

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

**САМАРКАНД ДАВЛАТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ
ИНСТИТУТИ**

«Био ва иншоотлар қурилиши», «Қурилиш материаллари ва
буюмлари ишлаб чиқариш технологияси» ва «Қасб таълим
педагогикаси» таълимлари йуналиши бўйича

СУЮҚЛИК ВА ГАЗ МЕХАНИКАСИ

фанидан маърузалар матни

Тузувчи доцент: О. Жуманов

САМАРКАНД 2015 й

Ушбу «Суюклик ва газ механикаси» фани буйича маърузалар матни «Бино ва иншоотлар қурилиши», «Қурилиш материаллари ва буюмлари ишлаб чиқариш технологияси» ва «Қасб таълим педагогикаси» йўналишлари буйича тахсил олаётган талабаларга мулжалланган бўлиб Ўзбекистон Республикаси Олий ва Урта махсус таълим вазирлиги томонидан тасдиқланган уқув стандартларига мос келади.

«Сув таъминоти, қимё ва сув хавзаларини муҳофаза қилиш»
кафедраси йиғилишида тасдиқланган №
« » _____ 2015 й.

«Мухандислик коммуникациялари қурилиши ва экология»
факультети услубий кенгаши йиғилишида тасдиқланган №
« » _____ 2015 й.

Муаллиф: т.ф.н. доцент Ё О. Жуманов

Такризчи: т.ф.н. доцент А. Сайфуллаев

Самарканд 2015 й.

I МАЪРУЗА

МАВЗУ: Кириш. Суюқликларнинг асосий хоссалари

Маъруза режаси:

1. Суюқликларнинг мувозанат ва ҳаракат қонунлари.
2. Суюқлик туғрисида асосий тушунчалар.
3. Суюқликларда босим.

Таянч сўз ва иборалар.

Суюқликнинг мувозанати, ҳаракат қонунлари, юза, босим йўналиши.

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

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

Гидравлика шунингдек, гидротехника, ирригация, сув таъминоти ва канализация, нефть механикаси каби бир қанча фанларнинг асосийси ҳисобланади. Инсоният тарихининг дастлабки даврларидаёқ сувдан фойдаланиш ҳаётда маълум урин эгаллаган. Археологик текширишлар одамлар жуда қадим замонларданок (эрамыздан 4000 – 2000 йиллар аввал) турли гидротехника иншоотлари қурилишининг билганликларини қурсатади. Қадимги Хитойда, Мисрда, Грецияда, Римда, Урта Осиёда ва бошқа ибтидоий маданият уюқларида кемалар, тугонлар, водопровод ва сугориш тизимлари бунёд этилганлиги туғрисида маълумотлар мавжуд. Бу қурилмаларни қолдиқлари ханузгача сақланиб қолинган.

Бизгача етиб қелган гидравлиқга алоқадор илмий ишлардан биринчиси Архимеднинг «Сузиб юривчи жисмлар ҳақида» асаридир. Суюқлик қонунларининг очилиши эрамызнинг XVI – XVII асарларидан бошланди. Буларга Леонардо да Винчининг суюқликларнинг узандаги ва турбадаги ҳаракати, жисмларнинг сузиб юриши ва бошқаларга боғлиқ ишлари, С.Стевеннинг суюқликнинг идиш тубига ва деворларига таъсир қилувчи босим қучи, Г.Галилейнинг жисмларнинг суюқликлардаги ҳаракати ва мувозанати ҳақидаги ишлари, Е.Торичеллининг суюқликларнинг қичик тешиқдан оқиб чиқиши, Б.Паскалнинг босимнинг суюқлик орқали узатилиши туғрисидаги, И.Ньютоннинг суюқликлардаги

ички каршиликлар конуни ва бошка ишлар киради. Кейинчалик суюкликларнинг мувозанат ва ҳаракат конунлари икки йуналиш бўйича тараккий кила бошлади. Булардан бири тажрибаларга асосланган гидравлика бўлса, иккинчиси назарий механиканинг мустакил бўлими сифатида тараккий кила бошлаган назарий гидромеханика эди.

Назарий гидромеханика аник математикага асосланган бўлиб, суюклик конунларини дифференциал тенгламалар билан ифодалаш ва уларнинг ечишга асосланди. Бу назарий билимларнинг тараккий килишига 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, суюкликларнинг физик хоссаларини идеаллаштириб қураб ва олинган натижалар ҳаракат тарзларининг тугри ифодаланиши билан тажриба натижаларидан жуда узок эди. Шунинг учун бу ишлар гидромеханиканинг тараккийётида айтарлиқ муҳим рол уйнамас эди ва гидромеханика уша замон техникаси қуйган талабга жавоб бера олмас эди. XVIII – XIX асрларда Шези, Дарси, Буссинеск, Вейсбах ва бошка олимларни ишлари ҳозирги замонда гидравлика деб аталувчи амалий фаннинг асоси бўлди.

ГИДРАВЛИКА. СУЮКЛИКЛАРНИНГ АСОСИЙ ХОССАЛАРИ.

Суюклик тугрисида асосий тушунчалар.

Жуда кичик микдордаги кучлар таъсирида уз шаклини узгартирувчи физик жисмлар суюкликлар деб аталади. Улар каттик жисмлардан уз заррачаларининг жуда ҳаракатчанлиги билан ажралиб туради ва оқувчанлик хусусиятига эга бўлади. Шунинг учун улар қайси идишга қуйилса, ушанинг шаклини олади.

Гидравликада суюкликлар икки гурппага: томчиланувчи (капельние) суюкликлар ва газсимон суюкликларга бўлинади. Суюклик деганда томчиланувчи суюкликни тушунишга одатланилган бўлса, улар сув, спирт, нефть, симоб, турли мойлар ва табиатда ҳамда техникада ҳам учраб турувчи бошка ҳар хил суюкликлардир.

Томчиланувчи суюкликлар бир канча хусусиятларга эга:

- 1) ҳажми босим таъсирида жуда кам узгаради ва сиқилишга қаршилиги жуда катта;
- 2) ҳарорат узгариши билан ҳажми оз микдорда узгаради;
- 3) чузувчи кучларга деярли қаршилик қурсатмайди;

4) сиртида молекулалар аро узаро ковушкоклик кучи юзага келади ва у сирт таранглик кучини юзага келтиради.

Томчиланувчи суюкликнинг бошка хусусиятлари тугрисида кейинчалик яна тухталиб утамыз.

Газлар томчиланувчи суюкликлардагига нисбатан ҳам тезроқ ҳаракатланувчи заррачалардан ташкил топган булиб, улар босим ва ҳарорат таъсирида уз ҳажмини тезроқ узгартиради. Улардан чузувчи кучга қаршилиқ ва ковушкоклик кучи томчиланувчи суюкликларга нисбатан жуда ҳам кам. Газлар билан газ динамикаси, термодинамика ва аэродинамика фанлари шугулланади.

Гидравлика курси асосан томчиланувчи суюкликлар билан шугулланади. Шунинг учун буни бундан буён тугридан – тугри суюклик деб атайверамиз.

Суюкликлар туташ жисмлар каторига киради ва мувозанат ҳамда ҳаракат ҳолларида доимо каттик жисмлар (суюклик солинган идиш туби ва деворлари, труба ва каналларнинг деворлари ва бошкалар) билан чегараланган бўлади. Суюкликлар, газлар (хаво) билан ҳам маълум чегара бўйича ажралиши мумкин. Бу чегара эркин сирт (свободная поверхность) деб аталади.

Суюкликлар силжитувчи кучларга сезиларли даражада қаршилиқ курсатади ва бу қаршилиқ ички кучлар сифатида намоён бўлади. Уларни аниқлаш суюкликлар ҳаракатини текширишда муҳим аҳамиятга эгадир.

Суюкликларга таъсир қилувчи кучлар.

Суюкликларга таъсир қилувчи кучлар қуйилиш усулига қараб ички ва ташқи кучларга ажралади:

ички кучлар – суюклик заррачаларининг узаро таъсири натижасида юзага келади;

ташқи кучлар – суюкликка бошка жисмларнинг таъсирини ифодалайди (масалан, суюклик солинган идиш деворларининг таъсири, очик юзага таъсир қилаётган хаво босими ва х.к)

Ички кучлар силжитувчи кучларга қаршилиқ курсатади ва ички ишқаланиш кучи дейлади. Ташқи кучларни юза ва ҳажм бўйича таъсир қилувчи кучлар сифатида қараш мумкин. Шунинг учун суюкликларга таъсир қилувчи кучлар юза ёки ҳажм бўйича таъсир қилинишига қараб юзаки ва масса кучларига бўлинади.

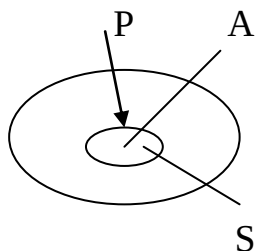
Юзаки кучлар – қаралаётган суюклик ҳажмининг сиртларига таъсир қилувчи кучлардир. Уларга босим кучи, сирт таранглик кучи, суюклик солинган идиш деворининг реакция кучлари, ички ишқаланиш кучи киради. Ички ишқаланиш кучлари суюклик

харакат килган вақтда юзага келади ва ковушкоклик хусусиятини юзага келтиради (аввалги параграфга қаранг).

Масса кучлари – қаралаётган суюклик ҳажмининг ҳар бир заррасига таъсир қилади ва унинг массасига пропорционал бўлади. Уларга оғирлик ва инерция кучлари қиради.

Суюкликларда босим.

Суюкликларга таъсир қилувчи асосий кучлардан бири гидростатик босимдир. Уни тушунтириш учун 1.1 – расмга мурожаат қиламиз. Бу ерда мувозанат ҳолатидаги суюкликнинг ихтиёрий ҳажми ифода қилинган. Бу ҳажм ичида ихтиёрий A нукта олиб, ундан BC текислик утказамиз. Натижада ҳажм икки қисмга ажралади. BC сиртда A нукта атрофида бирор S юза ажратамиз. Ҳажмнинг I қисми орқали II қисмига BC юза бўйича босим қучи берилади.



1.1 – расм. Суюкликларда босим тушунчасига доир чизма.

Бу кучнинг S юзага таъсир қилган қисмини P билан белгилаймиз.

Қаралаётган S юзага таъсир қилувчи P куч гидростатик босим қучи ёки қисқача гидростатик куч дейилади. P қучи II қисмга нисбатан таъсир қилувчи куч, бутун ҳажмга нисбатан юза ички куч ҳисобланади. P кучнинг S юзага нисбати бу юзанинг бирлик миқдорига таъсир қилувчи қучни беради ва у уртача гидростатик босим деб аталади:

$$P_n = P/S; \quad (1.1)$$

Агар S юзани қичрайтира бориб, O нуктага интилтирсак ($S \rightarrow O$), $P_{ур}$ бирор чегаравий нуктага интилади:

$$P_n = \lim_{S \rightarrow 0} P/S; \quad (1.2)$$

Бу қиймат A нуктага таъсир қилаётган босимни беради ва у гидростатик босим деб аталади. Умумий ҳолда гидростатик босим p билан уртача гидростатик босим $P_{ур}$ га тенг эмас. Улар бири - биридан қичик миқдорга фарқ қилади.

Гидростатик босим H/m^2 билан улчанади.

II МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюкликларнинг физик хоссалари

Маъруза режаси:

1. Солиштирма огирлик.
2. Солиштирма хажм.
3. Зичлик.
4. Суюкликларнинг хажм узгариши.

Таянч суз ва иборалар.

Солиштирма огирлик, хажм, зичлик, етишкоклик, иссикликда кенгайиш, сикилиш.

1. Солиштирма огирлик. Суюкликнинг хажм бирлигига тенг микдорининг огирлиги унинг солиштирма огирлиги деб аталади ва грекча γ харфи билан белгиланади. Юкорида айтилган таърифга асосан.

$$\gamma = G/V \quad (1.3)$$

бу ерда:- V –суюклик хажми (бирлиги m^3), G –огирлиги (бирлиги Н). Солиштирма огирликнинг улчов бирлиги СИ системасида.

$$\gamma = G/V = N/m^3$$

техник системада эса kg/m^3 булиб, улар узаро куйидагича боғланган:

$$1 \text{ кг/м}^3 = 9,80665 \text{ Н/м}^3$$

Солиштирма огирлик хажми аввалдан маълум булган турли идишлардаги суюкликларнинг огирлигини улчаш усули билан ёки ареометр ёрдами билан аникланади.

Солиштирма огирлик босимга ва хароратга боғлиқ булиб, улар уртасидаги муносабат идеал газлар учун куйидаги формула билан ифодаланади:

$$p/\gamma = RT \quad (1.4)$$

бу ерда:- p –босим, (Н/м²), T -абсолют харорат, R -газ доимийси.

$$R_{\text{хаво}} = 287 \text{ [Ж/(кг град)]}, R_{\text{метан}} = 287 \text{ [Ж/(кг град)]}$$

Суюклик солиштирма огирлигининг 4°C даги сувнинг солиштирма огирлигига нисбати унинг нисбий солиштирма огирлиги булади.

2. Солиштирма хажм. Суюкликнинг огирлик бирлигидаги микдорининг хажми солиштирма хажм дейилади ва хажмни огирликка булиш йули билан аникланади:

$$v = V/G \quad (1.5)$$

(1.1) ва (1.3) формулалардан куруниб турибдики:

$$\gamma v = 1 \text{ ёки } v = 1/\gamma$$

Солиштира хажмнинг улчов бирлиги СИ системасида:

$$[v] = [V] / [G] = \text{м}^3 / \text{Н}$$

Солиштира хажм ҳам солиштира огирлик каби босим ва хароратга боглик булиб, у (1.4) нинг бошка куриниши

$$pv = RT \quad (1.6)$$

оркали ифодаланади.

3. Зичлик. Суюкликнинг хажм бирлигига тугри келган тинч холатдаги массаси унинг зичлиги деб аталади. Бу таърифга асосан

$$\rho = m / V \quad (1.7)$$

бунда: m – суюкликнинг массаси (бирлиги $\text{Нс}^2 / \text{м}$)

Зичликнинг улчов бирлиги куйидагича аникланади:

$$[\rho] = m / D^3 = \text{Н} \times \text{с}^2 / \text{м}^3$$

Баъзан нисбий зичлик тушунчаси киритилади. Суюклик зичлигини сувнинг 4°C иссиқликдаги зичлигига нисбати унинг нисбий зичлиги булади. (1.7) ва (1.3) лардан куриниб турибдики, зичлик билан солиштира огирлик узаро куйидагича богланган:

$$\rho = \gamma / g$$

у холда нисбий зичлик ва нисбий солиштира огирликлар узаро куйидагича богланади:

$$\rho = M_{\text{суюк}} / M_{\text{сув}} = G_{\text{суюк}} / G_{\text{сув}} \quad (1.9)$$

Зичлик хароратга боглик булиб, одатда, харорат ортиши билан камаяди. Бу узгариш нефть махсулотлари учун куйидаги муносабат оркали ифодаланади:

$$\rho_t = \rho_{20} / 1 + \beta_t (6 - 20) \quad (1.10)$$

бунда: t – харорат (бирлиги $^\circ\text{C}$), β_t – хажмий кенгайиш харорат коэффиценти; ρ_{20} – суюкликнинг 20°C даги зичлиги.

Сувнинг зичлиги бу конундан мустасно булиб, унинг зичлиги энг катта кийматга 4°C да (аниқроғи $3,98^\circ\text{C}$) га эга булади. Унинг иссиқлиги бундан ошса ҳам, зичлиги камайиб боради.

4. Суюкликларнинг иссиқликдаги кенгайиши. Юкорида айтиб утилганидек, зичлик иссиқлик узгариши билан узгариб боради. Бу эса уз – узидан иссиқлик узгариши билан хажмнинг узгаришини курсатади. Суюкликларнинг бу хусусиятини гидравлик машиналарни хисоблаш ва турли масалаларни хал килиш вақтида назарга олиш зарур булади.

Суюкликнинг иссиқликдан кенгайишини колбага солинган суюкликнинг киздирилганда хажмни купайиши, суюклик тулдирилиб герметик ёпиб куйилган бочка ва цистерналарнинг куёш нурида колганда ёрилиб кетиши, тулдирилган идишдаги

суюкликнинг сиртидан окиб тушиши каби ходисаларни жуда куп учратиш мумкин.

Суюкликларнинг бу хусусиятидан фойдаланиб суюклик термометрлари ва бошка турли сезгир улчов асбоблари яратилади. Суюкликларнинг иситилганда кенгайишини ифодалаш учун хажмий кенгайиш харорат коэффиценти деган тушунча киритилиб у β_t билан белгиланган.

Бирлик хажмидаги суюкликнинг харорати 1°C га оширилган - да кенгайган микдори унинг хажмий кенгайиши харорат коэффиценти дейилади ва куйидаги формула билан ифодаланади:

$$\beta_t = (1/V)(\Delta V/\Delta t) \quad (1.11)$$

бунда: - $\Delta V = V - V_c$ киздирилгандан кейинги ва бошлангич хажмлар фарки; $\Delta t = t - t_0$ хароратлар фарки;

$$\beta_t = 1/\text{град}$$

β_t жуда кичик микдор булиб, у сув учун $t = 20^\circ\text{C}$ да $\beta_t = 2 \times 10^{-4} 1/\text{град}$, минерал мойлар учун $\beta_t = 7 \times 10^{-4} 1/\text{град}$, симоб учун $\beta_t = 18 \times 10^{-5} 1/\text{град}$.

5. Суюкликларнинг сиқилиши. Гидравлик хисоблаш ишларида суюкликлар сиқилмайди деб хисоблаш керак, деб айтиб утган эди (бу ерда томчиланувчи суюклик назарда тутилади).

Лекин техникада ва табиатда баъзи холларда босим жуда катта булади. Унда агар суюкликни умумий хажми хам катта булса, хажм узгариши сезиларли микдорда булади ва уни хисобга олиш керак.

Суюкликлар сиқилишининг хисобга олиш учун хажмий сиқилиш коэффиценти деган тушунча киритилади ва β_F билан белгиланади (баъзида β_p билан белгиланади). Бирлик хажмидаги суюкликнинг босимининг бир бирликга оширганда камайган микдори хажми сиқилиш коэффиценти дейилади ва у куйидаги формула билан хисобланади:

$$\beta_F = -(1/V)\Delta V/\Delta p \quad (1/12)$$

бунда:- $\Delta p = p - p_0$ узгарган ва бошлангич босимлар фарки; β_p хам β_t каби жуда кичик микдор булиб, сув учун $t = 20^\circ\text{C}$ да $\beta_p = 4,9 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{МН}$ (МН – меганьютон = $10^8 \text{ Н} \approx 10 \text{ ат}$), минерал мойлар учун $\beta_p = 6 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{МН}$; шунинг учун хам куп холларда сиқилиш хисобга олинмайди.

Суюкликлардаги ишқаланиши учун Ньютон конуни. Ковушкоклик.

Ковушкоклик ходисаси суюкликларнинг харакати вақтида юзага келади ва харакатланаётган заррача харакатига каршилиқ курсатади.

Бу каршилиқни енгил учун маълум микдорда куч сарфлаш керак бўлиб, ковушқоқлик канча бўлса, сарфлаш керак бўлган куч ҳам шунча куп бўлади. Ковушқоқлик даражаси ковушқоқлик коэффиценти деб аталувчи катталиқ билан ифодаланади ва у икки хил коэффицент орқали аниқланади ҳамда аниқланиш усулига қараб динамик ва кинематик ковушқоқлик коэффицентларига бўлинади.

Динамик ковушқоқлик коэффиценти. Суюқликни катта юзага эга бўлган идишга солиб, унинг юзига бирор пластинка қуйсак ва бу пластинкани маълум бир куч билан торта бошласак, суюқлик заррачалари пластинка сиртига ёпишиши натижасида ҳаракатга келади (1,2 - расм). Агар пластинкани қуйилган 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 калинлиги бўйича ҳаёлан бир канча юпка катламлар бор деб фараз қилсак, ҳар катламда заррачалар тезлиги ҳар хил бўлиб, у пластинкадан пастки деворга томон қамайиб боради. Ҳаракат ихтиёрий катламга, унинг устида жойлашган бошқа катлам заррачалари орқали берилади. Бу ҳаракат суюқлик катламларининг деформацияланишига олиб келади. Агар суюқлик ичида пастки сирти идишнинг ҳаракатсиз деворидан u_1 масофада, устки сирти эса u_2 масофада бўлган катламни куз олдимизга келтирсак, юқорида айтилган сабабларга асосан унинг пастки сиртида тезлик u_1 , юқориги сиртида эса u_2 бўлади. Шундай қилиб, олинган катламнинг калинлиги $\Delta u = u_2 - u_1$ бўйича суюқлик тезлиги $(u_2 - u_1) = \Delta u$ микдорга узгаради, яъни катламнинг юқориги сирти пастки сиртига нисбатан силжиб қолади ва катлам 1,2 – расмда курсатилгандек деформацияланади. Силжиш бурчагини α деб белгиласак, силжиш катталиги $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{const}$ бўлади. Катлам калинлигини чексиз кичрайтириб дифференциал белгилашга утсак, у ҳолда юқоридаги нисбат тезлик градиентини беради. Агар суюқлик сиртидаги пластинкага канча куп куч қуйсак, силжиш шунча куп бўлади. Бу нарса қуйилган куч билан тезлик градиенти орасида қандайдир боғланиш мавжудлигини курсатади.

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

1686 й. И.Ньютон ана шу боғланишни қизикли боғланишдан иборат деган гипотезани олдинга сурди. Бу гипотезага асосан суюқликнинг иккита ҳаракатланувчи катламлар орасидаги ишқаланиш кучи F катламларнинг тегиб турган сирти (S) га тезлик градиентига тугри пропорционал, яъни:

$$F = \pm \mu S (du/dy) \quad (1.13)$$

Пропорционаллик коэффиценти μ ковушкоклик динамика коэффиценти деб кабул килинган. Ньютон гипотезаси кейинчалик М.П.Петров томонидан назарий асослаб берилди. Албатта ҳисоблаш ишларини осонлаштириш учун ишқаланиш кучининг бирлик юзасига тугри келган микдори ёки гидравликада уринма зуриқиш (ишқаланиш кучидан зуриқиш) деб аталган микдорга утиш зарур бўлади. Бу микдор грекча τ харфи билан белгиланади:

$$\tau = F/S = \pm \mu (du/dy) \quad (1.14)$$

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

Проф. К.Ш.Латиповнинг ишларида уринма зуриқиш икки ташкил этувчининг йигиндисида иборат деб қараш мумкинлиги қўрсатилди:

$$I_p = \mu (du/dy) - \lambda_p(1-\varphi_2)udy + B \quad (14a)$$

бу ерда: $\lambda_p = (1 - \varphi_2)$ бир қаватдан иккинчи қаватга молекулаларнинг утишини билдирувчи коэффицентдир.

(1,14) формуладан қўринадикки, ишқаланиш кучи зуриқиш тезлик градиентига (ёки умумийроқ қилиб айтганда тезликнинг нормал бўйича ҳосиласи) тугри пропорционалдир.

Ковушкоклик коэффицентининг бирлиги СИ да қуйидагича:

$$[\mu] = \{\tau\}/\{du\} = (Нс)/м^2$$

СГС системасида эса дина/м² билан ўлчанади. Бу бирлик Пуаз (ПЗ) деб аталади. Коэффицент жуда кичик бўлганда сантипуаз (спа) ва миллипуаз (мпа) ларда ҳам ўлчаниши мумкин.

