поршенли, мембранали ва клапанли сўнгдиргичлардир. Сўнгдиргичлар, одатда, зарба туъдирувчи (жўмрак) ёки зарбадан ҳимояланувчи қисм ёнига ўрнатилади. Улар ёрдамида зарба босимининг камайиши сўнгдиргичга суюқлик оқими билан бирга келган кнетик энергиянинг эластик элементлар томонидан ютилиш ҳисобига амалга ошади. Сўнгдиргичнинг эластик элементи қанча кўп деформацияланса, ютилган энергия ҳам шунча кўп бўлади. Шунинг учун эластик элементнинг эластик характеристикаси имкон берган чегарада мумкин бўлган деформациянинг ўзгармас бўлишига ҳаракат қилиш керак бўлади. Бу эса газли сўнгдиргичларда газ бўлмасини шундай танлаб олишни тақозо қиладики, зарба тўлқининг ютилишида босимнинг ўзгариши минимал бўлиши керак. Амалда бундай сўнгдиргичларда газ бўлмасининг ҳажми трубадаги суюқликнинг икки секундлик сарфига тенг қилиб олинади, бошланғич босими эса магистралдаги максимал босимдан кўпроқ бўлиши зарур.

Поршенли сўнгдиргичларнинг камчилиги уларнинг инетлиги бўлиб, бу поршеннинг массаси ва ишқаланиш кучига боғлиқлиги ва унга труба билан сўнгдиргични туташтирувчи каналдаги суюқликнинг инертлиги қўшилади. Бу кучлар зарба

тўлқининг сўнгдиргич поршенининг таъсири натижасида гармоник тебраниш вужудга келишига сабаб ва натижада сўнгдиргич ҳамда трубадаги босим тебраниши кўшилиб, каналдаги босим зарба босимидан ошиб кетиши мумкин. Натижада сўнгдиргич зарба энергиясини ютиш ўрнига кучайтириш мумкин. Инертликни камайитириш мақсадида сўнгдиргични газ ёки суюқликни ажратувчи эластик мембрана билан таъминланади. Юқоридаги айтилганидек сўнгдиргичда тебранма ҳаракатнинг пайдо бўлиши ва зарба тўлқининг кучайишига труба билан сўнгдиргични туташтирувчи каналнинг узунлиги ва диаметрининг таъсири бор эканлиги тажрибалардар текширилган. Шунинг учун каналнинг узунлиги ва диаметрини тўлқинларга кароқ таъсир қиладиган қилиб танлаб олинади. Зарба тўлқинларини клапанли сўнгдиргичлар ёрдамида ҳам сусайтириш мумкин. Бу ҳолда клапан ва энергияни ютувчи эластик элементларнинг инертлигини иложи борица камайтиради.

Калпанли сусайтиргичга кирган суюқликнинг эластик элементга таъсирини камайитириш ва унинг яқинроқ ишлашини таъминлаш учун суюқликнинг атмосферага оқиб кетишига хизмат қилувчи қисми бўлади.

Учинчи усул - гидравлик зарба пайдо бўлиши кутирадиган трубанинг узунлигини ошириш. Бу ҳолда қаршилик кучининг ҳисобига энергиякамайиши ва зарба тўлқини даврининг ортиши натижасида тўбри зарбани йўқотиш йўли билан зарба тўлқининг таъсири камайтиради.

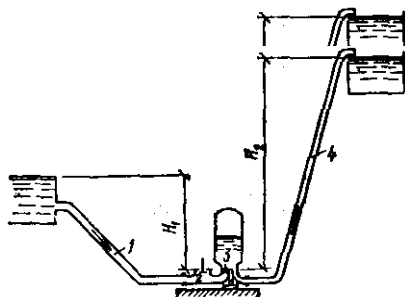
Гидравлик зарбадан амалда фойдаланиш

Техникада баъзи ҳолларда гидравлик зарбадан ҳам фойдаланиш мумкин. Масалан, гидравлик зарба энергиясидан суюқликни юқороига кўтариш учун фойдаланилади. Шу мақсадда ишлатиладиган курилма гидравлик таран дейилади.

Гидравлик тараннинг тузилиши жуда содда бўлиб, унинг асосий қисмлари ҳаво қалпоғи ва ҳабарчи калпандан иборатдир.

Таъминловчи идиш 1 дан труба 2 орқали оқётган суюқлик клапан 3 орқали оқётган бўлади.