Кинематик ковушкоклик коэффиценти. Гидравликадаги қўпгина ҳисоблаш ишларида μ нинг ρ га нисбати билан ифодаланувчи ва кинематик ковушкоклик коэффиценти деб аталувчи микдордан фойдаланиш қўлайдир. Бу микдор грекча ν харфи билан белгиланади:

$$\nu = \mu / \rho \quad (1.15)$$

ν нинг СИ даги бирлиги м²/с, СГС системасида см²/с ёки стокс (ст) билан ифодаланади. Справочникларда ва техник адабиётда унинг кичик ўлчамлари ҳам (сантистокс - сет) учрайди, 1 м²/с = 10⁴ ст = 10⁸ сет.

Ковушкоклик коэффицентини аниқлаш учун вискозиметр деб аталувчи асбоб қўлланилади. Сўвга нисбатан ёпишкоклиги катта бўлган суюқликлар учун Энглер вискозиметри қўлланилади (1.3 - расм). У бирининг ичига иккинчиси жўйлашган 1, 2 икки идишдан иборат бўлиб, улар орасидаги бўшлиқ сўв билан тўлдирилади. Ички идиш 2 нинг сферик тўбига диаметри 3 мм ли найча қавшарланган, у тикин 5 билан биркитилган бўлади.

Ички идишга текширилаётган суюклик куйилиб, унинг харорати икки идиш оралигидаги сувни киздириш йули билан зарур булган хароратгача етказилади. Текширилаётган суюклик харорати термометр 6 ёрдамида улчаб турилади. Суюклик зарур харорат t^0 гача кизигандан сунг тикин очилади ва секундомер ёрдамида 200 см^3 суюклик 3 окиб чиккан вақт белгиланади. Худди шундай тажриба $t = 20^0\text{C}$ да дистилланган сув билан ҳам утказилади. Текширилаётган суюкликнинг $t = 20^0\text{C}$ да окиб чиккан вақтларнинг нисбати ковушкокликнинг шартли градуслари ёки Энглер градусларини билдиради.

$$^0\text{E} = (T_{\text{суюклик}} F) / T_{\text{сув } t=20^0\text{C}}$$

Энглер градусидан $\text{м}^2/\text{с}$ га утиш учун Уббелодде формуласи кулланилади:

$$V = (0.0731^0\text{E} - 0.0631 / ^0\text{E} 10^{-4}) \quad (1.16)$$

Ковушкокликни аниклаш учун копияр визкозиметр, ротацион вискозиметр, стокс вискозиметр ва бошқа турли вискозиметрлар ҳам кулланилади.

Коувшкоклик суюкликларнинг турига, харорати ва босимига боглик. Жадвалларда хар хил суюкликларнинг ковушкоклик микдори келтирилган. Харорат ортиши билан совукланувчи суюкликларнинг ковушкоклиги камаяди, газларнинг ковушкоклиги ортади. Суюкликлар ковушкоклигини хароратга богликлигини умумий тенглама билан ифодалаб булмайди.

Хар хил хисоблаш ишлари бажарилганда, купинча, куйидаги формулалардан фойдаланилади.

$$\text{Хаво учун } v = (0,132 + 0,000918 t + 0,00000066 t^2) \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с} \quad (1.17)$$

$$\text{Сув учун } v_t = 0,0177/1 + 0,0337 t + 0,000221 t^2 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.18)$$

Гидроуритмаларда кулланувчи турли минерал мойлар учун харорат 30^0C дан 150^0C гача (E 10 гача) булганда

$$v_t = v_{30} (50/t)^n \quad (1.19)$$

Бу ерда: v_t , v_{30} - тегишли хароратда ва 50^0C даги кинематик ковушкоклик коэффиценти, ^0C да; n – даража курсатгичи; унинг микдори куйидаги жадвалда $^0\text{E}_{60}$ нинг турли микдорлари учун келтирилган:

$^0\text{E}_{60}$	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 суюкликларнинг ковушкоклиги бошлангич ковушкоклик ва хароратга караб турлича узгаради. Купчилик суюкликларнинг ковушкоклиги босим кутарилиши билан ортади. Минерал мойларнинг ковушкоклиги босимнинг $0 - 50 \text{ МН}/\text{м}^2$

чегарасида тахминан чизикли узгаради ва куйидаги формула билан хисобланади:

$$v_p = v_0 (1 + k_0 p) \quad (1.20)$$

бу ерда: v_p ва v_0 – тегишли босимда ва атмосфера босимида кинематик ковушкоклик коэффиценти, p – ковушкоклик улчанган босим, МН/м²; k_0 – экспериментал коэффицент, унинг микдори гидроюритмаларни хисоблашда юкорида айтилган чегарада 0,03 га тенг деб кабул килинади.

Газларнинг суюкликда эриши. Кавитация ходисаси хакида тушунча.

Табиат ва техникада суюклик унда хавонинг таркибидаги газлар оз микдорда эриган холда учрайди. Босим ортиши ёки харорат камайиши билан эриган газлар микдори ортади ва аксинча, босим камайганда ёки харорат ортганда уларнинг микдори камаяди. Шунинг учун босим камайиши ёки харорат ортиши билан суюкликдаги эриган газларнинг бир кисми ажралиб чикиб, пуфакчалар хосил килади, яъни юкорида айтилганга кура босим камайганда сув хам бугланади, лекин енгил компонент сифатида эриган газлар тезрок ажралиб чикиб, пуфакчалар хосил килади. Бошкача айтганда бу холат суюкликдаги босимнинг ундаги газнинг туйинган буглари босимига тенг булганда вужудга келади. Газ пуфакчалари пайдо булиши билан суюкликнинг туташлиги бузилади ва туташ мухитларга тааллукли конунлар уз кучини йукотади. Бу ходиса кавитация дейилади. Пуфакчалар суюклик ичида хароратли ёки юкори босимли сохалар томонга караб харакат килади. Агар у етарли даражада босимга эга булган сохага келиб колса, яна эриб кетади (агар буг булса, конденсацияланади). Эриган газ урнида пайдо булган бушликка суюклик заррачалари интилади ва бушлик кескин ёпилади. Бу эса хозиргина бушлик булган ерда гидравлик зарбани вужудга келтиради ва натижада бу ерда босим кескин ортиб, харорат кескин камаяди.

Бундай гидравлик зарба ва уни вужудга келтирган кавитация ходисаси кувур деворлари ва машиналарнинг суюклик харакат килувчи кисмларининг бузилишига олиб келади (кавитацияга карши кураш усуллари тугрисида кейинчалик тухталамиз).

Идеал суюклик модели.

Суюкликларнинг харакати текширилганда, одатда, хамма кучларни хисобга олиб булмагани учун, уларнинг суюклик мувозанати ёки харакати холатига таъсири катта булганларини

саклаб колиб, таъсири кичикларни ташлаб юборамиз. Шу усул билан суюкликлар учун идеал ва реал суюкликлар модели тузилади. Хозирги вақтда суюклик ҳаракатини ифодаловчи умумий тенгламалар жуда мураккаб бўлиб, уни ечишни осонлаштириш учун юқорида айтилгандек соддалаштиришлар киритилади. Бундай соддалаштиришлар эса суюкликларнинг физик хоссаларига чегара қўяди ва бу суюкликлар идеал суюкликлар дейилади. Идеал суюкликлар абсолют сикилмайдиган, иссиқликдан ҳажми ўзгармайдиган, қўзувчи ва силжитувчи қўчларга қаршилиқ қўрсатадиган абстракт тушунчадаги суюкликлардир.

Реал суюкликларда эса юқорида айтилган хоссалар мавжуд бўлиб, одатда сикилиши, иссиқликдан кенгайиши ва ҳажм ўзгариши жуда кичик микдорга эга. Шунинг учун бу соддалаштиришлар ҳисоблашда унчалик қўп ҳато бერмайди. Идеал суюкликларнинг реал суюкликлардан катта фарқ қилишига олиб қўладиган асосий сабаб, бу – силжитувчи қўчга қаршилиқ қўрсатиш хоссаси, яъни ички ишқаланиш қўчи бўлиб, унинг бу хусусиятини қўвушқоқлик деган тушунча орқали ифодаланади. Шунга асосан идеал суюкликларни қўвушқоқ (невязкий), реал суюкликларни эса қўвушқоқ суюклик дейилади.

III – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидростатика. Тинч турган суюкликдаги босимнинг хоссалари.

Маъруза режаси:

Таянч қўз ва иборалар.

Босим йўналиши, босим микдори, урунма йўналиш, нормал йўналиш.

ГИДРОСТАТИКА

Гидравликанинг суюкликлар мувозанат қўнунларини урганувчи бўлими гидростатика деб юритилади. Бу қўнунларни текшириш суюкликлар орқали қўчларни ўзатиш билан боғлиқ масалаларни ҳал қилишда муҳим аҳамиятга эга. Бундан ташқари, гидростатика суюкликларга тулик ёки қисман ботирилган каттик жисмларнинг мувозанат қўнунларини ҳам урганади.

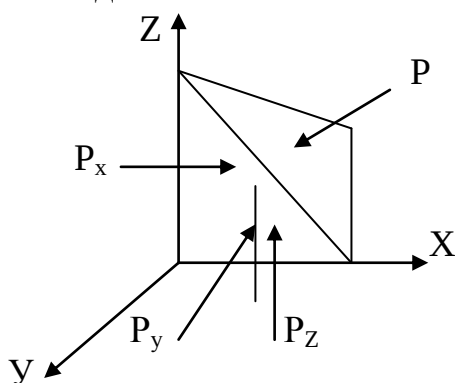
Одатда, 1 суюкликлар мувозанат холда булганди унинг айрим булакларининг бошка булакларига булган таъсири, суюклик сакланаётган идиш деворларига ва унга ботирилган жисмга таъсири босим оркали ифодаланади.

Таянч турган суюкликдаги босимнинг хоссалари.

Таянч турган суюкликдаги босим (яъни гидростатик босим) иккита асосий хоссага эга:

1 – хосса – гидростатик босим у таъсир килаётган юзага нормал буйича йуналган булади. Бу хоссанинг тугрилигини исботлаш учун гидростатик босим $\mathbf{p}$ узи таъсир килаётган юзага нормал буйича йуналмаган деб фараз киламиз. Бу холда $\mathbf{p}$ нормал ва уринма йуналишларда проекцияларга эга булади.

Уринма йуналишидаги проекция I ва II қисмларининг бир – бирига нисбатан силжишига олиб келади (1.5 - расм). Суюклик мувозанатда булгани учун $\mathbf{p}$ нормал йуналмаган деган фикр нотугри эканлиги келиб чиқади.



1.5. – расм. Босимларнинг хоссаларига доир чизма.

2 – хосса – гидростатика босим у таъсир килаётган нуктада ҳамма йуналишлар буйича бир хил қийматга эга. Бу хоссани исботлаш учун суюклик ичида томонлари d_x , d_y , d_z га тенг булган тетраэдр ажратиб оламиз. Тетраэдрнинг қия юзасига P куч таъсир қилсин. У холда yOz текисликдаги юза буйича P_x yOz текисликдаги юза буйича эса P_x кучлар таъсир қилади. Қия юзанинг сирти dS га тенг деб ҳисоблаймиз. Агар гидростатик босим O_x уқи билан α , O_y уқи β , O_z уқи билан γ бурчак ташкил қилса, у холда dS юзага таъсир қилаётган куч (pdS) нинг уқлардаги проекциялари $pdS \cos\alpha$, $pdS \cos\beta$, $pdS \cos\gamma$ ларга тенг. Оғирлик қучи эса

$$G = pgdV = 1/6 pgdx dy dz$$

Суюклик мувозанатда булгани учун кучларнинг уқлардаги проекцияларининг йигиндиси нолга тенг, яъни O_x уқи буйича

$$1/2 p_x dy dz - pdS \cos \alpha = 0$$

Оу уки буйича

$$1/2 p_y dydz - p d\cos \beta = 0$$

Оz уки буйича

$$1/2 p_x dydz - p d\cos \gamma - 1/6 p g dx dy dz = 0$$

dS юзанинг проекциялари куйидагиларга тенг:

$$\cos \alpha = 1/2 dydz, \cos \beta = 1/2 dx dz, \cos \gamma = 1/2 dx dy$$

Юкоридаги тенгламалар кискартирилгандан кейин куйидагича ёзилади:

$$p_x p = 0; p_y p = 0; p_x p = 0; p_z p - 1/3 p g dz = 0$$

Тетраэдрнинг томонлари чексиз кичик кийматга интилганда у нуктага якинлашади. Бу холда унинг хажми нолга интилади. Шунинг учун юкорида келтирилган тенгламалардан куйидаги натижа келиб чиқади:

$$p_x = p; p_y = p; p_z = p, \text{ яъни } p_x = p_y = p_z = p \quad (2.1)$$

Шундай килиб, барча йуналишларда таъсир килувчи босим кучи тенг эканлиги исботланади. Бу эса иккинчи хоссанинг тугрилигини курсатади.

IV – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюкликлар мувозанатининг дифференциал тенгламаси.

Маъруза режаси:

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

Таянч суз ва иборалар.

Босим, юза, баландлик, куч, огирлик, хажм, йуналиш.

Суюкликлар мувозанатининг Эйлер дифференциал тенгламаси.

Мувозанат ҳолатидаги суюкликларга босим ва огирлик кучлари таъсир қилади. Босим суюклик эгаллаган хажмнинг ҳар хил нуктасида ҳар хил кийматга эга. Шунинг учун босимни координата уклари x, y, z ларнинг функцияси деб қараш керак. Курилатган суюкликда томонлари dx, dy, dz га тенг булган параллелолипедга тенг элементар хажм ажратиб оламиз (1.6 - расм). Энди суюликка

таъсир килувчи кучларнинг мувозанат ҳолатини текшираемиз. Огирлик кучининг проекциялари $pXdV$, $pYdV$, $pZdV$ булсин, яъни $G/pXdV$, $pYdV$, $pZdV$. Элементар хажмнинг yOz тексликда ётган сиртига Ox уки йуналишида p га тенг, унга параллел булган сиртига эса $p + (dp/dx) dx$ га тенг босимлар таъсир килади (1.6 - расм). Бу сиртларга таъсир килувчи босим кучлари эса тегишлича $pdydz$ ва $(p + (dp/dx) dx) dydz$ ларга тенг. Олинган элементар хажм Ox уки буйича мувозанатда булиши учун бу уқ буйича йуналган кучлар йигиндиси нолга тенг булиши керак:

$$pdydz (p + (dp/dx) dx) dydz - pxdxdydz = 0$$

Шунингдек, Oy уки буйича, yOz тексликда ётувчи сиртга $pdx dz$, унга параллел булган сиртга эса, $(p + (dp/dy) dy) dx dz$ кучлар таъсир килади.

Шунинг учун элементар хажмининг Oy уки буйича мувозанат шарти куйидагича булади:

$$pdx dz (p + (dp/dy) dy) dx dz - pYdxdydz = 0$$

Шунингдек, Oz уки буйича

$$pdx dy \text{ ва } (p + (dp/dz) dz) dx dy$$

кучлар таъсир килади ҳамда уларнинг мувозанат шарти куйидагича булади:

$$pdx dy - (p + (dp/dz) dz) dx dy - pZdxdydz = 0$$

1.6 расм. Суюкликлар мувозанатининг Эйлер тенгламасига доир чизма.

Ухшаш микдорларни кискартириш ва колган хадларни dx , dy , dz га булишдан кейин куйидаги тенгламалар системасини оламиз:

$$(dp/dy) = pX$$

$$(dp/dy) = pY \quad (2/2)$$

$$(dp/dy) = pZ$$

Бу тенгламалар системасидау куруниб турибдики, гидростатик босимнинг бирор координата укидаги зичликнинг бирлик огирлик кучининг шу уқ йуналишидаги проекциясига купайтмасига тенг экан, яъни мувозанатдаги суюкликларда босимнинг узгариши масса кучларига боглик. (2.2) тенгламалар тизими суюкликлар мувозанат ҳолатининг умумий дифференциал тенгламасидир. Бу тенгламани 1755 й. Л.Эйлер чикарган.

Эйлер тенгламасининг интеграллари.

Биз юкорида Эйлер тенгламасини (2.3) ва (2.4) курунишига келтирдик. Бу курунишда уни интеграллаш ва босими тенг сиртларни топиш осон булади. Куйидаги Эйлер тенгламасининг интеграллари сифатида учта масалани келтираемиз.

а) Идишда тинч турган суюклик. (1.7 - расм).

Идишда тинч турган суюкликка факат огирлик кучи таъсир килади. Бу холда бирлик масса кучларининг проекциялари:

$$X = 0, Y = 0, Z = -g \quad (2.4)$$

булади. Бу кийматларни (2.4) га куйсак, $gdz = 0$ га эга буламиз. Уни интегралласак $gz = \text{const}$ булади. Бу эса горизонтал текисликнинг тенгламасидир. Шундай килиб, тинч турган суюкликлар учун хар кандай горизонтал текислик босими тенг сиртдан иборат. Унинг хава билан чегараланган сирти хам горизонтал булиб, у эркин сирт булади. Эркин сиртда босим p_0 эканлигини хисобга олсак, (2.3) тенгламадан куйидаги муносабат келиб чиқади:

$$\rho = \rho_0 + \rho_0 y h$$

Бу тенглама тугрисида кейинчалик алохида тухталиб утамыз.

б) Текис тезланувчан харакат килаётган идишдаги суюклик.

Суюклик а тезланиш билан харакат килаётган идишда мувозанат холатида булсин (1.8 - расм). Бу холда суюклик зарралари тезланиш а ва огирлик таъсирида булади, улар учун бирлик масса кучлар эса куйидагича булади:

$$X = \alpha, Y = 0, Z = -g$$

Бу кийматларни (2.4) га куйсак, $-\alpha dx - g dz = 0$ тенгламани оламиз. Уни интеграллаб куйидаги тенгламага эга буламиз:

$$\alpha x + gz = \text{const}$$

Бу эса кия текислик тенгламасидир. Шундай килиб, курилаётган холда босими тенг сиртлар Ох ва Oz укларга бурчак остида йуналган, Оу укига эса параллел булган сиртлардир. Бу сиртларнинг горизонтал текислик билан ташкил килган бурчаги куйидагича аникланади:

$$\alpha = g \tan \theta$$

Эркин сиртда босим p_0 эканлигини хисобга олсак, (2.3) тенгламадан куйидаги муносабат келиб чиқади:

$$p = \rho \alpha x + \rho g z + p_0 + C$$

1.8 расм. Текис тезланувчан харакат килаётган идишдаги суюклик.

в) Айланаётган идишдаги суюклик.

Суюклик вертикал ук атрофида ω бурчак тезлик билан айланаётган идиш ичида (1.9 - расм). Бу холда суюклик зарралари марказдан кочма куч ва огирлик кучлари таъсирида булади. Марказдан кочма куч куйидагича тенг:

$$F_u = m u^2 / r = m \omega^2 r$$

1.9 расм. Айланаётган жисм ичидаги суюклик.

Унинг проекциялари эса куйидагича топилади:

$$F_{yx} = m \omega^2 x, F_{uy} = m \omega^2 y$$

Шунинг учун бирлик масса кучлар куйидагиларга тенг:

$$X = \omega^2 x, \quad Y = \omega^2 y, \quad Z = -g$$

Буларни (2.4) га куйсак, куйидаги тенгламани оламиз:

$$\omega^2 x dx + \omega^2 y dy - g dz = 0$$

Уни интегралласак

$$\omega^2 x^2 / 2 + \omega^2 y^2 / 2 - g z = \text{const}$$

булади.

Лекин $x^2 + y^2 = r^2$ булмагани учун

$$\omega^2 r / 2 - g z = \text{const} \quad (2.7)$$

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

V – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидростатиканинг асосий тенгламаси.

Маъруза режаси:

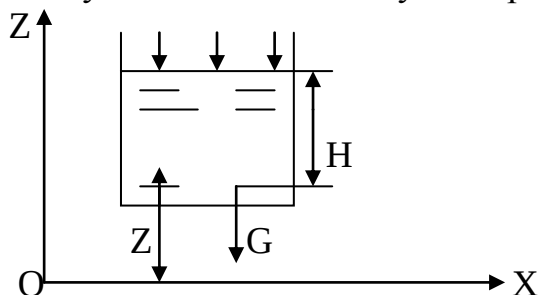
1. Тенгламани келтириб чиқариш.
2. Абсолют, манометрик, вакууметрик ва атмосфера босимлар.
3. Босим улчов бирликлари.

Таянч суз ва иборалар.

Абсолют, манометрик, вакууметрик, атмосфера ва ортикча босим, юза, босим улчов бирликлари.

Гидростатиканинг асосий тенгламаси.

Тинч турган идишдаги суюқликни қараймиз. Бу суюқликка огирлик кучи таъсир қилади. Координата уқларидан Oz уқини вертикал юқорига йуналадиган қилиб йуналтирамиз (1.10 - расм).



Курилатган идиш ичида бирор xOy текислигидан z масофада, эркин сиртда эса H масофада жойлашган бирор A нуктани оламир. U холда бирлик масса кучларнинг бу координата тизимидаги проекциялари куйидагича булади:

$$X = 0, \quad Y = 0, \quad Z = -g$$

Гидростатик босим p , суюкликнинг эркин сиртидаги босим p_0 булсин, эркин сирт xOy текислигидан эса z_0 масофада жойлашган булсин. Бу холда гидростатиканинг асосий тенгламаси куйидагича ёзилади:

$$(dp/dx) = 0; \quad (dp/dy) = 0; \quad (dp/dz) = -\rho g$$

Биринчи ва иккинчи тенгламалардан босимнинг x ва y координаталарга боглик эмас эканлиги келиб чиқади. U холда учинчи тенгламадан куйидагини оламир:

$$dp = -\rho g dz$$

(Бу тенгламани (2.3) дан ҳам олиш мумкин.) Бу эса юкорида айтилгандек тинч турган идишлардаги суюклик босими горизонтал сиртлар буйича узгармас деган фикрни тасдиқлайди. Охирги тенгламани эркин сиртдан z нуктагача булган оралик учун интеграллаймиз ва куйидаги тенгламани чиқарамиз:

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

$z - z_0$ нинг киймати h га тенг булгани учун сунгги тенглама куйидагича ёзилади:

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

ёки

$$p = p_0 + \gamma h \quad (2.8)$$

Бу гидростатиканинг асосий тенгламаси деб аталади ва суюкликнинг ихтиёрий нуктасидаги босимни, суюклик тури ва олинган нуктанинг эркин сиртдан кандай масофада эканлигига караб аниқлайди. Гидростатиканинг асосий тенгламаси куйидаги қонуниятни ифодалайди: суюклик ишдаги ихтиёрий нуктадаги босим суюклик эркин сиртидаги босим p_0 ва иш нуктадаги суюклик устунининг босими (γh) йигиндисига тенг.

Абсолют, манометрик, вакуумметрик ва атмосфера босимлари. Босим улчов бирликлари.

Суюклик ичидаги ихтиёрий нуктадаги (гидростатиканинг асосий тенгламаси ёрдамида аниқланадиган) босим p шу нуктадаги абсолют босим деб аталади. Суюкликнинг эркин сиртидаги босим p_0 эркин сиртдаги абсолют босимни беради, γh эса суюклик устунининг нуктадаги босимини беради. Усти ёпилмаган идишлардаги, сув сизимларидаги суюкликларнинг эркин сиртига таъсир қилувчи

босим атмосфера босими деб аталади ва p_a харфи билан белгиланади. Бу ҳолда (2.8) тенглама куйидагича ёзилади:

$$p = p_0 + \gamma h \quad (2.9)$$

Агар суюклик нуктасидаги босим атмосфера босимидан катта ($p > p_a$) булса, (2.9) тенгламанинг охириги хади манометрик босим деб аталади:

$$p_m = \gamma h = p - p_0 \quad (2.10)$$

Манометрик босим абсолют босимдан атмосфера босимининг чигирилган (айрилган) микдорига тенг булгани учун уни чегирма босим деб хам аташ мумкин.

Манометрик босим абсолют босимнинг микдорига караб хар хил кийматга эга булиши мумкин, масалан, $p = p_0$ булганда $p_m = 0$, $p \rightarrow \infty$ булганда $p_m \rightarrow \infty$, яъни манометрик босим 0 билан ∞ уртасидаги барча кийматларни кабул килиши мумкин.

Агар суюклик нуктасидаги абсолют босим атмосфера босимидан кичик ($p < p_0$) булса, уларнинг айирмаси вакуумметрик босим (вакуум) p_0 га тенг булади ва суюкликдаги сийракланиш микдорини белгилайди:

$$p_a = \gamma h = p_0 - p \quad (2.11)$$

Вакуумметрик босим нуктадаги босимнинг атмосфера босимидан канча камлигини курсатади ва $p = p_a$ да $p_a \rightarrow 0$, $p \rightarrow 0$ да $p_a \rightarrow p_0$ булади. Шундай килиб, вакуумметрик босим 0 дан p_0 гача булган кийматларни кабул килади.

Босимни улчаш учун техникада турли бирликлар иштилади:

1. Куч бирликларининг юза бирликларига нисбати, масалан, Н/м^2 ; кГ/м^2 ; кГ/см^2 .
2. Суюклик устунининг баландликлари, масалан, мм, сув.уст. – миллиметр сув устуни; м сув.уст. – метр сув устуни, мм сим.уст. – миллиметр симоб устуни.
3. Бирлик юзага тугри келган берилган куч микдорига нисбати ёки суюклик устунининг берилган баландлик микдорлари, масалан, техник атмосфера (ат) ($1 \text{ ат} = 1 \text{ кГ/см}^2 = 10^4 \text{ кГ/м}^2 = 735,6 \text{ мм сим. уст.}$) бар ($1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Н/м}^2$) ва хоказо.
4. Чегирма босим юкоридаги бирликларда улчанади ва хисобланади.

Босим улчаш асбоблари.

Босим улчаш асбоблари икки гурухга ажралади. Улар суюклик ва механик асбоблардир.

1. Суюклик асбоблари:

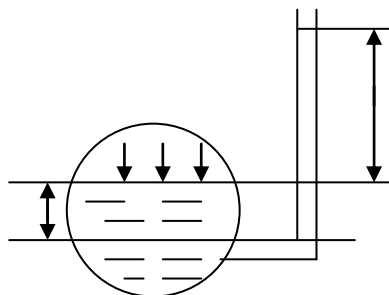
а) пьезометрлар – идишдаги босим унга уланган шиша найчадан текшириладиган суюкликнинг кутарилишига қараб аниқланади (1.11 - расм). Идишдаги босимнинг катта ёки кичиклигига қараб пьезометр (шиша найча) да сувнинг сатхи h_n баландликка кутарилади. Текшириладиган А нуктадаги босим ρ_a идишдаги эркин сатхтаги босим ундаги сув устунининг босими йигиндисига тенг. Пьезометр орқали аниқланганда у гидростатиканинг асосий тенгламаси ёрдамида қуйидагича аниқланади:

$$\rho_A = \rho_a + \gamma (h + h_n) \quad (2.12)$$

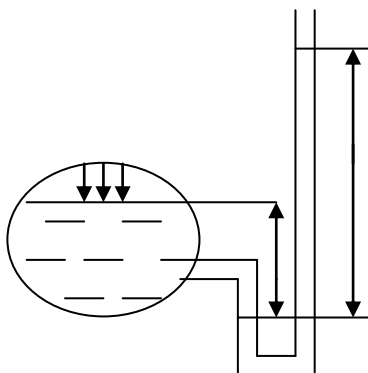
У ҳолда пьезометрда суюклик эркин сатхининг баландлиги босим орқали қуйидагича ифодаланади:

$$h + h_n = \rho_A - \rho_a / \gamma$$

ва идишдаги чегирма босимга тугри келадиган суюклик устунининг баландлигини курсатади. Бундай асбоблар 0,5 дан юкори булмаган икки чегирма босимларни улчашда ишлатилади. Ҳақиқатда ҳам 1 ат тенг булган босим 10 м сув устунининг баландлигига тенг булгани учун юкори босимларни улчашда жуда узун шиша найчалар ишлатишга тугри келган булар эди.



1.11 – расм. Пьезометр



1.12 – расм. U – симоб манометр

б) Суюклик U – симон манометрлари – босим текширилатган суюклик билан эмас, симоб устуни ёрдамида улчанади (1.12 - расм). Бу ҳолда симобли шиша найча идишга U – симон найча оркали уланади. Бунда симобнинг босими улчанаётган идишга оқиб утишида U – симон найчадаги каршилиқ, тускинлик килади. У ҳолда A нуктадаги босим идиш томондаги кийматлар оркали куйидагилар аникланади:

$$\rho_A = \rho + \gamma h$$

Симобли найчадаги кийматлар оркали эса

$$\rho_A = \rho_a + \gamma_{cm} \times h_{cm}$$

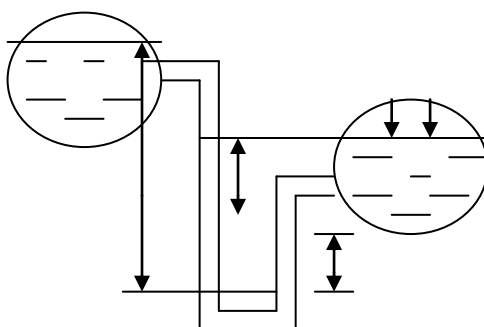
Бу икки тенгликдан ρ ни топамиз:

$$\rho = \rho_a + \gamma_{cm} \times h_{cm} - \gamma h_t \quad (2.13)$$

Бундай манометрларда ҳар бир босимни улчаш ярамайди.

в) Дифференциал манометрлар – икки идишдаги босимлар фаркини улчаш учун ишлатилади (1.13 - расм). Босимларни ρ_0 ва ρ_a га тенг булган икки идиш симобли U – симон найча оркали тугаштирилган. Бу ҳолда C нуктадаги босим оркали куйидагича ифодаланади:

$$\rho_c = \rho_a + \gamma_t h_t$$



1.13 – расм. Дифференциал манометр

Иккинчи идишдаги босим оркали эса

$$\rho_c = \rho_a + \gamma_t h_2 + \gamma_{cm} - h \quad (2.14)$$

У ҳолда идишдаги босимлар фарки

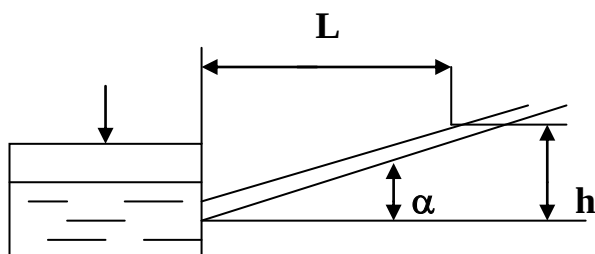
$$\rho_c - \rho_a = (\gamma_{cm} - \gamma_t) h$$

г) Микроманометр – жуда кичик босимларни улчаш учун ишлатилади ва суюклик сатхининг узгариши сезиларли булиши учун суюклик тулдирилган идишга шиша найча кия бурчак остида уланади. (1.14 - расм). У ҳолда идишдаги чегирма босим куйидагича аникланади: $\rho = \gamma h$ булгани учун

$$\rho = \gamma h \sin \alpha \quad (2.16)$$

шиша найчанинг киялик бурчаги α канча кичик булса, босим шунча аниқ улчанади. Куп ҳолларда манометр шиша найчасининг киялик

бурчаги узгарувчан килиб ишланади. Бу холда микро-манометрларнинг кулланиш чегараси кенгаяди.



1.14 – расм. Микроманометр.

д) **Вакуумметрлар.** Тузилиши худди суюклик U – симон манометрларига ухшаш булиб, идишдаги сийракланиш даражасини аниқлайди (1.15 - расм).

Гидростатик босим тенгламасига асосан:

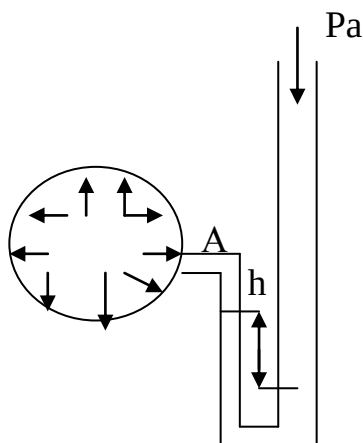
$$\rho + \gamma_{\text{см}} h_{\text{см}} = \rho_0$$

у холда

$$\rho = \rho_0 - \gamma_{\text{см}} h_{\text{см}} \quad (2.17)$$

симоб устунининг пасайиши идишдаги босим ва ρ_0 оркали куйидагича ифодаланади:

$$h_{\text{см}} = \rho_0 - \rho / \gamma_{\text{см}} \quad (2.18)$$



1.15 – расм. Вакуумметр.

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

а) Пружинали манометр (1.16 - расм) ичи буш юпка эгик латунь 1 найчадан иборат булиб, унинг бир учи кавшарланган. Шу учи занжир 2 билан тишли узатма 3 га илаштирилган булади.

Иккинчи учи эса босими улчаниши зарур булган идишга буйин 4 оркали тугаштирилади. Эгик латунь найча, хаво босими таъсирида тугриланишга харакат килиб, тишли узатма ёрдамида стрелканинг бурилишига сабаб булади. Бундай манометрларда босимни курсатувчи шкала бор.

1.16 – расм. Пружинали манометр.

б) Мембранали манометр (1.17) – юпка металл пластинка ёки резинка шимдирилган материалдан тайёрланган пластинкага эга булиб, у мембрана дейлади. Суюклик босими идиш билан туташтирувчи буйинча оркали утиб, мембранани эгади. Бу эгилиш натижасида ричаглар тизим оркали стрелка харакатга келади ва шакла буйлаб сурилиб, босимни курсатади.

Паскаль конуни

Суюклик солинган ва огиз поршень билан ёпилган бирор идиш оламиз. Суюклик эркин сиртидаги босим ρ_0 булсин. У холда ихтиёрий А нуктадаги абсолют босим куйидагига тенг булади:

$$\rho_A = \rho_0 + \gamma h_A$$

В ва С нукталарда эса $\rho_B = \rho_0 + \gamma h_B$, $\rho_C = \rho_0 + \gamma h_C$.

Агар поршенни Δt масофага (1.18 - расм) силжитсак, у холда суюклик эркин сиртидаги босим $\Delta\rho$ га узгаради. Суюкликнинг солиштира огирлиги босим узгариши билан деярли узгармайди. Шунинг учун А, В ва С нукталардаги босим куйидаги булади:

$$\rho'_A = \rho_0 + \Delta\rho + \gamma h_A,$$

$$\rho'_B = \rho_0 + \Delta\rho + \gamma h_B,$$

$$\rho'_C = \rho_0 + \Delta\rho + \gamma h_C,$$

Бу холда босимнинг узгариши хамма нукталар учун хар хил булади, яъни

$$\rho'_A - \rho_A = \Delta\rho,$$

$$\rho'_B - \rho_B = \Delta\rho,$$

$$\rho'_C - \rho_C = \Delta\rho,$$

Бундан куйидагича хулоса келиб чиқади: ёпик идишдаги суюкликка ташкаридан берилган босим суюкликнинг ҳамма нукталарига бир хил миқдорда (узғаришсиз) таркалади. Бу Паскаль қонуни сифатида маълум. Қўпгина гидромашиналарнинг тузилиши ана шу қонунга асосланган (масалан, гидропресс, домкратлар, гидроаккумуляторлар, ҳажмий гидроюртма ва ҳоказо).

VI – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Туташ идишлар. Жисмларни суюкликда сузиши.

Маъруза режаси:

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

Таянч суз ва иборалар.

Туташ идишлар, суюклик босими, жисмларни суюкликда калкиш, зичлик, ҳажм.

Гидростатик машиналар.

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

1.19 – расм. Гидропресслар схемаси.

а) Гидропресслар (1.19 - расм) гидростатик конунлар асосида катта кучлар хосил килиш учун фойдаланилади. Бу нарса пресслаш, штамплаш, тоблаш, материалларни синаш ва бошка ишлар учун керак. Улар икки хил диаметрли узаро тугаштирилган икки цилиндрдан иборат булиб, биринчи цилиндрда диаметри d_1 , катта цилиндрда эса диаметри d_2 га тенг булган икки поршень харакатланади. Кичик поршенга ОАВ рычаг оркали куч куйилади. Катта поршенга стол урнатилиб, бу стол билан D девор уртасига прессловчи буюм куйилади. Рычаг кул билан ёки двигатель ёрдамида харакатга келтирилади. Кичик поршень куч таъсирида пастга караб силжийди ва суюкликка босим беради. Бу босим катта цилиндрга хам таркалади ва натижада столли поршень харакатга келади. Бундай харакат стол устидаги буюм девор D га такалгунча давом этади. Столнинг бундан сунги кутарилиши натижасида буюм сикила боради ва у прессланади.

Айтилган усулдан факат жисмларни кутаришда фойдаланилса, у холда конструктив схемада D девор булмайди. Бу холда бизнинг машина гидростатик кутаргичга айланади. Энди, гидропрессларда кучларнинг муносабатини топамиз, ОАВ рычагининг B учига Q куч куйилган булсин. У холда куч моменти учун куйидаги тенгламани оламыз:

$$Q(a + b) = P_1 b$$

Бу тенгламадан кичик поршенга таъсир килувчи кучни топамиз:

$$P_1 = a + b / b Q$$

У холда кичик поршень остидаги суюклик босими

$$\rho = P_1 / S_1 = a + b / b \Delta Q / \pi d^2$$

га тенг булади. Катта поршень остидаги босим эса

$$\rho + \gamma h = a + b / b \Delta Q / \pi d^2 + \gamma h \quad (2.20)$$

Бу ерда h поршенларнинг остки сиртлари орасидаги геометрик масофа.

Натижада катта поршенга таъсир килувчи куч куйидагича топилади:

$$P_2 = (\rho + \gamma h) S_2 = (a + b / b \Delta Q / \pi d^2 + \gamma h) \pi d_2^2 / 4 \quad (2.21)$$

Купгина холларда гидропрессларда гидростатик босим жуда катта булгани учун γh ни ташлаб юборсак хам булади, яъни:

$$P_2 = a + b / b (d_2 / d_1)^2 Q \quad (2.22)$$

Биз келтирган схема соддалаштирилган булиб, гидропрессларда жуда куп ёрдамчи кисмлар булади. Амалда гидропрессларда суюкликни поршень ва цилиндрлар орасидан сизиб утиши, туташтирувчи кувурлардаги каршилиқ кучи хисобига катта поршенга таъсир килувчи куч юкорида келтирилган назарий хисобдан фарк килади ва куйидаги формула оркали хисобланади:

$$P_2^1 = a + b / b (d_2 / d_1)^2 Q \times \eta \quad (2.23)$$

Бу ерда η юкорида айтилган хатоликларни уз ичига олувчи коэффициент булиб, у фойдали иш коэффициенти деб аталади. Амалда бу коэффициент киймати 0,75 билан 0,85 уртасида булади. Келтирилган хисобдан курииб турибдики, цилиндрларнинг диаметри ва ричагнинг елкасини танлаб олиш йули билан прессловчи кучни истаганча катта килиш мумкин. Амалда эса жуда катта кучлар пайдо булганда цилиндрлар девори деформацияланиши ва хатто бузилиши мумкин. Бу эса кушимча кийинчиликлар тугдиради. Хозирги вақтда мавжуд гидропрессларда 500 т гача куч хосил килиш мумкин, айрим холларда эса (мустахкам материалларни пресслашда) куч 4000 – 8000 т га хам етади.

б) Гидроаккумуляторлар. Гидравлик тизимларда босим ва суюклик сарфининг ортиб кетиши ва камайиш холлари булади. Босим ва сарфни меъёрлаштириш учун мана шу холларда гидроаккумуляторлардан фойдаланилади. Улар суюклик сарфи ёки босим ортиб кетганда, юкори босимли суюкликнинг бир кисмини уз ичига олиб, тизимдаги босим ва сарф камайтирилса, тескари холда, узидаги суюкликни тизимга бериш йули билан босим ва сарфни оширади. Гидроаккумуляторлар гидротормозлар, кутаргичлар, пресслар, чигирлар ва бошка гидромашиналарда кулланилади.

Потенциал энергиянинг кайси усул билан тупланиши ва кайтариб берилишига караб пневматик, пружинали ва юкли гидроаккумуляторларга цилиндр, унинг ичида харакатланувчи ва юк ортилган елка (обкаш) ли плунжердан иборат булиб, цилиндрга гидротизимнинг суюклик харакат килувчи кисмлари кувур оркали туташтирилган булади. Тизимда босим ортиб кетса, суюклик цилиндрга утиб юкли плунжерни кутаради, босим камайганда эса плунжер пастга тушиб суюклик тизимдан пастга караб окади. Натижада босимнинг узгариши текисланади.

1.20 – расм пневматик гидроаккумуляторлар тасвирланган. У корпус 1, диафрагма 2 дан тузилган булиб, штуцер 4 оркали гидротизимга уланган булади. Штуцер 5 гидроаккумуляторни газ билан тулдириш учун хизмат килади. Шайба 3 эса газнинг резина диафрагмани корпусга босиб (аккумуляторда босим камайганда) эзиб куйишидан саклайди.

Диафрагмани харакатга келтирувчи куч:

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

Суюкликда ишканаланиш кучи F_2 мавжуд. У холда диафрагмага таъсир этувчи куч оркали хакикий босим куйидагича аникланади:

$$p = (P_1 - P_2) S + F_2 / S \quad (2.25)$$

Бу холда хакикий бажарилган иш

$$A_x = \eta A = \eta \int p_a h d h \quad (2.26)$$

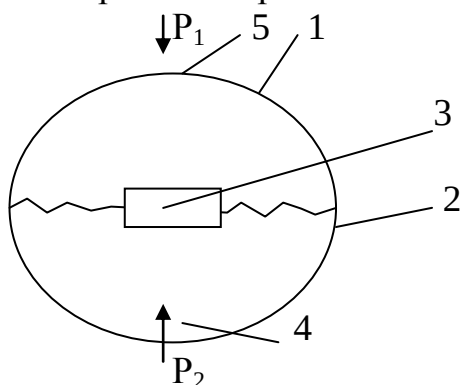
бу ерда η - гидроаккумуляторларнинг фойдали иш коэффициенти.

Гидротизимда гидропрессга суюклик окиб утганида юз берадиган каршиликлини хисобга олиш мумкин эди. Бу гидроаккумуляторга суюклик утиши тугалланмаган такдирдагина керак. Бошка хамма холларда юкоридаги формула гидроаккумуляторларни хисоблаш учун уринли булади.

в) Гидромультипликаторлар гидротизимдагии босимни, бу вазифа куп холларда хусусан гидроаккумуляторлар етарли босимни таъминлаб беролмаганда мухим ахамиятга эга. 1.21 – расмда гидромультипликаторларни соддалаштирилган тасвири келтирилган. У дифференциал цилиндрда харакатланувчи деференциал поршендан ташкил топган. Бушлик 1 гидротасвирга уланган, бушлик 2 ортикча схемани ортиб кетиши учун, бушлик 3 эса суюкликнинг – гидротизимнинг иш бажарувчи органига боғланган. Бушлик 2 даги чегирма босимни хисобга олганимизда учинчи бушликдаги босим куйидаги формула ёрдамида хисобланади:

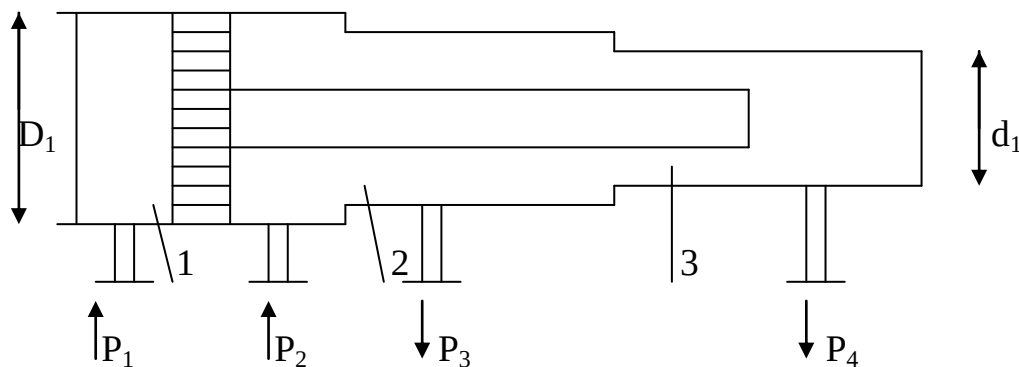
$$p_3 = p_1 (D_1 / d_3)^2 \eta \times \eta_{\text{мех}} \quad (2.27)$$

бу ерда η_1 – гидравлик каршиликларни хисобга олувчи коэффициент, $\eta_{\text{мех}}$ – механик каршиликларни хисобга олувчи коэффициент.



1.20– расм. Пневматик гидроаккумуляторнинг тасвири.

Гидромультипликаторларнинг сарфи суюклик сарфининг кичик кийматлари учун ишлатилади. Суюклик сарфи катта узгаришларга тугри келганда бунга караганда бошқачарок схемалар ишлатилади.



1.21 – расм. Гидромультипликаторларнинг чизмаси.

Текис сиртга таъсир килувчи босим.

а) Гидростатик гайритабийлик (парадокс). Бирор идишдаги суюкликнинг чуқурлиги h булсин, у холда ихтиёрий нуктадаги босим унинг суюклик ичида канча чуқурликда булганига боглик булади. А, В, С нукталардаги босимлар куйидагиларга тенг:

$$P_A = \gamma h_A; P_B = \gamma h_B; P_C = \gamma h_C$$

Суюклик тубидаги босим кучи эса

$$P = \gamma h S$$

га тенг. Демак, суюклик тубидаги босим кучи суюкликнинг огирлигига тенг булар экан.

1.22 – расмда хар хил шаклдаги идишлар тасвирланган ва барча идишлардаги суюкликнинг чуқурлиги h га, идиш тубининг сирти эса S га тенг.