Гидротаран иш циклининг бу даври тезланиш даври дейилади. Клапан 3 га киришда оқимнинг кесими торайиб боради (тирқиш 4) ва Бернулли принципига асосан суюқликнинг тезлиги ортиб, босими камайиб боради. Натижада кесимнинг энг торайган ерида босим шунчалик камайдик, клапан 3 пружинанинг қаршилини енгиб, тирқиш 4 ни ёпиб қўяди. Бу ёпилиш бир онда



54-расм. Гидравлик таран.

(секунтнинг кичик улушларида) бўлгани учун системада гидравлик зарба тарқалади. Гидравлик зарба босими таъсирида клапан 6 очилиб, ҳаво қалпоғига суюқлик зарб билан киради ва ундаги ҳавони сиқади. Шу билан бирга зарба кучи суюқликнинг бир қисмини ҳайдаш трубаси 7 орқали қабул қилувчи идиш 8 га чиқариб беради. Гидротаран иш циклининг бу даври ҳайдаш даври дейилади. Зарба босими ҳаво қалпоғида сўниб ва труба таъминловчи идиш сатҳ баландлини H_1 билан ифодаланувчи нормал бочим тикланади ёки тескари зарба ҳосил бўлиб, трубада босим камайдик. Натижада клапан 3 очилиб, гидротаранда цикл яна такрорланиши учун шароит вужудга келади. Гидротаранларни ҳисоблашда фойдали иш коэффициентини аниқлаш учун Эйтелрвейн қуйидаги формулани таклиф қилган:

$$\eta_{\kappa 1.12-0,2} \sqrt{\frac{H_2 - H_1}{H_1}}$$

бу ерда H_1 , H_2 - таъминловчи ва қабул қилувчи идишдаги суюқлик сатҳининг баландлиги.

Баъзида зарба босими Δp_3 ни камайтиришдан кўра системанинг заиф қисмларининг мустаҳкамчилигини оширишни афзал кўрилади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Гидравлик зарбани ҳосил бўлиши.
2. Жуковский тенгламаси.
3. Гидравлик зарбадан фойдаланиш.
4. Гидравлик зарбани сусайтириш.
5. Ҳаво болишларини ҳосил қилиш.
6. Гидравлик зарбада босим фазалари.
7. Гидравлик зарбани сўниши.
8. Гидравлик зарб босимини сусайтириш.
9. Гидравлик зарб босимидан фойдаланиш хақида тушунча беринг.
10. Гидравлик зарбадан амалда қандай фойдаланилади.

Адабиётлар

1. қурилиш меоёрлари ва қоидалари:

А) КМК 2.04.02 –97 “Сув таҳминоти ташқи тармоқлар ва жиҳозлар”

Б) КМК 2.04.01 – 98 “Биолар ички водопроводи ва канализацияси”

В) КМК 2.04.03 – 97 “Сувоқава. Ташқи тармоқлар ва жиҳозлар”

Г) КМК 3.05.01 – 97 “Ички санитария – техник тизимлари”

Д) КМК 3.05.04 - 97 “Сув тарминоти ва сувоқава ташқи тармоқлари ҳамда жиҳозлари”

Е) КМК 1.01.04 – 98 “Меоморий – қурилиши атамалари”

2. Калицун “Гидравлика, водоснабжения и канализация”

3. Ф.И.Грингауз “Санитария техникасига доир ишлар” 1977.

4. К.Ш.Латипов “Гидравлика гидромашиналар ва гидроюритмалар”
1992.

М У Н Д А Р И Ж А

Маҳруза	№	1
.....		
.....6		
Маҳруза	№	2
.....		
.....10		
Маҳруза	№	3
.....		
.....18		
Маҳруза	№	4
.....		
.....21		
Маҳруза	№	5
.....		
.....24		
Маҳруза	№	6
.....		
.....30		
Маҳруза	№	7
.....		
.....39		
Маҳруза	№	8
.....		
.....43		
Маҳруза	№	9
.....		
.....50		
Маҳруза	№	10
.....		
.....56		

Маҳруза	№	11
.....		
.....62		
Маҳруза	№	12
.....		
.....67		
Маҳруза	№	13
.....		
.....70		
Маҳруза	№	14
.....		
.....73		
Маҳруза	№	15
.....		
.....77		
Маҳруза	№	16
.....		
.....80		
Маҳруза	№	17
.....		
.....86		
АДАБИЁТЛАР		
.....		
.....89		
МУНДАРИЖА.....		
.....90		