Бу холда идиш тубига булган босим кучи идишларда

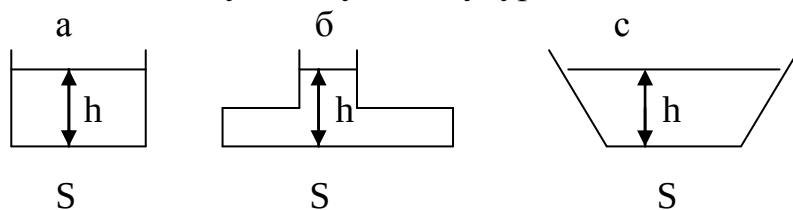
$$P_a = \gamma h S; P_b = \gamma h S; P_c = \gamma h S; P_d = \gamma h S \quad (2.28)$$

Яъни барча идишларда суюклик тубига булган босим кучи идишнинг шакли ва босим хосил килган суюкликнинг микдоридан катъи назар куйидагига тенг булади:

$$P = \gamma h S$$

Кандай килиб хажми ва огирлиги хар хил суюкликларнинг идиш тубига босими бир хил? Бу ерда физиканинг бирор конуни нотутри талкин килинаётгани йукмикан?

Гидравлик конунлари буйича суюкликдаги босим унинг шаклига боглик булмай, унинг чуқурлигига боглик.



1.22 – расм. Гидростатик даражасига доир чизма.

Бу ходиса гидростатик гайритабийлик деб аталади. Бу саволга жавоб олиш учун Паскаль конуни чуқуррок талкин килиш керак. Масалан, 1.22, б ва 1.22, с – расмларни текширсак, биринчи холда идишнинг юкоридаги деворларида босим юкорига йуналган булиб, реакция кучлари пастга йуналган, 1.22, с да эса аксинча.

Ана шу ходисалар гидростатик гайритабийликнинг мохиятини очиб беради.

б) Суюкликнинг кия сиртга босими.

Кушимча кия текисликка булган босим кучини аниклаш керак булади. Хусусий холда шитларга таъсир килувчи кучларни аниклаш худди шундай масалага олиб келади. Шитлардаги кучларни хисоблаш учун куйидаги масалани курамиз. Суюклик билан тулдирилган идиш олайлик. Унинг гаризонт билан α бурчак ташкил

этган кия сиртида S юзага тушадиган босим кучи аниклаймиз. Оу укини кия сирт йуналиши буйича, Ох укини эса унга тик йуналишда деб кабул киламиз (1.23 - расм). Бу холда S сиртдаги кичкина dS сиртгача булган босим куйидагича аникланади:

$$dP = dS (\gamma h + \rho_0) \quad (2.29)$$

Бу ерда γh – суюклик устунининг босими, ρ_0 – эркин сиртдаги босим. У холда S юзага таъсир килаётган тула босим куйидаги формула билан аникланади:

$$P_a = \int_{(S)} \gamma h dS + \int_{(S)} \rho_0 dS = \gamma \int_{(S)} h dS + \rho_0 \int_{(S)} dS$$

агар $h = y \sin \alpha$ эканлигини хисобга олсак:

$$P_a = \gamma \sin \alpha \int_{(S)} y dS + \rho_0 \int_{(S)} dS \quad (2.30)$$

бу ерда $\int_{(S)} y dS$ – сиртнинг Ох укига нисбатан статик моменти.

Статик момент хакидаги тушунчага асосан $\alpha \int_{(S)} y dS = S y_{o.m.}$

бу ерда $y_{o.m.}$ – огирлик марказининг координатаси. Расмдан куриниб турибдики,

$$y_{o.m.} \sin \alpha = h_{o.m.} \text{ демак } P_a = S (\gamma h_{o.m.} + \rho_0) \quad (2.31)$$

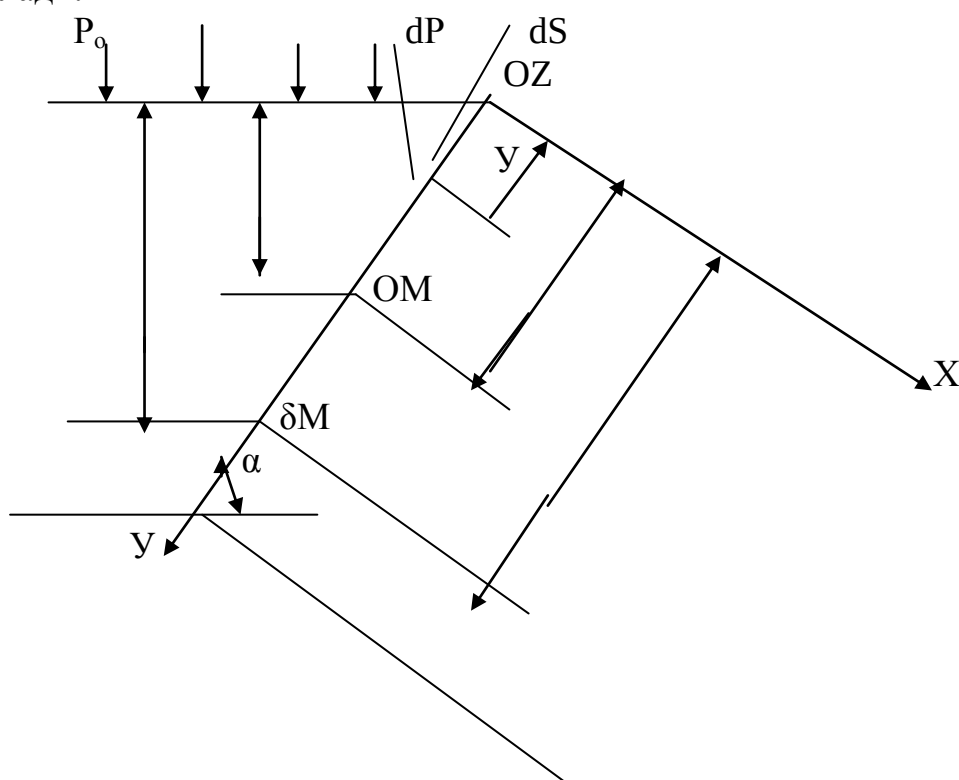
Агар тулик босим кучини атмосфера босими ва чегирма босимдан иборат десак

$$P_s = P_d + P_a$$

булади, бу ерда чегирма босим кучи куйидагига тенг:

$$P_u = \gamma h_{o.m.} S \quad (2.32)$$

Демак, кия юзага тушадиган босим кучи шу юза сирти билан унинг огирлик марказига таъсир килувчи босимнинг купайтмасига тенг булиб, гидростатик босим кучи $P_a = P_0 S$ ва чегирма босим кучи $P_u = \gamma h_{o.m.} S$ йигиндисига тенг булади. Биринчи куч юзанинг огирлик марказига куйилган булиб, иккинчи куч ундан пастрокка куйилган булади.



1.23 – расм. Кия сиртга тушадиган босимни хисобланган доир чизма.

с) Босим марказини топиш.

Чегирма босим тенг таъсир этувчини куйилиш нуктаси босим маркази деб аталади. Бу нуктани топиш шитларнинг улчамларини аниклаш учун керак булади. Шунинг учун босим маркази координатасини топиш шитларни хисоблашда жуда зарур. 1.23 – расмдан босим марказининг координатаси $y_{o.m}$ га тенг деб хисоблаб, S сиртга таъсир килаётган моментни аниқлаймиз:

$$P y_c = \int_{(S)} dPy = \int_{(S)} \gamma h dS \times y \quad (2.33)$$

Расмдан $h_{o.m} = y_{o.m} \sin \alpha$, $h = y \times \sin \alpha$ эканлиги куришиб турибди. У холда (2.33) муносабатдан куйидаги келиб чиқади:

$$S \times y_{o.m} \gamma_{b.m} \int_{(S)} y^2 dS = I_x \quad (2.34)$$

бу ерда $I_x = \int_{(S)} y^2 dS$ – куриляётган сиртнинг Ox укка нисбатан инерция моменти.

У холда (2.34) дан босим марказини топамиз:

$$y_{b.m} I_x / S \times y_{o.m} \quad (2.35)$$

Инерция моментини куйидагича ифодалаш мумкин:

$$I_x = I_{o.m} + S \times y_{o.m}^2 \quad (2.36)$$

бу ерда $I_{o.m}$ – куриляётган юзанинг унинг огирлик марказидан утувчи укка нисбатан инерция моменти.

**Жисмларнинг суюкликда сузиши.
Сузувчанлик.**

Жисмларнинг суюклик сиртига калкиб чиқиши ёки суюклик ичида сузиб юриши юкорида айтилган кучларнинг узаро нисбатига боғлиқ. Шунинг учун суюкликка ботирилган жисмларга таъсир этувчи кучларнинг (1.26 - расм) тенг таъсир этувчисини топамиз:

$$R = P_1 + P_2 - G = \gamma H_1 S + \gamma H_2 S - \gamma_1 V$$

ёки

$$R = \gamma (H_2 - H_1) S - \gamma_1 V$$

Бу кучни кутарувчан куч деб аталади.

$\Delta H = H_2 - H_1$ ва $\Delta H S = V$ эканлигини хисобга олсак, тенг таъсир этувчи кутарувчи куч

$$R = (\gamma n) V \quad (2.45)$$

Охирги муносабатдан куйидаги хулосалар келиб чиқади:

1. Агар $\gamma > \gamma_1$ булса, яъни жисмнинг солиштирма огирлиги суюкликниқидан кам булса, кутарувчи куч R мусбат булади (юқорига йуналган). Бу холда жисм сиртида калкиб юради.

2. Агар $\gamma = \gamma_1$ булса, яъни жисм билан суюклик солиштирма огирликлари тенг булса, у холда $R = 0$, яъни жисм суюклик ичида сузиб юради.

3. Агар $\gamma < \gamma_1$ булса, у холда кутарувчи куч манфий (пастга йуналган) булади ва жисм суюклик тубига чукади.

(2.45) дан жисмларнинг суюкликда сузувчанлиги, яъни маълум юк билан сузиб юриш қобилияти тугрисида ҳулоса чиқариш мумкин. Хар қандай калкиб юрувчи жисм сузувчанлик запасига эга булиб, бу унинг сузиб юришидаги хавфсизлигини таъминлайди. Сузувчанлик запаси жисмнинг суюклик сиртидан юқори қисмининг ҳажмидаги суюклик огирлигига тенг.

Сузувчанлик запаси P_c билан белгиланади ва қуйидагича топилади:

$$P_c = R / \gamma = \gamma - \gamma_1 / \gamma V$$

Сузувчи жисмнинг қанча қисми сувга ботиб туриши ва унинг сузишига таалукли бошқа қонуниятлар маълум булиб, биз улар ҳақида тухталиб утишимизга ҳожат йук.

Сузиб юрувчи жисм ҳақида яна қуйидаги тушунчаларни келтирамиз.

1. Сузиш текслиги – жисмни қесиб утувчи эркин сирт АВ.

2. Ватерчизик – сузиш текислиги билан жисм сиртининг қесишиш қизиги.

3. Сузаётган жисмнинг огирлик маркази (1.27 – расмда С нукта).

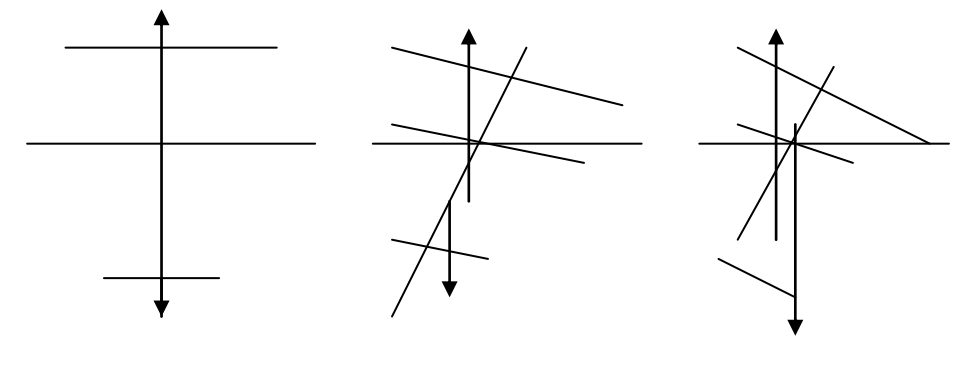
4. Сув сизими маркази ёки босим маркази (1.27 – расмда D нукта). Бу ерда сув сизими – жисмнинг сувга ботган қисми. Сув сизими маркази жисмнинг суюкликка ботган қисмига таъсир этувчи босимнинг тенг таъсир этувчиси қуйилган нукта булиб, у сувга ботган қисмнинг огирлик марказига жойлашган.

5. Сузиш уқи – сузаётган жисм нормал ҳолатида унинг уртасидан утган $0 - 0$ уқи (1.27 – расм, а).

6. Метамарказ – жисмнинг қия ҳолатида тенг таъсир этувчи босим қучи йуналишининг сузиш уқи билан қесишган нуктаси (1.27 – расм, б, в). Сузаётган жисмнинг огирлик маркази С у қиялигининг хар хил ҳолатида хар хил булади. Қиялик бурчаги 15^0 гача булганда D тахминан радиуси бирор r га тенг булган айлана ёйи буйича силжиб боради ва бу радиус D ва M орасидаги масофага тенг булиб, метамарказий радиус дейилади. M ва C орасидаги масофа метамарказий баландлик дейилади ва h харфи билан белгиланади.

Суюкликда сузаётган жисмнинг киялангандан кейин яна аввалги ҳолатига қайтиши тургунлик дейилади. Бу тушунчанинг тулик мазмунини тушунтириш учун қуйидагиларга тухталиб утамыз.

Нормал ҳолатда (1.27 – расм, а) огирлик маркази ва сув сигими маркази сузиш укида ётади. Огирлик кучи G ва босим P эса сузиш уки бўйича йуналган бўлади. Сузаётган жисм кийшайиши билан G ва P кучлар момент ҳосил қилади. Бу момент жисм кияланган томон йуналишда ёки унга тескари бўлиши мумкин.



1.27 – расм. Сузиб юривчи жисмларнинг турли ҳолатлари.

Агар G ва P кучларнинг моменти жисм кияланган томонга тескари йуналган бўлса, у тикловчи момент дейилади. Бундай ҳолат эса тургун ҳолат дейилади. Агар момент жисм кияланган томонга бўлса, уни ағдарувчи момент дейилади. Бу ҳолда жисм аввалги ҳолатига қайтмайди G ва P кучлар моментининг йуналиши бу кучларнинг қуйилиш нукталари яъни огирлик маркази C билан сув сигими маркази D нинг узаро ҳолатига боғлиқ. Бунда уч ҳол бўлиши мумкин:

1) агар метамарказ огирлик марказидан юкорида бўлса (1.27 – расм, б), G ва P кучларнинг моменти жисмни нормал ҳолатга қайтаради, яъни жисм тургун ҳолатда бўлади;

2) агар метамарказ огирлик марказидан пастда бўлса (1.27 – расм, в), G ва P кучларнинг моменти жисмни огдаришга ҳаракат қилади, яъни жисм нотургун ҳолатда бўлади;

3) агар метамарказ огирлик маркази устига тушса, у ҳолда суюкликда сузаётган жисм ҳолати тургунликка боғлиқ бўлмайди (масалан, шар учун). Тургунликка боғлиқ бошқа масалалар устида тухталиб утирмаймиз.

VII – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюкликлар кинематикаси ва динамикаси асослари.

Маъруза режаси:

1. Харакат турлари.
2. Окимчали ҳаракат хоссалари.
3. Окимнинг асосий гидравлик элементлари.

Таянч суз ва иборалар.

Текис ҳаракат, босимли ҳаракат, юза, кундаланг кесим, радиус, қўлланган периметр.

Суюкликлар кинематикаси ва динамикаси асослари. Суюкликларда ҳаракат турлари.

Гидравликанинг суюкликлар ҳаракат қонунлари ва уларнинг ҳаракатланаётган ёки ҳаракатсиз қаттиқ жисмлар билан узаро таъсирини урганувчи булими гидродинамика дейилади.

Ҳаракатланаётган суюклик вақт ва координата бўйича узгарувчи, турли параметрларга эга бўлган ҳаракатдаги моддий нукталар тупламидан иборат. Одатда суюкликни ўзи эгаллаб турган фазони бутунлай тулдириб туташи жисм деб қаралади. Бу деган суз текшириляётган фазонинг исталган нуктасини олсак, шу ерда суюклик заррачаси мавжуддир.

Гидродинамиканинг асосий масаласи. Ҳаракат турлари.

Суюклик ҳаракат қилаётган фазонинг ҳар бир нуктасида шу нуктасига тегишли тезлик ва босим мавжуд бўлиб, фазонинг бошқа нуктасига утсак, тезлик ва босим бошқа қийматга эга бўлади, яъни тезлик ва босим координаталар x , y , z га боғлиқ. Нуктадаги суюк заррачага таъсир қилаётган босим ва тезлик вақт ўтиши билан ўзгариб боришини табиатда кузатиш мумкин.

Тезлик ва босим майдонлари. Суюклик ҳаракат қилаётган фазонинг ҳар бир нуктасида ҳаёлан тезлик ва босим вертикаллари қуриб чиқсак, қуриляётган ҳаракатга мос келувчи тезлик ва босим тупламларини қуш олдимишга келтира оламиз. Ана шу усул билан тузилган тезлик туплами тезлик майдони дейилади. Шунингдек, босим векторларидан иборат туплам босим майдони деб аталади.

Тезлик ва босим майдонлари вақт утиши билан узгариб 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 уқларидаги проекциялари u_x, u_y, u_z бўлади.

Юқорида айтиб утилганга асосан суюқлик параметрлари функция қуринишида ёзилади.

$$\begin{aligned} p &= \int_1 (x, y, z, t) \\ u &= \int_2 (x, y, z, t) \end{aligned} \quad (3.1)$$

тезлик проекциялари ҳам функциялардир;

$$\begin{aligned} u_x &= \int_3 (x, y, z, t) \\ u_y &= \int_4 (x, y, z, t) \\ u_z &= \int_5 (x, y, z, t) \end{aligned}$$

Бу келтирилган функцияларни аниқлаш ва улар уртасидаги узаро боғланишни топиш гидродинамиксининг асосий масаласи ҳисобланади.

Харакат турлари. Харакат вақтида суюқлик оқётган фазонинг ҳар бир нуктасида тезлик ва босим вақт утиши билан узгариб турса, бундай ҳаракат бекарор ҳаракат дейилади. Табиатда дарё ва каналлардаги сувнинг ҳаракатлари, техникада қувурлардаги суюқликнинг ҳаракати ва механизмлар қисмларидаги ҳаракатлар асосан бошланганда ва қуп ҳолларда бутун ҳаракат давомида бекарор бўлади. Агар суюқлик оқётган фазонинг ҳар бир нуктасида тезлик ва босим вақт бўйича узгармай фақат координаталарга боғлиқ, яъни

$$\begin{aligned} p &= \int_1 (x, y, z, t) \\ u &= \int_2 (x, y, z, t) \end{aligned} \quad (3.2)$$

булса, у ҳолда ҳаракат бекарор дейилади. Бу ҳолда қувурларда ва каналларда суюқлик маълум вақт оқиб турганидан кейин юзага келиши мумкин. Бекарор ҳаракат икки турда бўлиши мумкин: текис ва нотекис ҳаракатлар. Суюқлик заррачаси ҳаракат йуналиши бўйича вақт утиши билан ҳаракат фазосининг бир нуктасидан иккинчи нуктасига утганда тезлик узгариб борса, ҳаракат нотекис ҳаракат бўлади. Нотекис ҳаракат вақтида суюқлик ичида босим ва бош гидравлик қурсаткичлар узгариб боради. Нотекис ҳаракатни кесими узгариб бораётган шиша қувурда қузатиш жуда қулайдир.

Борди – ю суюқлик заррачаси ҳаракат йуналиши бўйича вақт утиши билан ҳаракат фазосининг бир нуктасидан иккинчи нуктасига утганда тезлигини узгартирмаса, бундай ҳаракат текис ҳаракат дейилади. Текис ҳаракат вақтида суюқликнинг гидравлик қурсаткичлари узгармайди. Текис ҳаракатда кесими узгармайдиган

кувурлардаги суюкликнинг ва киялиги бир хил каналлардаги сув окими мисол була олади.

Суюклик окимига босимнинг таъсирига караб босимли ва босимсиз ҳаракатлар булади.

Босим ва огирлик таъсирида буладиган ҳаракатлар босимли ҳаракат деб аталади. Босимли ҳаракат вақтида суюклик ҳар томондан деворлар билан уралган бўлиб, эркин сирт бўлмайди (яъни суюкликнинг босим чикиб кетишига ҳеч қандай имконият йук). Бундай ҳаракатга босимли идишдан кувурга утаётган суюклик ҳаракати мисол булади.

Босимсиз ҳаракат вақтида суюклик фақат огирлик кучи таъсирида ҳаракат қилиб эркин сиртга эга булади. Бундай ҳаракатга дарёлардаги, каналлардаги сувнинг ва кувурлардаги тулмасдан оқаётган сувларнинг ҳаракатлари мисол була олади. Булардан ташқари, суюкликларнинг секин узгарувчан ҳаракатлари ҳақида гапириш мумкин бўлиб, биз улар ҳақида тухталиб утирмаймиз.

Окимчали ҳаракат ҳақида асосий тушунчалар.

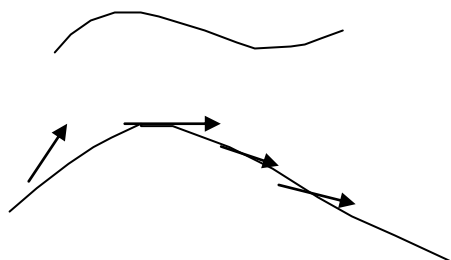
Оким чизиги, оким найчаси ва окимча. Суюклик окимлари.

Одатда, бирор воқеа ёки ҳодисани текширишда уни бутунлигича текшириб бўлмагани учун бирор соддалаштирилган тасвири текширилади. Гидравликада суюклик ҳаракати қонуниятларининг табиатини энг яхши ифодалаб берувчи схема суюклик окимини элементар окимчалардан иборат деб қаровчи тасвир ҳисобланади. Бунинг гидравликада «суюклик ҳаракатининг оким модели» деб аталади. Бу модел асосида оким чизиги, оким найчаси ва окимча тушунчалари ётади.

а) Оким чизиги – суюклик ҳаракат қилаётган фазода суюкликнинг бирор заррачасининг ҳаракатини қўзғатсак, унинг вақт ўтиши билан фазода олдинма – кейин олган ҳолатларини 1, 2, 3... (1.28 – расм, а) нуқталар билан ифодалашсак ва бу нуқталарда ҳаракатдаги заррача (3.1) ва (3.2) га асосан ҳар хил тезлик ва босимларга эга булади. Шу нуқталарни ўзаро туташтирсак, суюклик заррачасининг траекторияси ҳосил булади.

Энди, суюклик заррачасининг тезлигини қўзғатамиз. Заррачанинг А нуқтадаги тезлик вектори u_A ни қўриқётган вақт учун қўрамиз. Шу вектор давомида кичик dl_1 масофадаги В нуқтада, ҳаракатдаги суюклик заррачасининг В нуқтага тегишли тезлик вектори u_B ни қўрамиз. Ҳосил бўлган янги вектор давомида кичик dl_2 масофадаги С нуқтада, шу нуқтага тегишли заррача тезлигининг вектори u_C вектор давомида dl_3 масофадаги D нуқтада шу нуқтага тегишли заррача тезлигининг u_D векторини қўрамиз ва х.к. Натижада

ABCDE (1.8 – расм, б) синик чизикни хосил киламиз. Агар dl_1 , dl_2 , dl_3 ларни чексиз кичрайтириб бориб, нолга интилтирсак, ABCDE урнида бирор эгри чизикни оламиз. Бу эгри чизик оким чизиги деб аталади.



1.28 – расм. Оким чизигини тушунтиришга оид чизма.



1.29 – расм. Оким найчаси элементар окимча ва оким.

Демак, суюклик ҳаракатланаётган фазода олинган ва берилган вақтда ҳар бир нуктасида унга утказилган уринма шу нуктага тегишли тезлик вектори йуналишига мос келувчи эгри чизик оким чизиги деб аталади. Бекарор ҳаракат вақтида тезлик ва унинг йуналиши вақт давомида узгариб тургани учун траектория билан оким чизиги бир хил булмайди. Бекарор ҳаракат вақтида эса тезлик векторининг нукталардаги ҳолати вақт утиши билан узгармагани учун траектория билан оким чизиги устма – уст тушади.

Оким найчаси ва элементар окимча. Энди, суюклик ҳаракатланаётган соҳада бирор D нукта олиб, шу нукта атрофида чексиз кичик dl контур оламиз ва контурнинг ҳар бир нуктасидан оким чизиги утказамиз. У ҳолда оким чизиклари оким найчаси деб аталувчи найча ҳосил килади (1.29 – расм, а). Оким найчаси ичида оқаётган суюклик элементар окимча деб аталади. Элементар окимчалар бекарор ҳаракат вақтида куйидаги хусусиятларга эга.

1. Оким чизиклари вақт утиши билан узгармагани учун улардан ташкил топган элементар окимча уз шаклини узгартирмайди.

2. Бир окимчада оқаётган суюклик заррачаси бошқа ёнма – ён окимчаларга ута олмайди. Шунинг учун элементар окимчаларнинг ён сирти окимча ичидаги заррачалар учун ҳам утказмас сирт булади.

3. Элементар окимча кундаланг кесими чексиз булгани учун бу кесимдаги барча нукталарда суюклик заррачаларининг тезлиги узгармасдир.

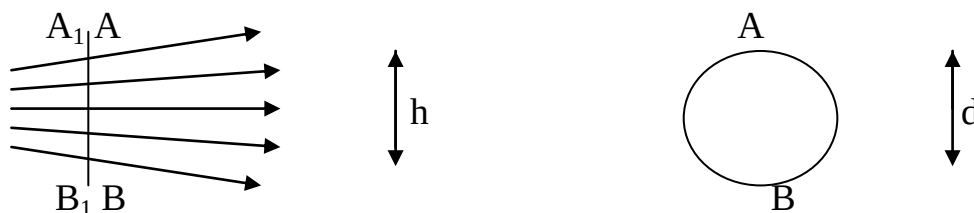
Энди бирор S юза олиб, уни чексиз куп dS_1, dS_2, dS_3 элементар юзаларга ажратиш мумкин (1.29 – расм, б). Шунинг учун юзадан окиб утаётган суюклик окимчаси чексиз куп элементар окимчалардан ташкил топган булади ва хар бир элементар окимчада суюклик тезлиги бошка элементар окимчалардагидан фарк килади.

Окимнинг асосий гидравлик элементлари.

Суюклик окимининг текширишда оким конунларини математик ифодалаш учун уни гидравлик ва геометрик нуктаи назардан характерловчи: 1) харакат кесими; 2) суюклик сарфи; 3) уртача тезлик; 4) намланган периметр; 5) гидравлик радиус каби тушунчалар киритилади.

Харакат кесими деб шундай сиртга айтиладики, унинг хар бир нуктасидан оким чизиги нормал буйича йуналган булади. Умумий холда харакат кесими эгри сирт булиб (1.30 – расм, а), параллел окимчали харакатлар учун текисликнинг булагидан иборат (яъни текис сиртдир) (1.30 – расм, б, с).

Масалан, радиал таркалаётган суюклик окими учун харакат кесими сферик сирт булса (1.30 – расм, а) узанда ва кувурда харакат килаётган окимнинг харакат кесими текис сиртдир (1.30 – расм, а, с). Шунга асосан параллел окимчали харакатга эга булган окимларнинг харакат кесими учун куйидагича таъриф бериш мумкин: окимнинг умумий оким йуналишига нормал булган кундаланг кесими харакат кесими деб аталади. Оким харакат кесимининг юзи ω харфи билан белгиланади.



1.30 – расм. Харакат кесимига оид чизма.

Вакт бирлигида окимнинг берилган харакат кесими оркали окиб утаётган суюклик микдори суюклик сарфи деб аталади. Сарф Q харфи билан белгиланади ва л/с, м³/с, см³/с ларда улчанади. Элементар юза буйича сарфни dq билан бирлик юза буйича сарф q билан белгиланади. 1.31 – расмда кувурдаги (а) ва каналдаги (б) окимлар учун тезлик эпюралари келтирилган. Тезлик суюклик

окаётган идиш деворларида нолга тенг булиб, девордан узоклашган сари катталашиб бориши расмда куришиб турибди. Кувурда тезликнинг энг катта киймати унинг уртасида булса, каналга эркин сиртга якин ерда булади. Ихтиёрий элементар окимча учун элементар сарф $dQ = u x d\omega$ га тенг. Оким чексиз куп элементар окимчалардан ташкил топгани учун элементар сарфларнинг йигиндиси, яъни бутун окимнинг сарфи интеграл куринишда куйидагича ифодаланади:

$$Q = \int_{\omega} u x d\omega \quad (3.3)$$

бу ерда ω - ҳаракат кесими;

$d\omega$ - ҳаракат кесимининг элементар окимчага тегишли булаг.

Суюклик заррачаларининг хаммаси бир хил тезлик билан ҳаракатлангандаги сарф, хакикий ҳаракат вақтидаги сарфга тенг буладиган тезлик, уртача тезлик деб аталади.

Бу холда суюклик сарфи уртача тезлик оркали куйидагича ифодаланади.

$$Q = V x \omega$$

Ҳаракат кесими ва суюклик ҳаракат килаётган соҳа учун умумий булган чизик хулланган периметр дейилади ва z харфи билан ифодаланади. Ҳаракат кесимининг хулланган периметрга нисбати гидравлик радиус деб аталади.

$$R = \omega / x$$

Цилиндрлик кувурлар учун $\omega = \pi d^4 / 4$, $x = \pi d$ булгани сабабли гидравлик радиус диаметрнинг туртдан бирига тенг: $R = d / 4$.

VIII – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Элементлар окимча учун Бернулли тенгламаси.

Маъруза режаси:

1. Идеал суюкликлар учун Бернулли тенгламаси.
2. Бернулли тенгламасининг хадлари.
3. Бернулли тенгламасининг геометрик ва энергетик мазмунлари.

Таянч суз ва иборалар.

Идеал суюклик, пьезометрик баландлик, гидравлик баландлик, холат баландлик, тезлик берган баландлик.

Элементар окимча учун Бернулли тенгламаси.

Юкорида келтирилган тенгламалар тизимларини ечиш йули билан суюклик харакатланаётган фазонинг хар бир нуктасидаги тезлик ва босимни топиш мумкин. Лекин бу тизимларни ечиш катта кийинчиликлар билан амалга оширилади, куп холларда эса хатто ечиш мумкин эмас. Шунинг учун гидравликада, купинча, уртача тезликни топиш билан чегараланишга тугри келади. Бунинг учун, одатда, Бернулли тенгламасидан фойдаланилади. Биз бу ерда Бернулли тенгламасини икки хил усулда куриб чикамиз.

Биринчи усул Эйлер тенгламасидан фойдаланиш йули билан амалга оширилади. Бунинг учун (3.18) тизимнинг биринчи тенгламасини dx га, иккинчи тенгламасини dy га, учунчи тенгламасини dz га купайтирамыз ва хосил булган учта тенгламани кушамиз. Натижада куйидаги тенгламаларга эга буламиз:

$$(du_x/dt)dx + (du_y/dt)dy + (du_z/dt)dz + Xdx + Ydy + Zdz(1/p)\{(\partial_p/\partial_x)dx + (\partial_p/\partial_y)dy + (\partial_p/\partial_z)dz\} \quad (3.30)$$

(3.21) муносабатдан куришиб турибдики.

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

Шу муносабатдан фойдаланиб, (3.30) тенгламанинг чап томонини куйидаги куринишга келтирамыз:

$$(du_x/dt)u_x dx + (du_y/dt)u_y dy + (du_z/dt)u_z dz = u_x du_x + u_y du_y + u_z du_z = (1/2)d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) \quad (3.31)$$

лекин

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

булгани учун (3.30) тенгламанинг чап томонини куриниши куйидагича булади:

$$1/2 (d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2)) = 1/2 (d(u^2)) \quad (3.32)$$

(3.30) нинг унг томонидаги $Xdx + Ydy + Zdz$ бирор куч потенциалининг тулик дифференциалидир. Агар шу потенциални $F = f(x, y, z)$ билан белгиласак, у холда куйидагига эга булади.

$$Xdx + Ydy + Zdz = dF \quad (3.33)$$

Одатда, суюкликка таъсир килувчи масса куч огирлик кучидир. Бу холда декарт координаталар системасида куйидагича булади:

$$F = -gz \quad (3.34)$$

(3.30) тенгламанинг унг томонида яна босим билан ифодаланган муносабат булиб, у босимнинг тулик дифференциалини ифодалайди, яъни $(\partial_p/\partial_x)dx + (\partial_p/\partial_y)dy + (\partial_p/\partial_z)dz = dv$ (3.35)

(3.32), (3.33), (3.34) ва (3.35) ларни (3.30) тенгламага куйсак, у куйидаги куринишга келади $1/2(d(u^2)) + 1/p(dp) + d(gz) = 0$

Хосил булган тенгламани элементар окимчанинг 1 – 1 кесимида (1.33 – расм к.) 2 – 2 кесимигача интегралласак, куйидаги тенгламага эга буламиз: $u_1^2/2 + p_1/p + g_1 z_1 = u_2^2/2 + p_2/p + g_2 z_2$ (3.36)

Бу тенгликдаги хар бир хад масса бирлигига келтирилган. Агар уни куч бирлигига келтирсак, яъни g га икки томонини булиб юборсак, у холда $\rho x g = \gamma$ ни хисобга олиб, куйидагини оламиз:

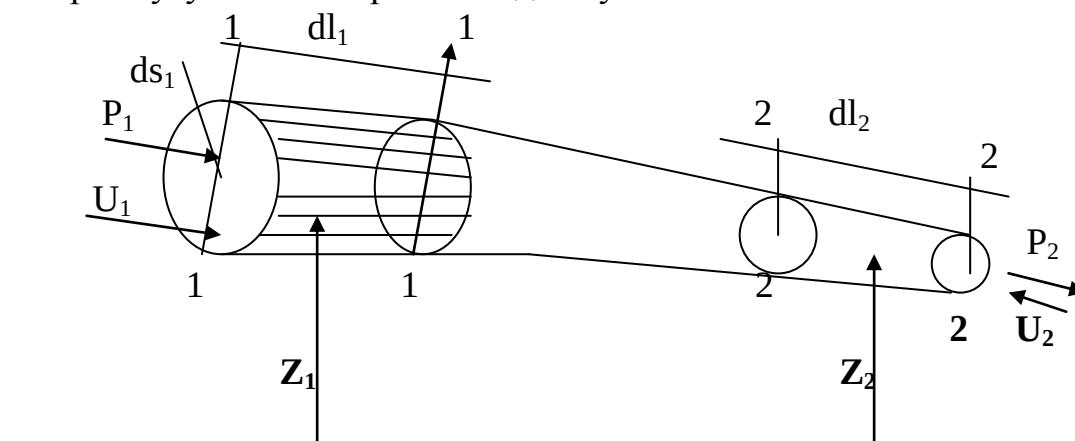
$$u_1^2/2g + p_1/\gamma + z_1 = u_2^2/2g + p_2/\gamma + z_2 \quad (3.37)$$

Охирги тенгламани 1738 йил Бернулли томонидан олинган булиб, унинг номи билан аталади ва гидравликада харакатнинг асосий тенгламаси булиб хизмат килади. Бу тенглама ихтиёрий иккита кесим учун олинган булиб, бу кесимларнинг элементар окимча йуналиши буйича каерда олиншининг ахамияти йук. Шунинг учун Бернулли тенгламасини куйидаги курунишда хам ёзиш мумкин:

$$u^2/2g + p/\gamma + z = \text{const} \quad (3.38)$$

Куруниб турибдики, Бернулли тенгламасида асосан z , p/γ , $u^2/2g$ катталикларнинг йигиндиси узгармас экан. Шундай килиб, бу тенглама тезлик u , босим p , зичлик ρ уртасидаги муносабатни ифодалайди.

Д.Бернуллининг узи юкоридаги тенгламани кинематик энергиянинг узгариши конунидан келтириб чикарган булиб, биз келтирган усул эса Эйлер томонидан кулланилган.



1.35 – расм. Бернулли тенгламасини келтириб чиқаришга доир чизма.

Иккинчи усул кинематик энергиянинг узгариши конунидан фойдаланиб бажарилади. Харакат йули 1 – 1 булган бирор элементар окимчанинг 1 – 1 ва 2 – 2 кесимлар билан ажратилган булагини оламиз. У холда бу булак dt вақтда харакат килиб 1 – 1 ва 2 – 2 кесмалари орасидаги холатга келади (1.35 - расм). 1 – 1 кесимнинг юзаси эса dS_1 , унга таъсир килувчи куч P_1 , тезлик эса u_1 булсин. Кинематик энергиянинг узгариш конунини элементар окимчанинг ана шу харакатдаги булагини тадбик киламиз. Бу конун буйича бирор жисм харакати вақтида унинг кинематик энергиясининг узгариши, шу жисмга таъсир килаётган кучларнинг бажарган

ишларининг йигиндисига тенгдир. Бу гапнинг математик ифодаси куйидагича булади:

$$d(mu^2/2) = \Sigma P l \quad (3.39)$$

бу ерда $d(mu^2/2)$ - кинематик энергиянинг dt вақтда узгариши;

$\Sigma P l$ – барча кучлар бажарган ишларнинг йигиндис.

Энди элементар оқимча булагининг dt вақт ичида $1^1 - 1^1$ ва $2^1 - 2^1$ кесимлар орасидаги ҳолатга келадиган кинетик энергиясининг узгаришини кураимиз. Харакат барқарор бўлгани учун бу узгариш $1 - 1$ ва $1^1 - 1^1$ орасидаги булак билан $2 - 2$ ва $2^1 - 2^1$ орасидаги булак кинетик энергиялари айирмасига тенг.

$1 - 1$ ва $1^1 - 1^1$ орасидаги булакнинг кинематик энергияси (унинг массаси, m_1 бўлса) $m_1 u_1^2/2$ га тенг булади. $2 - 2$ ва $2^1 - 2^1$ орасидаги булакнинг кинематик энергияси эса $m_2 u_2^2/2$ га тенг. Демак курилатган $1 - 1$ ва $2 - 2$ орасидаги булакнинг кинетик энергияси dt вақтда куйидаги микдорда узгарган экан:

$$m_2 u_2^2/2 = (m_1 u_1^2/2) \quad (3.40)$$

Иккинчи томондан, $1 - 1$ ва $1^1 - 1^1$ орасидаги булакнинг массаси унинг хажми $dS_1 dl$ нинг зичликка купайтмасига тенг, яъни

$$m_1 = \rho dS_1 dl_1$$

Шунингдек, $2 - 2$ ва $2^1 - 2^1$ орасидаги булакнинг массаси

$$m_2 = \rho dS_2 dl_2$$

dl_1 ва dl_2 – dt вақт ичида $1 - 1$ ва $2 - 2$ кесимларининг юрган йулини курсатади, шунинг учун

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

у ҳолда m_1 ва m_2 учун куйидаги муносабатни олаимиз:

$$m_1 = \rho dS_1 u_1 dt; \quad m_2 = \rho dS_2 u_2 dt$$

Бу муносабатни (3.40) га куйсак ва узилмаслик тенгламасидан $\rho = u_1 dS_1 = u_2 dS_2$ эканлигини назоратга олсак, кинетик энергиянинг узгариши куйидагича ифодаланади:

$$(m_2 u_2^2/2) - (m_1 u_1^2/2) = b(qdt u_2^2/2) - b(qdt u_1^2/2) = b q dt \{ (u_2^2/2) - (u_1^2/2) \} \quad (3.42)$$

Энди, бажарилган ишларни текшираимиз. Улар $1 - 1$ ва $2 - 2$ кесимларга таъсир килувчи гидродинамик кучларнинг ва оғирлик кучининг ишларидир. Элементар оқимчанинг ён сиртларига таъсир килувчи босим кучининг бажарган иши эса нолга тенг эканлиги ҳаракатнинг барқарорлигидан куринади.

$1 - 1$ кесимга таъсир этувчи p_1 босимнинг бажарган ишини A_1 , $2 - 2$ кесимга таъсир этувчи p_2 босимнинг бажарган ишини A_2 билан белгилаймиз. У ҳолда 1.35 – расмда куришиб турибдики.

$$A_1 = p_1 dS_1 dl_1$$

$$A_2 = p_2 dS_2 dl_2$$

(3.41) назарга олсак ва узилмаслик тенгламасидан фойдалансак, куйидаги муносабат келиб чиқади:

$$A_1 = \rho_1 q dt; \quad A_2 = \rho_2 q dt$$

Огирлик кучи бажарган ишни A_3 деб белгилаймиз. Бу иш (1 – 1 ва 2 – 2 кесимлар орасидаги булак уз ҳолатини саклагани учун) 1 – 1 ва 1¹ – 1¹ орасидаги булак билан 2 – 2 ва 2¹ – 2¹ орасидаги булаклар огирликларини улар марказларнинг вертикал уки бўйича ҳолатлари z_1 ва z_2 нинг айирмасига купайтирилганига тенг, яъни

$$A_3 = G (z_1 - z_2)$$

лекин

$$G = \gamma d S_1 dt_1 = \gamma d S_1 u_1 dt_1 = \gamma q dt$$

булгани учун

$$A_3 = \gamma q dt (z_1 - z_2)$$

Энди, (3.42), (3.43) ва (3.44) ларни (3.39) га куйсак, элементар окимча учун кинетик энергиянинг узгариш қонунини оламиз

$$P q dt \{ (u_2^2/2 - u_1^2/2) \} = p_1 q dt - p_2 q dt + \gamma q dt (z_1 + z_2)$$

бу ерда p_2 куч суюклик ҳаракатига тесқари йуналган булгани учун тенгламанинг унғ томонидаги иккинчи ҳад (яъни A_2) манфий ишора билан олинди. Охирги тенгламанинг икки томонини $\gamma q dt$ га булсак:

$$u_2^2/2g - u_1^2/2g = p_1/\gamma - p_2/\gamma + z_1 - z_2$$

Бир хил индексли ҳадларни гуруҳлаб жойлаштирсак, Бернулли тенгламаси ҳосил булади:

$$u_1^2/2g + p_1/\gamma + z_1 = u_2^2/2g + p_2/\gamma + z_2 \quad (3.45)$$

Шундай қилиб, элементар окимча учун Бернулли тенгламаси кинетик энергиянинг узгариш қонунини ифодалар экан.

Бернулли тенгламасининг геометрик, энергетик ва физик мазмунлари.

Бернулли тенгламасининг ҳар бир ҳади узининг геометрик ва энергетик мазмунларига эга. Буни аниқлаш учун бирор элементар окимча олиб, унинг 1 – 1, 2 – 2 ва 3 – 3 кесимларини курамиз (1.36 - расм). Бу кесимларнинг огирлик маркази бирор 0 – 0 текисликдан z_1 , z_2 ва z_3 масофаларда булсин. Булар киёсий текислик 0 – 0 дан элементар окимчанинг геометрик баландликларини курсатади. Энди олинган 1 – 1 ва 2 – 2 ва 3 – 3 текисликлар марказида пьезометр (туғри шиша найча) ва учи этилган шиша найчалар урнатамиз. Бу ҳолда пьезометрларда суюклик кесимлар огирлик марказига нисбатан маълум баландликларга кутарилади. Бу кутарилиш гидростатика қисмида курганимиздек кесимларда

$$h_1 = P_1/\gamma, \quad h_2 = P_2/\gamma, \quad h_3 = P_3/\gamma,$$

га тенг булади.

h_1 , h_2 , h_3 лар пеъзоетрик баландликлар деб аталади. Одатда, пеъзоетрлар ёрдамида трубалар ва суюклик харакат килаётган бошка идишларда гидродинамик босим улчанади.

1.36 – расм. Бернулли тенгламасининг геометрик, энергетик ва физик мазмунларига доир чизма.

Учи эгилган шиша найчаларда суюклик пеъзоетрларидагига караганда баландрокка кутарилади. Бунинг сабаби шундаки, учи эгилган шиша найчаларда унинг эгилган учи суюклик харакати йуналишида булиб, гидродинамик босимга кушимча суюклик тезлигига боглик булган босим пайдо булади. Бундан суюклик заррачаларининг инерция кучи кушимча босимга сабаб булади. Учи эгилган шиша найчалардаги баландлик куйидагиларга тенг:

$$H_1 = p_1/\gamma + m_2/2g, h_2 = p_3/\gamma + u_2^2/2g;$$

Пеъзоетрдаги суюклик баландлиги билан учи эгилган шишалардаги баландлик фарки

ларга тенг булади ва тезлик баландлиги дейилади.

Шундай килиб, геометрик нуктаи назардан Бернулли тенгламасининг хадлари куйидагича аталади:

- суюкликнинг тегишли кесимларидаги тезлик босими (баландлиги):

= пеъзоетрик баландликлар;

z_1 , z_2 , z_3 – геометрик баландликлар (тегишли кесимларнинг огирлик маркази 0 – 0 текислигидан канча баландликда туришини курсатади)

- ларнинг бирликлари узунлик бирликларига тенгдир.

Пеъзоетрлардаги суюклик баландликларини бирлаштирсак, хосил булган чизик пеъзоетрик чизик дейилади.

Бернулли тенгламасидан тезлик баландлиги, пеъзоетрик ва геометрик баландликларнинг умумий йигиндиси узгармас микдор

булиб, у 1.36 – расмда 0 – 0 чизиги билан белгиланади ва суюкликнинг босим (дам) текислиги деб аталади.

Гидродинамикада бу учта баландликлар *** нинг йигиндиси суюкликнинг тулик босими (дами) деб аталади ва Н билан белгиланади:

$H =$

Булар идеал элементар окимчалар учун Бернулли тенгламасининг геометрик маъносини билдиради. Унинг энергетик маъноси кинетик энергиянинг узгариш конуни бўйича чиқарилишига асосланган. Бошқача айтганда, Бернулли тенгламаси суюкликлар учун энергиянинг саклаш конунидир. Бернулли тенгламаси (3.45) нинг чап томони элементар окимчанинг 1 – 1 кесимидаги тулик солиштирма энергия бўлиб, у 2 – 2 кесимдаги тулик солиштирма энергияга тенг ёки умуман узгармас микдордир.

Бу ерда солиштирма энергия деб огирлик бирлигига тугри келган энергия микдорига айтамыз. Бу айтилганларга асосан Бернулли тенгламаси хадларининг энергетик ёки физик маъноси куйидагича бўлади:

- элементар окимчанинг – 1 – 1, 2 – 2, 3 – 3 кесимларга тегишли солиштирма кинетик энергияси;

- элементар окимча кесимлари учун солиштирма потенциал энергия;

- кесимларга тегишли босим билан ифодаланувчи солиштирма энергия;

z_1, z_2, z_3 – 1 – 1, 2 – 2, 3 – 3 кесимларга тегишли огирлик билан ифодаланувчи солиштирма энергия.

Демак, суюклик ҳаракат қилаётганда солиштирма кинетик ва солиштирма потенциал энергиялар ҳаракат давомида узгариб боради, лекин тулик солиштирма энергия узгармас бўлади.

IX – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Реал суюкликлар учун Бернулли тенгламаси.

Маъруза режаси:

1. Геометрик, пьезометрик ва тезлик баландликлари.
2. Кориолик коэффициенти.
3. Газлар учун Бернулли тенгламаси.

Таянч суз ва иборалар.

Геометрик баландлик, пьезометрик баландлик, кориолик коэффиценти, тезлик берсин баландлик.

Реал суюкликлар элементар окимчаси учун Бернулли тенгламаси.

Энди реал суюклик элементар окимчаси учун Бернулли тенгламасининг графигини чизамиз. Бунинг учун харакат $S - S$, 1 – 1, 2 – 2 ва 3 – 3 кесимлардаги тезликлар u_1, u_2, u_3 , босимлари p_1, p_2, p_3 , булган элементар окимча оламиз. Бу окимча учун кесимларда пьезометр ва учи эгилган шиша найча оламиз. Пьезометрлардаги суюклик баландликларини туташтириб, суюклик баландликларини туташтириб, пьезометрик чизик ($P - P$) ни хосил киламиз. Учи эгик найчаларда, суюклик босими (дами) чизиги ($H - H$) ни хосил киламиз. Курилган графикни идеал суюклик элементар окимчаси учун олинган график (1.36 - расм) билан солиштирамиз. Натижада идеал суюкликлар учун окимчанинг биринчи кесимидаги гидродинамик босими H_1 иккинчи ва учунчи кесимлардаги гидродинамик босимларга тенглигини, яъни $H_1 = H_2 = H_3 = \text{const}$ эканлигини реал суюклик учун биринчи кесимдаги гидродинамик босим H_1 иккинчи ва учунчи кесимлардаги босимларга тенгмаслигини, яъни $H_1 = H_2 = H_3$ эканлигини курамиз. 1.37 – расмга мувофик бу тенгсизлик куйидагича ифодаланади: $H_1 > H_2 > H_3$

1.37 – расм. Реал суюкликлар учун геометрик, пьезометрик ва тезлик баландликлари.

Демак, реал суюкликнинг элементар окимчаси харакат килганда солиштирма энергиянинг маълум бир кисми йукотилар экан; биринчи ва иккинчи кесимлар орасидаги бу йукотишни h_{1-2} харфи билан белгилаймиз. Бундан индекс орасида йукотиш булаётган кесимлар номерини курсатади. Масалан, иккинчи ва учунчи кесим орасида йукотиш h_{2-3} , биринчи ва учунчи кесим орасидаги йукотиш h_{1-3} ва хоказо. Айтилган йукотишнинг мохиятини куйидагича изохлаш мумкин. Реал суюклик элементар окимчаси харакат килаётганда ички ишкаланиш кучи натижасида

гидравлик каршилиқ пайдо бўлади ва уни енгиш учун маълум бир миқдорда энергия сарфлаш керак. Бу сарфланган энергия қўриқилган ҳаракат учун тикланмайди. Юқорида келтирилган тенгсизлик ва шу қўрилган энергия ҳисобига бўлади. Биринчи ва иккинчи қесимлар орасидаги қўрилган қўлиштирма энергия гидравлик қосим қарқига тенг: $h_{1-2} = H_1 - H_2$

Юқорида қўрилганга асосан $H_1 = \frac{u_1^2}{2g} + z_1$; $H_2 = \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\rho g}$
 бундан $h_{1-2} = (\frac{u_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\rho g}) - (\frac{u_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\rho g})$

натияжада қўйидаги тенгламани оламиз

$$\frac{u_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + h_{1-2}$$

Олинган тенглама реал суюқликлар элементар оқимчаси учун Бернулли тенгламасидир. Бу тенглама идеал суюқлик элементар оқимчасидан унғ томондаги туртинчи ҳади h_{1-2} билан фарқ қилади. Бу ҳад 1 – 1 ва 2 – 2 қесимлар орасида қосимнинг қамайишни қўрсатади. Идеал суюқликларда ички ишқаланиш қўчи ҳисобга олинмагани учун юқорида айтилган ҳад бўлмайди.

Реал суюқликлар оқими учун Бернулли тенгламаси. Кориолис қўэффициенти.

Оқим қексиз қўп элементар оқимчалардан ташқил топанлигидан шу оқимчалар энергияларининг ҳаракат қесими бўйича интегралини олиш қўли билан оқим учун Бернулли тенгламасини қосил қилиш мумкин:

Оқимнинг ҳар бир элементар оқимчасидан тезликни ҳисоблаш қийин бўлгани учун (3.47) тенламадаги интегралларни ҳисоблаш ҳам жуда қийинлашади. Шўни назарга олиб, оқим учун Бернулли тенгламасида тезликларни уртача тезлик v билан алмаштирилади. Бу эса Бернулли тенгламаси қўйдаланиладиган ҳисоблаш ишларида қатта қўлайлик тўғдиради. Бу ҳолда элементар оқимча геометрик баландлиги бўйича интеграл оқимнинг ҳаракат қесими оғирлик марқазининг геометрик баландлигига, қосим бўйича интеграл эса ана шу геометрик баландликдаги нуқага қўйилган қосимга айланади. Элементар оқимчанинғ 1 – 1 ва 2 – 2 қесимларида қосимнинг қамайиши бўйича интеграл ҳам оқим учун қосимнинг уртача қамайиш миқдориға айланади. Қўлиштирма қинетик энергиянинг интегралини тезликнинг уртача қиймати бўйича қинетик энергия билан алмаштирақ, унинг миқдори қамайиб қолади. Интеграл қексиз қўп миқдорларнинг қйиндисини бўлгани учун бўни қйиндилар қвадратларининг миқолида қўрамиз. Масалан, $u_1 =$

10м/с, $u_2 = 11\text{м/с}$, $u_3 = 9\text{м/с}$, $u_4 = 12\text{м/с}$, $u_5 = \text{м/с}$, булсин. У холда уртача тезлик:

$$v = u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5 / 5 = 10\text{м/с}$$

тезликлар квадратларининг уртача киймати

$$v = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} / 5 = 510/5 = 102\text{м}^2/\text{с}^2$$

урта тезликнинг квадрати эса $v^2 = 100 \text{ м}^2/\text{с}$. Бундан куришиб турибдики, тезликлар квадратларининг йигиндиси уртача тезлик квадратидан катта экан. Шундай килиб, куйидаги тенгсизлик тугри эканлигини куриш мумкин:

Бу тенгсизликни интеграллаш йули билан ҳам исботлаш мумкин. (Бундай исботни талабаларнинг узлари бажарилишини таклиф киламиз). Бу хатони тузатиш учун Бернулли тенгламасининг биринчи хадида α коэффициентини киритамиз. Бу коэффициент тезликнинг бир текис микдорда булмаслигини исботлайди ва Кориолис коэффициенти деб аталади. У холда

$$\alpha =$$

Шундай килиб, юкоридаги айтилганларга асосан (3.47) тенглама куйидаги куринишга келади:

$$a_1 v_1^2 / 2g + p_1 / \gamma + z_1 = a_1 v_1^2 / 2g + p_2 / \gamma + z_2 + H_{1-2}$$

бу ерда: α_1 α_2 – биринчи ва иккинчи кесимларда тезликнинг нотекис таркалганини хисобга олувчи коэффициент; H_{1-2} – биринчи ва иккинчи кесимлар учун босимнинг камайиши.

Оким учун Бернулли тенгламасида колган бошка хадлар элементар окимча учун Бернулли тенгламасида кандай аталса, бу ерда ҳам шундай аталади. Бу тенглама гидродинамика масалаларини хал килишда энг мухим тенглама булиб, у баркарор харакатлар учун ёзилган ва тезлик харакат кесими буйича канча кам узгарса, шунча кам хатолик беради.

Реал газлар окими учун Бернулли тенгламаси.

Одатда, харакат йуналиши буйича босим камайиб боради. Суюкликларда хажмий сикилиш коэффициенти β_p жуда кичик булгани бу узгариш суюкликнинг физик хоссаларига таъсир килмайди. Лекин газларда босимнинг озгина узгариши ҳам унинг параметрларига таъсир килади. Бундан ташкари газларда суюкликларга караганда тезлик бир неча ун баровар катта булади. Бу эса босимга ва газнинг физик хоссаларига, биринчи галда унинг солиштирма огирлигига таъсир килади. Аммо газ окимининг кундаланг кесими буйича тезлик деярли узгармайди. Шунинг учун

газларда $\alpha \approx 1$ булади. Газлар учун тезлик, босим, солиштирма огирлик тез узгаргани учун биринчи ва иккинчи кесим (1.35 - расм) орасидаги масофани чексиз кичик Δl деб оламиз. У ҳолда Бернулли тенгламаси дифференциал курунишда куйидагича ёзилади:

$$d(v^2/2g) + dp/\rho + dz - dh_{1-2} = 0$$

бу ерда :-

$$d(v^2/2g) = \Delta l \cdot 10^{\max} (v_1^2 - v_2^2 / 2g)$$

$$d(p/\rho) = \Delta l \cdot 10^{\max} (p_1 - p_2 / \rho)$$

$$dz = \Delta l \cdot 10^{\max} (z_1 - z_2)$$

Энди (3.49) тенгламадан интеграл оламиз. У ҳолда (3.49) куйидаги курунишга эга булади:

$$(3.50)$$

Бу тенгликда биринчи, иккинчи ва туртинчи интегралларни ҳисоблаш осон:

Учунчи интегрални ҳисоблашда солиштирма огирлик босимга боғлиқ эканлигини назарга олиш керак булади. Прессни политропик деб қарасак, у ҳолда $p/\rho = p^0 / \rho^{\pi_0}$ булади. Бу тенгликдан

бу ерда :- π - политропия кўрсаткичи; ρ_0 – бошланғич ҳолатдаги солиштирма огирлик; p_0 – бошланғич ҳолатдаги босим. Охириги муносабатдан фойдаланиб ва ρ_0 , p_0 узгармас эканлигини ҳисобга олиб, иккинчи интегрални куйидагича ҳисоблаймиз:

$$v = \rho^{\frac{1}{2}} p^{\frac{1}{2}} \pi_0 / p_0^{\pi} \quad (3.51)$$

дан яна бир марта фойдалансак, куйидагини оламиз:

Натижада (3.40) тенглама куйидаги курунишига эга булади:

$$V^2/2g + \pi / (\pi - 1) p/\rho + z - h_n = \text{const}$$

тенгламани иккита кесим учун ёзамиз:

$$V^2/2g + \pi / (\pi - 1) p/\rho + z_1 = V^2/2g + \pi / (\pi - 1) p/\rho + z_2 + h_{1-2}$$

Бу тенглама реал газлар оқими учун Бернулли тенгламасидир. Суюқлик учун Бернулли тенгламаси ўрта қиймат v , p , z ни боғлайди. Шунинг учун газлар ҳаракати текширилганда Бернулли тенгламаси (3.21) билан биргаликда фойдаланилади.

**МАВЗУ: Гидравлик ва пеъзометрик кияликлар.
Гидравлик йукотиш.**

Маъруза режаси:

1. Узунлик буйича йукотиш.
2. Махаллий каршилиқ.
3. Вентури сарф улчагичи.

Таянч суз ва иборалар.

Пеъзометрик киялик, гидравлик киялик, махаллий каршилиқ, узунлик буйича йукотиш, сарф, тезлик.

Гидравлик ва пеъзометрик кияликлар хақида тушунча.

Гидравликада ҳисоблаш ишларини бажаришда гидравлик 1 ва пеъзометрик 1р кияликлардан фойдаланилади.

Босим чизигининг узунлик бирлигига тугри келган пасайиши гидравлик киялик деб аталади.

1.38 – расмда оқим учун босим ва пеъзометрик чизиклар келтирилган. Бу чизиклар умумий ҳолда эгри чизик бўлиб, расмда тугри чизик қуринишида тасвирланган. Гидравлик киялик таърифидан қуриниб турибдики, унинг уртача 1 – 1 ва 2 – 2 кесимлар орасидаги киялик орқали қуйидагича аникланади:

(3.54)

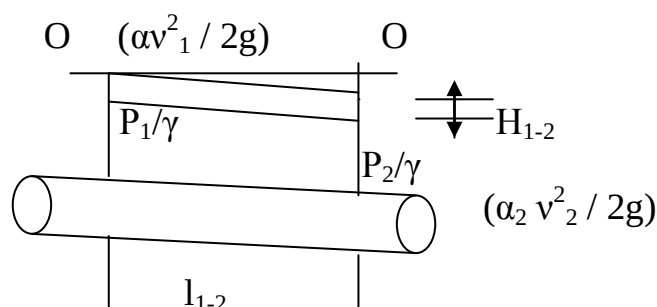
бу ерда :- l_{1-2} – биринчи ва иккинчи кесимлар орасидаги масофа;
 H_{1-2} – шу масофа орасида ҳам (босим) нинг пасайиши.

Агар босим чизиги эгри чизик бўлса, у ҳолда гидравлик киялик дифференциал қуринишда ёзилади:

Пеъзометрик чизикнинг узунлик бирлигига тугри келган пасайиши пеъзометрик киялик деб аталади. Биринчи ва иккинчи кесим орасидаги (1.38 - расм) уртача пеъзометрик киялик қуйидагича аникланади:

Пеъзометрик киялик 1р пеъзометрик чизик эгри чизик бўлганда дифференциал қуринишда аникланади:

Текис ҳаракат қиялик вақтида тезлик узгармаганлиги ($v_1 = v_2$) учун гидравлик ва пьезометрик қияликлар тенг бўлади.



1.38 – расм. Гидравлик ва пьезометрик қияликлар.

Гидравлик йукотиш ҳақида тушунча.

Гидравлик йукотишининг турлари.

Реал суюқликларда икки кесим орасида энергия йукотилишини H_{1-2} билан белгилади. Бу йукотиш суюқликлардаги ковшоклик кучи ҳисобига бўлади, яъни у шу кучни енгишга сарф бўлади.

Трубопроводлардаги ҳаракатни текширганимизда масала асосан ишқаланиш кучини енгиш учун сарф бўлган йукотишни ҳисоблашга келади. Бу ҳолда трубанинг 1 – 1 ва 2 – 2 кесимларининг сирти тенг бўлгани учун тезликлари ҳам тенг бўлади (1.39 - расм), яъни ҳаракат текис бўлади. 1 – 1 ва 2 – 2 кесимлар орасидаги суюқлик устунига таъсир қилувчи кучлар:

- 1) $P_1 = p_1 \times S$ ва $P_2 = p_2 \times S$ – босим кучлари;
- 2) $G = \gamma Sl$ – оғирлик кучи;
- 3) $T = \pi Dl$ – ишқаланиш кучидир.

1 – 1 ва 2 – 2 кесимлар орасидаги суюқликнинг мувозанат ҳолатитенгламаси унга таъсир қилаётган кучлар орқали қуйидагича ёзилади:

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

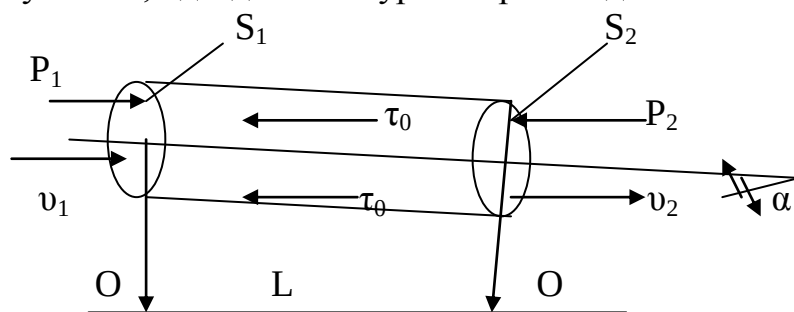
$\sin \alpha = z_1 - z_2 / l$ эканлигини ҳисобга олсак, юқоридаги тенглама қуйидаги қурилишга келади:

$$p_1 S - p_2 S + \gamma Sl \times z_1 - z_2 / l + \pi Dl = 0$$

Бундан текис ҳаракат учун Бернулли тенгламаси келиб чиқади.

Бу тенгламани (3.48) тенглама билан солиштирсак ва уни текис ҳаракат ($v_1 = v_2$) учун қуйилсак, гидравлик йқотиш учун қуйидаги муносабатни оламиз:

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



1.39 – расм. Гидравлик йқотиш тушунчасига доир.

1. Узунлик буйича (ишқаланиш кучига сарф булган) йқотиш оқим узунлиги буйича ҳаракат ҳисобига вужудга келади ва унинг узунлигига боғлиқ булади. Бу йқотиш (3.56) формула қуринишида ифодаланади.

2. Маҳаллий қаршилик оқимнинг айрим қисмларида нотекис ҳаракат ҳисобига вужудга келади. Нотекис ҳаракатни вужудга келтирувчи қисмлар труба ёки узаннинг кесим шакллари, узгарган жойлари (тирсаклар, туқичлар, кескин қенгайишлар, кескин торайишлар, қранлар ва х.) бўлиб, бу ердаги гидравлик йқотиш узунликка боғлиқ эмас.

Умумий гидравлик йқотиш бу икки йқотишнинг ййгиндисига тенг

$$H_n = H_1 + H_m \quad (3.57)$$

бу ерда :- H_1 – узунлик буйича йқотиш; H_m – маҳаллий қаршилик.

Гидравлик йқотиш суюқликнинг кинетик энергиясига боғлиқ бўлиб, энергия ортиши билан ортади, қамайиши билан эса қамаяди. Шунинг учун гидравлик йқотишни суюқлик кинетик энергиясига пропорционал қилиб олинади.

Тезлик ва сарф улчаш усуллари ҳамда асбоблари.

Суюқлик сарфини ва тезлигини улчашнинг энг осон усули ҳажмий ва оғирлик усуллардир.

1. Хажмий усулда текширилаётган окимдан суюклик махсус даражаланган идиш (мензурка) га тушади. Идишнинг тулиш вакти секундомер ёрдамида аник улчанади. Агар идишнинг хажмий V , улчанган вақт T булса, хажмий сарф куйидагига тенг булади:

$$Q = V / T$$

Окимнинг харакат кесими маълум булса, унинг тезлиги (3.4) формула билан аникланади.

2. Огирлик усулида бирор идишга окимдан суюклик туширилади. Тарозида улчаш йули билан идишдаги суюкликнинг огирлиги топилади. Идишнинг тулиш вакти T булса, огирлик сарфи куйидагига тенг:

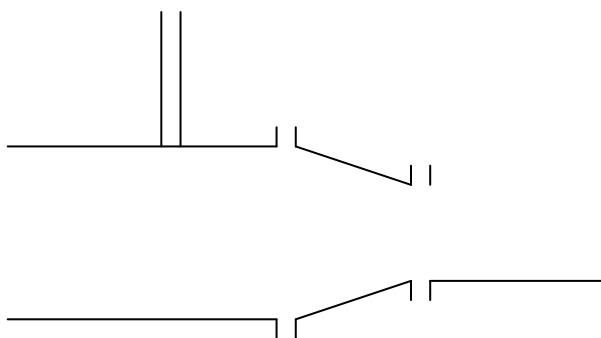
$$G = GV / T$$

Суюкликнинг хажмий сарфи огирлик буйича сарфини солиштирма огирликка булиш йули билан аникланади:

$$Q = G / \gamma$$

Бу усуллар, албатта, кичик микдордаги сарфларни улчаш учун кулланилади. Катта сарфларни улчаш учун эса жуда катта улчов идишлари керак булади. Иккинчидан, трубопровод ва каналларда сарфни юкоридаги усул билан улчаганда окимнинг тузилиши узгаради ва улчаш натижасида катта хатолар билан чикади. Шунинг учун купинча трубалар ва каналлардаги сарф бошка усуллар билан улчанади.

4. Вентури сув улчагичи махсус трубадан сув утишига асосланган булиб, тузилиши содда ва харакатланувчи кисмлари йукдир (1.40 - расм). Бу асбоб талабга жавоб вертикал ёки горизонтал холдагисини кураимиз.



1.40 – расм. Вентури сув улчагичи.

Вентури сув улчагичи иккита бир хил d_1 диаметри 1 ва 2 труба булакларидан ташкил топган булиб, улар 3 ва 4 диффузорлар хамда кичик d_2 диаметрли труба булаг (патрубок) оркали туташтирилгандир. Унинг 1 – 1 ва 2 – 2 кесимларига пьезометрик найчалар урнатилган булиб, улар шу кесимлардаги босимлар фарки

h ни курсатади. Труба горизонтал булгани учун ($z_1 = z_2$), 1 – 1 ва 2 – 2 кесимлари Бернулли тенгламаси куйидагича ёзилади:

бундан

лекин $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ булгани учун

Узилмаслик тенгламаси (3.14) га асосан

$$v_1 = v_2$$

у холда

$$h =$$

бундан 2 – 2 кесимдаги тезликни топамиз:

$$v_2 =$$

У холда суюклик сарфи куйидагича аникланади:

$$Q = v_2 S_2 = S_2$$

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

$$Q = m S_2$$

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

$$Q = c \sqrt{h} \quad (3.60)$$

бу ерда

$$c = m S_2$$

коэффициент сув улчагич доимийси деб аталади ва ҳар бир берилган сув улчагич учун ҳисоблаб қуйилади.

4. Сув улчагич шайба (диафрагма) икки труба бўлаги уртасига урнатилган ҳалкадан иборат бўлиб (1.41 - расм) унинг ички айлана тешигининг чеккалари 45° бурчак остида қияланган ёки оқиб утувчи оқимча шаклида силликланган (сопло қуринишда) бўлади. Ҳалканинг икки томонига пёзометр ёки дифференциал манометр урнатилган бўлиб, улар диафрагманинг икки томонидаги босимлар фарқини аниқлашга ёрдам беради.

Сарф пёзометрлардаги суюклик сатхларининг фарқи орқали, қуйидаги формула ёрдамида аникланади:

$$Q = c_1 \sqrt{h} \quad (3.61)$$

c_1 коэффициент хар бир диафрагма учун тажриба асосида аникланади.

1.41 – расм. Сув улчагич шайба.

5. Вертушка вал 2 га урнатилган айланма куракчалар 1 га эга булган гилдирак булиб, асосий корпусига махкамланади (1.42 - расм). Вертушка сув окимига тугри йуналтирилиши учун корпус 4 га канотча урнатилган. Вертушкада утказгичлар 3 электр куннирок отилган булиб, куракчалар айланганда электр занжирини туташтиради ва кунгирок жиринглайди ёки махсус счётчик айланиш сонини автоматик хисоблайди. Сувга туширилган вертушкаларнинг куракчалари сувнинг тезлигига караб секинрок ёки тезрок айланади. Шунинг учун суюкликнинг тезлиги счётчикнинг курсаткичи ёки вақт бирлигида кунгирокнинг жиринглаш сонига караб аникланади. Каналларда суюклик сарфини топиш учун уларнинг кунгдаланг кесимини $\Delta S_1, \Delta S_2, \Delta S_3, \dots$ элементар юзаларга булиб чиқамиз (1.43 - расм). Бу юзаларнинг геометрик марказларида тезликларни вертушка ёрдамида улчаб, уларни юзаларга купайтирсак, хар бир кесим буйича сарф келиб чиқади:

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

Каналда оқаётган суюклик сарфи бу сарфларнинг йигиндисига тендир;

$$Q = \sum_{1-2} q_1 = \Delta S_1 v_1 + \Delta S_2 v_2 + \Delta S_n v_n \quad (3.63)$$

Бу усул гидрометрик улчашларда энг куп кулланиладиган усулдир.

6. Пито найчаси учи тугри бурчак хосил килиб эгилган найча булиб, унинг эгилган учи суюклик окими йуналишига карама – карши килиб куйилади. Найчанинг иккинчи учи суюкликдан ташкарига чиқиб туради (1.44 – расм, а). Бу холда озод сиртда ва найчадаги суюклик сатхида босим атмосфера босимга тенг. Шунинг учун найчадаги суюкликнинг баландлиги h окимнинг тезлик босимни беради, яъни $h = v^2 / 2g$. Бундан тезликни топиш формуласи келиб чиқади:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (3.63)$$

Тезликнинг хакикий миқдори (суюклик туширилган найча ҳаракат тартибини бузганлиги учун) охириги формула билан хисобланган миқдорга тугри келмайди. Шунинг учун бу формулага тузатиш коэффициенти a киритилади:

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

бу ерда :- a – коэффициент у хар бир найча учун тажриба йули билан аниклаб куйилади.

Пито найчаси очик сиртли окимларда тезликни улчаш учун кулланилади.

1.44 – расм. Тезлик улчагич найчалар.

7. Прандтль найчаси Пито найчасининг кулайлаштирилгани булиб, у трубалардаги тезликларни улчаш учун кулланилади (1.44 – расм, б) ва иккита найчадан иборат булади. Улардан бири Пито найчаси ва иккинчиси пьезометрик босимни берса, Пито найчасидаги суюклик баландлиги тулик босимни беради. Шунинг учун бу икки найчадаги баландликлар фарки тезлик босимини беради ва унинг ёрдамида тезлик топилади:

$$v = a\sqrt{2gh} \quad (3.65)$$

Хозирги мавжуд асбобларда бу икита найча ичига жойлаштирилган (1.45 - расм) булиб, уларнинг учлари микроманометр ёки дифференциал манометрларга туташтирилган. Агар манометрлардаги суюклик окаётган суюкликдан фарк килса, Прандтль найчасининг учи туширилган нуктадаги тезлик куйидаги формула билан топилади:

$$v = \quad (3.66)$$

бу ерда :- h – дифманометр найчаларидаги сатхлар фарки; γ_1 ва γ - дифманометрдаги ва текширилаётган (окаётган) суюкликлар солиштирма огирликлари; a – тажрибадан топиладиган киймати 1 дан 1,04 гача узгарувчи коэффициент. Прандтль найчаси ёрдамида суюклик окими кесимининг хар хил нукталарида тезликни улчаб, бу кесим буйича тезликнинг узгаришини ва сарфини топиш мумкин.

XI – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюклик харакатининг икки хил тартиби.

Маъруза режаси:

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

Таянч суз ва иборалар.

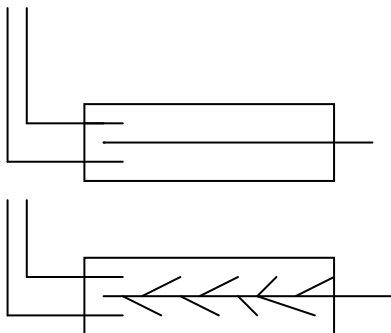
Ламинар ҳаракат, турбулент ҳаракат. Рейнольдс сони, гидравлик радиус, диаметр етишкоклик.

Суюклик ҳаракатининг икки тартиби. Рейнольдс критик сони.

Куп ҳолларда трубопроводлардаги суюклик текис ҳаракатда булади, яъни тезлик оким йуналиши бўйича узгармайди. 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 булади. Бу кучларнинг таъсирида трубопроводлардаги ҳаракат тезлиги ҳар хил бўлиши мумкин. Тезликнинг катта – кичиклигига қараб суюклик заррачалари батартиб ёки бетартиб ҳаракат қилади. Бу ҳаракатлар, одатда, асосан икки тартибли ҳаракатга ажратилади: ламинар ҳаракат ва турбулент ҳаракат.

Ламинар ҳаракат вақтида суюклик заррачалари қават – қават бўлиб жойлашади ва улар бир қаватдан иккинчи қаватга утмайди. Бошқача айтганда, суюклик заррачалари окимлар ҳаракатига қундаланг йуналишда ҳаракатланмайди ва уни қуйидагича тарифлаш мумкин.

Агар ҳаракат фазосида бирор А нукта танлаб олсак, шу нуктада албатта суюкликнинг бирор заррачаси булади. Ҳаракат натижасида бу заррача А нуктадан силжиб унинг учунчи заррача эгаллайди ва хоказо. Энди А нуктага биринчи келган заррача ҳаракатланиб, бирор В нуктага АВ чизиги (1.46 – расм, а) бўйича келса, унинг кетидан келган иккинчи заррача ҳам А нуктадан В нуктага АВ чизиги бўйича келсак, учунчи заррача ҳам аниқ АВ чизиги бўйича юрса ва А нуктага келган бошқа заррачалар ҳам АВ чизиги орқали В нуктага келсак, бундай ҳаракат ламинар ҳаракат дейилади. Баъзи вақтда ламинар ҳаракатнинг параллел окимли ёки тинч ҳаракат деб аталади.



1.46 – расм. Ламинар ва турбулент ҳаракатга оид чизма.

Ламинар ҳаракатни тажрибада кузатиш учун суюқлик оқаётган шиша трубанинг бошлангич кесимида шиша найча оркали рангли суюқлик келтириб кушиб юборсак, ранг суюқликда аралашмасдан тугри чизик бўйича оқим қуринишида кетади (1.46 – расм, в).

Агар суюқликнинг тезлигини ошириб юборсак, ҳаракат тартиби ўзгариб боради. Тезлик маълум бир чегарадан ўтганидан кейин, заррачалар кинетик энергияси қупайиб кетиши натижасида, улар қунгдаланг йуналишда ҳам ҳаракат қила бошлайди. Натижада заррачалар ўзи ҳаракатқилаётган қаватдан қушни 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 айтилганимиздек, А нуктадан ўтаётган зарраларни курсак, биринчи заррача В нуктага текис чизик билан эмас, қандайдир эгри – бугри чизик бўйича келади. Хатто у нуктага 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. Ўчунчи заррача эса А дан В га ўчунчи эгри – бугри чизик билан келади. Шундай қилиб турбулент ҳаракатда ихтиёрий А нуктадан ўтувчи ҳар бир суюқлик заррачаси В нуктага ўзига хос эгри чизик билан келади (1.46 – расм, б), баъзи заррачалар В нуктага келмаслиги ҳам мумкин. Юқорида айтилган усул билан трубада оқаётган суюқлик оқимининг бошлангич кесимида ранг қушиб юборсак, у тезликнинг маълум бир миқдоридан бошлаб эгри чизик бўйича кетади (1.46 – расм, г). Тезликни оширишни давом эттирсак, ранг суюқликда бутунлай аралашиб кетади. Бундай қуринадики, суюқликнинг параллел оқимли тартиби бузилади. Суюқлик ҳаракатининг бу икки тартибини инглиз олими О.Рейнольдс тажрибада ҳар томонлама текширган ва натижаларни 1883 йилда эълон қилган. Рейнольдс суюқликлар ҳаракатининг муҳим қонуниятини қашф қилди. Суюқлик ҳаракатининг тезликнинг оқим ўлчамига қупайтмасининг қовушқоқлик кинематик коэффициентига нисбатидан иборат ўлчовсиз миқдор ҳарактерлар экан. Бу миқдор оқимнинг ҳурматида Рейнольдс сони деб аталади ва формулада Re билан белгиланади.

Цилиндрик трубалардаги оким учун Рейнольдс сони куйидагича хисобланади:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Турли шаклдаги ноцилиндрик трубалар ва узанлардаги окимлар учун Рейнольдс сони куйидагича улчанади:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

бу ерда :- d – трубанинг ички диаметри; $d_{\text{ички}}$ – узан ёки ноцилиндрик трубанинг эквивалент диаметри; $d_{\text{ички}} = 4R$; R – гидравлик радиус.

Рейнольдс аниклашича, юкорида айтилган улчовсиз микдорнинг кичик кийматларида ламинар ҳаракат бўлиб, унинг ошиб бориши натижасида у турбулент ҳаракатга айланади. (4.1) дан курииб турибдики, Рейнольдс сони Re ошиши учун ё тезлик, ёки труба диаметри ортиш, ёки бўлмаса ковушкоклик кинематик коэффиценти камайиши керак.

Суюклик ламинар ҳаракатдан турбулент ҳаракатга ўтишини Рейнольдс сони Re нинг маълум критик микдори билан аникланади ва у Рейнольдс сони критик сони деб аталиб, $Re_{\text{кр}}$ билан белгиланади. Бу сон цилиндрлик трубалар учун $Re_{\text{кр}} = 2320 \dots$

Агар окими жуда силлиқ трубада, ҳар қандай энг кучсиз туртки ва тебранишлардан холи бўлган шароитда текширсак, Рейнольдс критик сони 2320 дан ортиқ, ҳатто бир неча маротиба ортиқ бўлиши мумкин. Лекин Рейнольдс сони маълум бир кийматдан утганидан кейин ҳаракат, қандай эҳтиёт чоралари қурилмасин, албатта турбулент бўлади. Бу сон Рейнольдс юкори критик сони деб аталади ва $Re_{\text{кр.к}} = 10000$ га тенг бўлади. Бу сонга киёс қилиб, юкорида келтирилган критик сон Рейнольдс куйи критик сони $Re_{\text{кр.к}} = 2320$ деб аталади. Рейнольдс сони $Re_{\text{кр.к}}$ дан кичик бўлганда барқарор ламинар ҳаракат бўлади, у $Re_{\text{кр.к}}$ дан катта бўлганда эса турбулент ҳаракат барқарорлашган бўлади. Агар Рейнольдс сони бу икки микдор ўртасида, яъни $Re_{\text{кр.к}} > Re > Re_{\text{кр.к}}$ бўлса, турбулент ҳаракат буқарор бўлиб, бу ҳолатни ўткинчи тартиб дейилади. Шундай қилиб, суюклик ҳаракатида асосан икки тартиб ламинар ва турбулент тартиб мавжуд. Бу тушунчани яна яқинроқ ифодаласак, у ҳолда ўч тартиб мавжуд бўлиб, улар Рейнольдс сонига боғлиқ:

- 1) ламинар тартиб $Re < 2320$ да
- 2) ўткинчи тартиб $2320 > Re > 10000$ да
- 3) барқарорлашган турбулент тартиб $Re > 10000$ да.

Суюклик ҳаракатини текширишда ва турли гидросистемаларни ҳисоблашда ҳаракат тартибининг қандай бўлишига қараб фойдаланиладиган формула ва микдор турлича бўлади. Шунинг учун турли ҳисоблашларни бажаришдан олдин

харакатнинг ламинар ёки турбулент тартибда эканлигини (4.1) аниқлаб олиш зарур бўлади.

Суюкликларда ички қаршиликлар ҳам ҳаракат тартибига қараб ҳар хил ҳисобланади. Таҷрибаларнинг қурсатишича, ламинар ҳаракат вақтида босимнинг пасайиши уртача тезликнинг биринчи даражасига

$$H_{1-2} = k_2 v$$

турбулент ҳаракатда эса унинг n – даражасига пропорционал бўлади.

$$H_{1-2} = k_2 v^2$$

бу ерда :- K_1 , K_2 – ламинар ва турбулент ҳаракат учун пропорционаллик коэффициентлари; n – даража қурсаткичи; у 1,75 ва 2 орасида ўзгаради. Рейнольдс сони ортиши билан даража қурсаткичи n ортиб боради. Барқарор турбулент ҳаракат бўлганда $n = 2$ бўлади.

ХII – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Маҳаллий қаршиликлар.

Маъруза режаси:

1. Кескин кенгайиш.
2. Кескин торайиш.
3. Бошқа маҳаллий қаршиликлар.

Таянч суз ва иборалар.

Маҳаллий қаршилик, тезлик, кескин кенгайиш, кескин торайиш, қаршилик коэффициентлари.

Турбулент ҳаракатда босимнинг маҳаллий йуқолиши.

Суюклик трубаларда ҳаракат қилганда турли тусикларни айланиб ўтиш учун энергия сарфлайди. Ана шу энергиянинг сарфланиши суюклик босимнинг пасайишига сабаб бўлади. Сарф этиладиган энергия трубадаги турли тусикларни сонига ва турларига боғлиқ.

Маҳаллий қаршиликнинг жуда қўп турлари мавжуд бўлиб, буларнинг ҳар бири учун босимнинг пасайиши турличадир. Амалий ҳисоблашда маҳаллий қаршиликларда босимнинг пасайишини солиштирма кинетик энергияга пропорционал қилиб олинади:

***8

Пропорционаллик коэффициенти махаллий каршилик коэффициенти деб аталади ва асосан тажриба йули билан аникланади. Махаллий каршиликларнинг асосий турлари хакида тухталиб утамыз.

1. Кескин кенгайиш (3.26 - расм). Махаллий каршиликнинг бу турида ζ коэффициент кесимларнинг узгаришига боглик булиб, кесимлар нисбати S_1/S_2 канча кичик булса, у шунча катта булади. Бу холда махаллий каршилик коэффициентининг назарий хисобласак хам булади (бу тугри кейинрок тухталамыз).

2. Текис кенгайиши (3.27 - расм). Махаллий каршилик коэффициенти кесимнинг узгаришига ва конусли бурчаги α га боглик булиб, кесимлар нисбати S_1/S_2 нинг камайиши ва α нинг ортишига караб.

3.26 – расм. Кескин кенгайиши.

Аввал курилгандаги каби 2 – 2 кесимда 1 – 1 кесимдагига нисбатан босим ортади ($p_2 > p_1$) ва тезлик камаяди (v_2/v_1).

3. Кескин торайиш (3.28 - расм). Махаллий коэффициент ζ кесимлар узгаришига боглик булиб, уларнинг нисбати S_1/S_2 ортиши билан ортади. Бу холда энергиянинг кенгайишга нисбатан кам булади.

3.27 – расм. Текис кенгайиши.

3.28 – расм. Кескин торайиш.

4. Текис торайиш (3.29 - расм). Махаллий каршилиқ коэффициенти кесимлар нисбати S_1/S_2 нинг ва конусли бурчаги α нинг ортиши билан ортади.

Кескин торайиш вақтида ҳам, текис торайиш вақтида ҳам 2 – 2 кесимда 1 – 1 кесимга нисбатан босим камайиб ($p_2 > p_1$) ва тезлик ортади (v_2/v_1).

3.29 – расм. Текис торайиш.

5. Тирсак (3.30 - расм). Махаллий каршилиқ коэффициенти икки трубанинг тугашиш бурчагига боғлиқ бўлиб, бу бурчакнинг ортиши билан ортади. ζ нинг φ га боғлиқлиги асосан тажрибада текширилган бўлиб, баъзи содда ҳолларда оқимчалар назариясида қурилган.

3.30 – расм. Тирсак.

6. Бурилиш (3.31 - расм). Махаллий каршилиқ коэффициенти бурилиш бурчаги φ га ва труба диаметри D нинг бурилиш радиуси R_6 га нисбатига боғлиқ бўлади. Бурилишда ζ труба диаметрининг бурилиш радиусига нисбатан D/R_6 ортиши билан ортади.

3.31 – расм. Бурилиш.

7. Трубага кириш (3.32 - расм). Труба бирор суюқлик билан тула идишга туташтирилган ҳол. Бу ҳолда қуйидаги утқир

бурчаклари (3.21 – расм, а) айланиб утиш учун суюклик энергияси сарф булади. Бунда махаллий каршилиқ коэффициентининг киймати $\zeta = 0,5$ га тенг булади.

3.32 – расм. Трубага кириш.

Киришдаги уткир бурчаклар силликланиб, трубага суюклик киришига кам каршилиқ курсатадиган шакл берилган булса, ζ нинг микдори киришнинг силликлик даражасига караб $\zeta = 0,04 - 0,1$ атрофида булади (куп холларда $\zeta = 0,08$ кабул килинади).

8. Диафрагма деб трубапроводга урнатилган ва суюклик сарфини улчаш учун ишлатиладиган уртаси тешиқ дисска айтилади (3.12 - расм). Бу холда махаллий каршилиқ коэффициенти трубанинг кесими S_1 ва диафрагма тешиги кесими S_0 нисбатлари S_0/S_1 га боглиқ булади ва бу нисбатнинг ортиши билан камайиб боради (3.1 - жадвал).

3.1 – жадвал. Диафрагма учун каршилиқ коэффициентининг узгариши.

S_0/S_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ζ	226	47,8	17,5	7,80	3,75	1,80	0,80	0,29	0,06	0,00

9. Задвижка (3.33 - расм). Махаллий каршилиқ коэффициенти задвижканинг очилиш даражаси h/D га боглиқ булиб, унинг ортиши билан камайиб боради. Задвижканинг уртача очилишига $\zeta = 2,0$ тугри келади.

3.33 – расм. Задвижка.

10. Дроссель клапани (3.34 - расм) ва **пробкали кран** (3.35 - расм). Бу холларда ташкари вентиллар, кранлар ва бошкаларда ҳам махаллий каршилиқнинг камайишини кузатиш мумкин.

3.34 - расм. Дроссель клаши.

3.35 - расм. Пробка кран.

Биз махаллий каршиликларни вужудга келтирувчи тусикларнинг турлари тугрисида тухталиб утдик. Бу тусикларда окимнинг трубулент таркибига хос булган каршилик коэффициентининг узгаришини курган эдик. Трубулент харакат вактида коэффициент ζ каршилик курсатувчи тусик шаклига, катталигига, тусикларнинг очилиш даражасига боглик булишдан ташкари, суюклик харакатининг таркибига, яъни Рейнольдс сонининг катта кийматларида харакат тартиби трубулент булса, махаллий каршилик коэффициенти ζ ни R_e сонига богликлиги жуда хам сезиларсиздир ва бу богликликни тусиклар шакли, турли ва очилиш даражасининг таъсирига нисбатан хисобга олмаслик мумкин.

ХIII – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Окимнинг кескин кенгайиши. Трубаларнинг гидравлик хисоби.

Маъруза режаси:

1. Борд теоремаси.
2. Трубаларнинг турлари.
3. Гидравлик хисоблаш.

Таянч суз ва иборалар.

Тезлик, сарф, шаклланиш, ишкालаниш коэффициенти. Борд теоремаси.

Окимнинг кескин кенгайиши (Борд теоремаси).

Трубанинг кескин кенгайиши ва бу вақтда окимнинг тахминий схемаси 3.26 – расмда келтирилган. Куришиб турибдики, оким трубанинг тор кесимидан кенг кесимига утганда бурчакларда суюқлик труба сиртидан ажралади. Натижада окимнинг кескин кенгайиши ва оким билан труба девори орасидаги халкасимон ораликдан айланма (уйирмали) ҳаракат вужудга келади. Кузатишлар шуни курсатдики, асосий оким билан айланаётган суюқлик уртасида заррачалар бу томондан бу томонга утиб туради. Трубанинг кескин кенгайишида маҳаллий каршилик коэффиценти назарий услуб билан ҳисобланиши мумкин. Буни учун трубанинг тор қисмида 1 – 1 кесим оламиз. Трубанинг кенгайган қисмида (кескин кенгайишдан сунг оким кенгайиб барқарорлашган қисмида) эса 2 – 2 кесим оламиз 1 – 1 кесимдан тезлик v_1 , босим p_1 , 2 – 2 кесимда эса тезлик v_2 ва босим p_2 бўлсин. Бу кесимларга пёзومتر урнатсак, $p_2 > p_1$ бўлгани учун 1 – 1 кесимда пёзометрик суюқлик сатҳи 2 – 2 кесимдаги пёзометрдаги суюқлик сатҳидан h га паст бўлади. Агар кесимнинг кенгайиш ҳисобига гидравлик йукотиш бўлмагандан бу факат Δh микдорда купрок булар эди. Ана шу иккинчи пёзометрдаги сув сатҳининг Δh га пасайиб қолиши маҳаллий гидравлик йукотишдан иборат бўлади.

1 – 1 кесимнинг сирти S_1 , 2 – 2 кесимнинг сирти S_2 бўлсин. У ҳолда бу кесимлар юзаси бўйича тезлик бир хил (яъни $\alpha_1 \approx \alpha_2 \approx \alpha_3 = 1$) деб ҳисобласак, Бернулли тенгламаси шундай ёзилади:

***8

Энди, 1 – 1 ва 2 – 2 кесимлар уртасидаги суюқликнинг цилиндрик ҳажмий учун ҳаракат микдорининг узгариши теоремасини қўлаймиз. Унинг учун ён сиртлардан уринма зуриқишнинг тахминан нолга тенг деб ҳисоблаб, айтилган ҳажмда таъсир қилаётган ташқи кучлар импульсини ҳисоблаймиз 1 – 1 кесимни труба кенгайиш қисмининг устида олинган деб қараш мумкин. У ҳолда цилиндр асосларининг юзалари тенглигидан улар таъсир қилувчи импульс узгариши шундай ёзилади:

$$(p_1 - p_2) S_2$$

1 – 1 кесимдаги ҳаракат микдори pQv_1 ва 2 – 2 кесимдаги ҳаракат микдори pQv_2 бўлгани учун улар орасидаги ҳаракат микдорининг узгариши қуйидагига тенг:

$$pQ (v_1 - v_2)$$

Бу икки микдорни тенглаштириб ушбу тенгламани оламиз:

$$(p_1 - p_2) (S_2 = pQ (v_1 - v_2))$$

Тенгламани икки томонини S_2 ға бўлсак, $Q_2 = v_2 S_2$ ни ҳисобга олиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

Охирги тенгламанинг $v_2 (v_2 - v_1)$ хади устида куйидаги амалларни бажарамиз:

$$v_2 (v_2 - v_1) = v_2^2 - v_2 v_1 =$$

у холда (3.8) тенглама ушбу куринишга келади:

Охирги тенглама хадларинги бир хил индекслар буйича группаласак:

Бу тенгламани (3.85) билан солиштирсак

Эканлиги келиб чиқади.

(3.87) формулага Борд формуласи дейлади.

Энди (3.87) формулага узулуксизлик тенгламаси

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \text{ ёки } v_2 = S_1/S_2 v_1$$

ни кулласак, у куйидаги куринишда ёзилади:

$$H_m =$$

Бу муносабатни (3.84) га солиштириб, кескин кенгайиш учун махаллий каршилик коэффиценти формуласини келтириб чиқарамиз:

$$\zeta = (1 - S_1/S_2)^2 \quad (3.88)$$

Бу олинган муносабат тажрибаларида тасдикланишича, турбулент окимлар учун олинган тажриба натижаларига жуда якин келади. Шунинг учун хисоблаш ишлари учун (3.88) кенг куланилади. Трубанинг кенгайган кисми аввалги кисмидан жуда кенг булса ($S_2 > S_1$) $\approx \zeta$ булади ва $H_m = v_1^2/2g$. Бу хусусий холда окимнинг бутун кинетик энергияси махаллий каршиликни енгиш учун сарф булади.

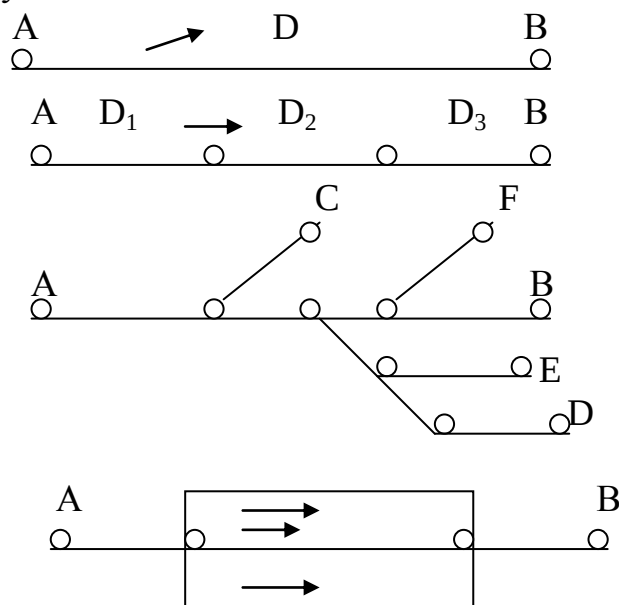
Шуни айтиш керакки, курилган холда энергия сарфининг хаммаси трубанинг кескин камайган кисмида окимнинг труба сиртидан ажралиши хисобига хосил булган уюрмали харакатнинг вужудга келишига ва унинг янгиланиб туришига сарф булади.

Трубаларнинг турлари.

Трубаларнинг геометрик улчамлари (диаметри, узунлиги) ни маълум сарфга мослаб хисоблаш, ёки берилган босимда улчамлари берилган. Трубаларнинг сарфларини хисоблашга трубаларни гидравлик хисоблаш дейилади.

Гидравлик ҳисоблашда трубаларнинг узунлиги ҳисоблашнинг гидравлик шартларига кура икки турга бўлинади: узун ва қисқа трубалар.

Қисқа трубалар деб, унча узун бўлмаган ва маҳаллий қаршиликлари умумий қаршиликнинг камида 5 – 10 % ни ташкил қиладиган трубаларига айтилади. Буларга мисол қилиб, насосларнинг суриш трубасини, автотрактор ва бошқа қурилмалар двигателларининг бензин ва мой утказувчи трубаларини, гидроузатмаларидаги туташтирувчи трубаларни ва хоказоларни келтириш мумкин.



3.36 – расм. Трубаларнинг турлари.

Узун трубалар деб, анча узок масофага чузилган ва гидравлик қаршиликларнинг асосий қисмини ишқаланиш қаршилиги ташкил қилган трубаларга айтилади. Бундай трубаларда маҳаллий қаршиликлар алоҳида ҳисобланмай, ишқаланиш қаршилигининг 5 – 10 % лига тенг деб қабул қилинади. Буларга водопровод трубалари, нефть ва газ трубалари ва бошқалар мисол бўлади. Трубалар ишлаш схемасига қараб 2 турга бўлинади; содда трубалар (3.36 – расм, а,б); мураккаб трубалар (3.36 – расм, в,г); содда трубалар тармоқларига бўлинмаган трубалардир. Мураккаб трубалар эса бир неча тармоқларга бўлинган трубалардир. Бундан ташқари, трубалар тупик ва ёпик трубаларга ажралади. Ёпик трубалар ишончли бўлиб унинг айрим қисмлари бузилганда, уларни ремонт қилиш давомида сув таъминоти тухтамайди. Юқорида айтилганлардан ташқари транзит сарф трубалари ҳам мавжуд бўлиб, уларга суюқлик йул буйича узгармай қолиши ёки теккис тақсимланиб бориши мумкин.

XIV – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Кичик тешикдан оқаётган суюкликни, сиқилиш, тезлик ва сарф коэффициентлари.

Маъруза режаси:

1. Сиқилиш коэффициенти.
2. Тезлик коэффициенти.
3. Сарф коэффициенти.

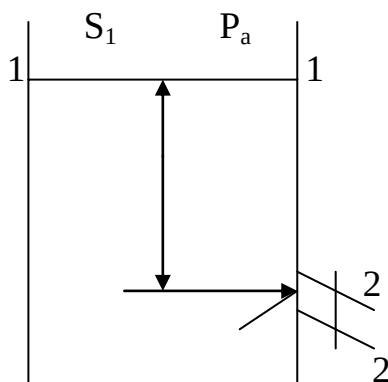
Таянч суз ва иборалар.

Сиқилиш коэффициенти, тезлик коэффициенти, сарф коэффициенти, тезлик, сарф.

Суюклик кичик тешикдан оқаётган қаршилиқ, сақланиш, тезлик ва сарф коэффициентлари.

Бирор катта идишда суюклик p_1 босим остида сақланаётган бўлиб, у эркин сиртдан H масофадаги кичик текшикдан оқаётган бўлсин (3.4 - расм). Кичик тешик деб, диаметри идиш улчамларига қараганда жуда кичик бўлган тешикка айтамыз. Бундай тешик учун маҳаллий қаршилиқ коэффициенти нолга тенг бўлган ҳолда $z_1 - z_2 = H$ ва $v_1 S_1 = v_2 S_2$ эканлигини ҳисобга олсак ушбу тенгламани ёзамиз:

Бу тенгламадан оқимчанинг назарий ҳисобланган тезлиги учун қуйидаги келиб чиқди:



3.46 – расм. (а,б,в,г,д). Тешикдан окиш.

Агар идишнинг кесими S_1 га караганда тешикнинг кесими S_2 жуда кичик булса, у холда

Идишдаги суюклик сиртида ҳам, тешик ташкарисида ҳам атмосфера босими ёки $p_1 = p_2$ булса у холда:

$$v_x = v_2 = \sqrt{2gH}$$

Бу формула Торичелли формуласи деб аталади ва суюкликнинг тор тешикдан окиш тезлигини хисоблаш учун назарий формула булиб хизмат килади.

Суюкликнинг тешикдан окиш тезлиги маълум булган холда унинг сарфини хисоблаш кийин эмас:

$$Q_k = v_k S_2$$

Лекин амалда окимча тешикдан чиқаётганда унинг кесимининг торайиши сабабли курилатган масала биз кургандагига караганда мураккаброк. Шунинг учун биз чиқарган тезлик формулалари тезлик ва сарфни назарий текшириш учун кулланиб, амалда эса уларга маълум тузатишлар киритилади.

Юкорида суюкликнинг тешикдан окишини курганимизда окимчанинг текшикдаги кесимини олганимиз учун окимчанинг ва тешикнинг кесимини бир хил деб карадик. Аслида эса суюклик тешикка унинг атрофидаги хажмдан хар томонлама окиб келган учун тезлиги ошиб боради. Суюклик окими тешикка якинлашган сари торайиб боради ва бу процесс суюклик тешикдан утгандан кейин ҳам инерция кучи таъсирида маълум масофагача давом этади. Сунгра торайиш тухтаб, оким узгармас кесимли окимча куринишида харакат килади.

Окимчанинг тахминан тешик диаметрига тенг масофада тухтайди. Окимчанинг торайишини хисоблаш учун одатда сикилиши коэффиценти g киритилади:

$$g = S_1/S_2 \quad (3.120)$$

Бу коэффиценти юкорида айтилганларга асосан бирдан кичик булиб, тажрибаларда аникланишича, $g = 0,61 + 0,64$ атрофида булади

Биз тешикдан оқаётган суюклик тезлиги учун формула чиқаришда $\zeta = 0$ кабул килган эдик. Амалий тезликни хисоблаш учун эса махаллий каршилиқ коэффиценти ζ ни хисобга олган фойдаланамиз. Бу холда (3.118) урнига амалий тезлик формуласини хосил киламиз.

Бу сунги формулани (3.118) билан солиштириб, назарий ва амалий сарфлар учун куйидаги боғланишни оламиз:

(3.122) даги купайтмани φ билан белгилаймиз ва тезлик коэффиценти деб атаймиз:

Бундан куринадики, амалий тезлик назарий тезликдан кичик экан.

Шундай килиб:

$$v_n = \varphi v_n$$

Тажрибанинг курсатишича сув учун $\zeta = 0,06$ булиб, $\varphi = 0,97 + 0,98$ булади. Тешикдан оқаётган суюкликнинг амалий сарфи куйидагича хисобланади:

$$Q_k = v_n S$$

(3.120) ва (3.124) лардан фойдаланиб ушбуни топамиз:

$$Q_k = \varphi s_n v S_2$$

Охирги формуладаги φs купайтмани m харфи билан белгилаймиз ва уни сарф коэффиценти деб атаймиз. Бундан хулоса килиб, сарф коэффиценти амалий сарфнинг назарий сарфга нисбатига тенг эканлигини курамиз:

$$m = Q_a / Q_n$$

Юкорида φ ва s келтирилган тажриба микдорларидан куринадики:

$$m = 0,60 + 0,63.$$

s , φ , m ларнинг келтирилган кийматлари Рейнольдс сонининг катта микдорлари учун тугри. Аслини олганда бу коэффицентлар R_e нинг функциясидир.

XV – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюкликнинг найчадан окиши.

Маъруза режаси:

1. Найчалар турлари.
2. Ташки цилиндрик найча.

Таянч суз ва иборалар.

Вентури найчаси, Борда найчаси, ташки цилиндрик найча, сарф, тезлик, кундаланг кесим.

Окимчанинг сакланиш турлари. Суюкликнинг найчадан окиши.

Найчалар деб, идиш деворидаги тешикка урнатилган катта трубаларга айтилади. Улардан сарфни купайтиришдаёки ихчам окимчалар олишда фойдаланилади. Куп холларда идиш девори калин булиб, у парма билан тешилганда найча шаклида тешик пайдо булади.

Найчалардан оқадиган суюкликни ҳисоблашда юкорида келтирилган тезлик ва сарф формулаларидан фойдаланиламиз, лекин, φ , m , s , коэффициентларнинг кийматлари бошқача булади.

Цилиндрик найчалардан оқётган суюклик киришда девордан ажралади ва тораяди. Бу ходиса худди юпка девордаги тешикдан окиш холидаги каби булади. Лекин бу торайиш тухтаб, торайган окимча билан найча девори орасида уюрмали ҳаракат вужудга келганлиги сабабли кенгайиш бошланади ва оким найчанинг бутун кесимини эгаллаб олгунча давом этади. Натижада окимча найчанинг кунгдаланг кесимига тенг кесим билан чикиб кетади. Бу ходиса найчанинг узунлиги 1 унинг диаметридан 3....4 марта катта булганда тулик амалга ошади (3.47 - расм).

3.47 – расм. Найчадан окиш.

а – ташки цилиндрик найча, б – ички цилиндрик найча.

Бу ҳолда окимча диаметри найча диаметрига тенг буланлиги учун сиқилиш коэффициенти $s = 1$ булади, натижада $m = \varphi$ булади. Агар найча $1 = 3....4 d_x$ калта булса, бу ҳолда торайган окимча кесимигача кенгайиб удгурмайди ва оким тешикдан оқётган суюклик каби булади (3.47 - расм). Найча узунлигининг унинг диаметрига нисбати l_x/d_x ва Рейнольдс сони тезлик ҳамда сарф коэффициентларига таъсир этади. Бу таъсир тажрибаларда куп текширилган булиб, φ , m ва ζ ларнинг уртача кийматлари цилиндрик найчалар учун қуйидагича булади.

$$\varphi = m = 0,3; \quad \zeta = 0,55$$

Юпка девордаги тешикдан окиш холи билан солиштириш натижаси шуни курсатадики, цилиндрик найчалардан окишда окимча сикилмаганлиги учун сарф ортади, лекин каршилиқ куп булгани учун тезлик кам булади. Баъзи холларда ички цилиндрик найчалар кулланилиб, улар идиш деворига тешикка ичкари томондан кавшрланган жуда кичик труба куринишади булади. Бундай найчаларда окимча киришдаги торайишдан кейин $l_x > 2,5d_x$ $s = 1$, $m_f = 0,70$ булади. $l_x \leq 1,5d_x$ да эса окимча тулик кенгайишга улгурмайди, натижада сарф камайиб кетади.

Найчаларнинг турлари ва уларнинг гидравлик коэффициентлари.

Цилиндрик найчаларнинг камчиликлари шулардан иборатки, уларнинг узунлиги етарли булиб, окимча тулик кенгайишга улгурса (3.47 – расм, а), у холда каршилиқ ортиб кетади. Шунинг учун одатда бошка хилдаги найчалар ҳам кулланилади. Улар конуссимон кенгаювчи (3.49 – расм, а) конуссимон тораювчи (3.49 – расм, б) ва коноидаль (3.49 – расм, в) найчалардир.

3.48 – расм: а – конуссимон кенгаювчи найча, б – конуссимон тораювчи найча, в – коноидаль найча.

Конуссимон кенгаювчи (диффузор) найчаларда окимча киришда жуда куп тораяди, сунгра тез кунда боради ва найчани бутунлай тулдиради. Шунинг учун сикилиш коэффициенти $\varepsilon = 1$. Конуслик бурчаги $\varepsilon > 8^\circ$ булганда эса окимча тулик кенгая олмайди ва натижада найча деворларига тегмай окади. Бу холдаги окиш, юпка деворларига тегмай окади. Бу холдаги окиш юпка девордаги тешикдан окишдан фарк килмайди.

Кенгаювчи найчаларда тезлик, сикилиш ва сарф коэффициенти $m = 0 = 0,45$ булади. Бундай найчаларда тезлик камайиб кетади. Бунга сабаб найчада кетишидир. Шунга карамай суюклик сарфи анча купаяди. Албатта, сарф коэффициентидан бунинг акси куринади, лекин бу коэффициенти кенгайган кесимида тегишли эканини хисобга олсак, сарфнинг купайиши тушунарли булади. Конуссимон кенгаювчи найчаларда окимча торайган ерда вакуум пайдо булади ва суриш эффектини вужудга келтиради. Бу

эффект цилиндрик найчаларда ҳам булади, лекин кенгаювчи найчаларда кучли. Бундай найчалар паст босимларда яхши натижа беради.

Конуссимон тораювчи найчаларда ҳам ϕ , m , s коэффициентлари конусли бурчаги 0 га боглик. Бундай найчаларда киришда окимча тораяди (бу ходиса цилиндрик найчалардагига караганда камрок булади) сунгра кенгаяди. Найчадан чикишида эса окимчанинг кесими торайишда давом этади ва окимчанинг иккинчи (ташки) торайиши юз беради. Бу найчаларда ички торайиш кам булгани учун унга сарф булган энергия ҳам кам булади. Тажрибалардан маълумки, тораювчи найчаларда тезлик коэффициенти конусли бурчаги ортиши билан ортиб боради; сарф коэффициенти эса аввал орта бориб, $\theta = 13^\circ$ да энг катта кийматга ($m = 0,946$) эришди, сунгра камаяди. Шунини айтиш керакки, сарф коэффициенти ортишига карамай, тораювчи найчаларда сарф камаяди, чунки барча коэффициентлар чикиш кесимига нисбатан олинган. Бу найчаларда чикиш кесими кириш кесимига нисбатан торайгани учун катта тезлик олиши мумкин.

Коноидаль найчаларнинг шакли юпка девордаги тешикдан оқаётган суюклик окимчаси шаклига ухшаш булади. Шунинг уларда ички торайиш бошка найчалардагига караганда жуда кичик булиб, каршилик ҳам кам булади. Тажрибаларнинг курсатишича бу холда $m = \phi = 0,97$; $s = 1$ булади, лекин уларни яшаш кийин булгани учун амалда жуда кам кулланилади.

Турли найчалар сув учун окиш, коэффициентларининг кийматлари 3.4 – жадвалда келтирилган. Турли найчалар актив трубаларининг сурувчи трубаларида, фонтанларнинг сополларида, брандспойт, гидромониторларда, турли суюкликнинг сурувчи ва сочувчи ҳамда бошка турли курилмаларда ишлатилади.

Найчалар катта идиш деворига эмас, трубанинг учига урнатилган булса, (3.116) ва (3.122) формулалардаги унга киришдаги тезлик v_1 ни хисобга олиш керак булади. Бу холда сарф формуласи куйидагича ёзилади:

бу ерда :- D_k ва D_r – найча ва труба диаметрлари.

Баъзи холлардаги катта сарф ёки тезлик олиш учун икки хил найчани кетма – кет куйилади. Масалан, брандспойтларда трубанинг учига охири цилиндрик найча билан тугайдиган конуссимон тораювчи найча куйилади.

Турли шаклдаги найчалар ва думалок тешик учун саклаш, тезлик ва сарф коэффициентлари.

3.4 – жадвал

Найчалар тури ва тешиклар	Расмлар	g	v	M
Юпка девордаги думалок тешик	3,47	0,64	0,97	0,2
Ташки цилиндрик найча	3,47	1	0,82	0,82
Икки цилиндрик найча	3,47	1	0,71	0,71
Конуссимон камаювчи найча	3,48	1	0,43	0,4
$0 = 7^0$	3,48	0,982	0,93	0,94
Конуссимон тораювчи найча				
$0 = 13^0 24$ булганда				
Кондаль найча	3,48	1	0,97	0,97

XVI – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидравлик зарб.

Маъруза режаси:

1. Гидравлик зарбни хосил булиши.
2. Зарб тулкини.
3. Жуковский формуласи.

Таянч суз ва иборалар.

Гидравлик зарб, тулкин, тулкин тезлиги, босимни ортиши, босимни камайиши, зичлик.

Гидравлик зарба ходисаси.

Трубаларда гидравлик зарба ходисаси деформациялануви трубалардаги кам сикилувчи суюкликнинг тезлиги ёки босими кескин узгарганида хосил буладиган тебранма харакатдан иборатдир. Бу ходиса тез содир булиб, босимнинг кескин ортиши ва камайиши билан характерланиди. Босимнинг бундай узгариши суюкликнинг ва труба деворларининг деформацияланиши билан боғлиқдир.

3.49 – расм. Гидравлик зарба ходисаси.

Гидравлика зарба холларда жумрак ёки окимнинг бошқарувчи бирор бошка курилманинг тез очилиши ёки ёпилиши натижасида содир булади. Унга бошка ходисалар ҳам сабаб булиши мумкин. Трубалардаги гидравлик зарбани биринчи марта проф. Н.Е.Жуковский назарий асослаган ва тажрибада текшириб курган ва унинг “О гидравлическом ударе”, номли асарида (1899 й.) эълон килинган. Суюклик v_0 тезлик ва p_0 босим билан ҳаракат қилаётган трубанинг охиридаги кран жумрак «Ж» бир онда ёпилсин дейлик (49 – расм, а). У ҳолда кран (ёпилганидан сунг) биринчи етиб келган суюклик заррачаларининг тезлиги суниб уларнинг кинетик энергиялари трубанинг деворларини ва суюкликни деформациялаш ишига айланади. Бу ерда гидравликнинг аввал курилган булимларидаги каби суюклик сикилмайди деб ҳисобламай, унинг сикилиши оз миқдорда бўлса ҳам ҳисобга олишга тугри келади, чунки шу сиклиш катта ва чекли миқдордаги зарба босими Δp_3 ни вужудга келтиради. Шундай қилиб жумрак олдида ҳосил бўлган Δp_3 қушимча босимга мос равишда труба деворлари чузилиб, суюклик сикилди. Жумрак олдида тухтатилган суюклик заррачаларига қушни бўлган заррачалар ҳам етиб келади ва уларнинг ҳам тезликлари сунади. Натижада босим ошиш чегараси ($a - a$ кесим) жумракдан таъминловчи идиш томонга, зарба тулкинининг тезлиги деб аталувчи a тезлик билан силжиб боради. Босими Δp_3 га узгарган соҳанинг узи эса зарба тулкини деб аталади. Бу тулкин идишга етиб борганда эса, суюклик бутун труба бўйича тухтаган ва сикилган бўлиб, труба деворлари эса бутунлай чузилган булади. Босимнинг зарбали ортиши Δp_3 эса труба бутунлай таркалган булади (49 – расм, б). Лекин трубадаги суюклик тенг вазнли ҳолатда бўлмайди. Босимлар фарқи Δp_3 таъсирида суюклик трубадан идишга оқа бошлайди. Бу оким идишнинг бевосита олдида турган зарралардан бошланиб, унинг ченгараси ($a - a$ кесим, тескари йуналишда) кран томонга a тезлик билан ҳаракат қилади ва кетида тикланган p_0 босимли v_0 тезликка эса суюклик окимин қолдиради (49 – расм, в). Суюклик ва труба деворлари эластик деб қарашиб, p_0 босими тикланиши билан уз холига қайтади. Деформация иши қайта кинетик энергияга айланиб, суюклик яна аввалги v_0 тезлигига эса булади ва тескари йуналишда оқа бошлайди. Суюклик устуни ана шу тезлик билан оқишда давом этиб, жумракдан узилишга интилади (49 – расм, г). Натижада крандан идишга a тезликда ҳаракат қилувчи манфий зарра тулкини вужудга келади ва у босимни Δp_3 га

камайтириб, труба деворини торайтириб, суюкликни кенгайтиради (49 – расм, д). Суюкликнинг кнетик энергичси эса яна деформация ишига айланади, лекин бу иш энди манфий булади. Бу харакатдавом этиб бориб, манфий зарра тулкини хам идишга етиб келади (49 – расм, е). Мусбат зарба тулкинидаги бу каби холат хам тенг вазнди булмайди ва натижада трубада яна босим тиклана бошлайди, суюклик эса v_0 тезликка эришади (49 – расм, ж). Идишдан кайтган зарба тулкин жумракка етиб боришибилан жумрак ёпилгандагина узшаш ходиса яна вужудга келади. Шундан сунг бутун цикл такрорланади.

Н.Е.Жуковский тажрибаларида бундай циклнинг 12 марта такрорланиши кайд килинган, лекин хар бир навбатдаги циклда, ишкालаниш кучи ва энергиянинг идишдаги суюкликка утиши натижасида Δp_3 камайиб борган. Гидравлик зарбанинг вакт давомида утиши 50 – расмда диаграмма курунишда тасвирланган. (50 – расмда, а) диаграмма жумрак бир онда ёпилган деб караб, жумракнинг олдидаги к нуктадаги босимнинг назариядаги узгариши Δp_3 туташ чизик билан тасирланган. Трубанинг уртасида в нуктага зарба босими $1/2a$ вактга кечикиб келади ва тулкиннинг бу нуктадан идишга кайтиб келгунича, яъни $1/a$ вакт сакланиб туради. Сунг в нуктада босим p_0 га тикланади (яъни $\Delta p_3 = 0$) ва шу холда тескари тулкин етиб келгунча $1/a$ вакт сакланади (50 – расм, б).

3.50 – расм. Гидравлик зарбада босимнинг вакт давомида узгариши.

50 – расмда босимнинг хакикий узгариши хам тасвирланган булиб, у пнуктир чизик билан ифодаланган. Бундай куринадики хакикий босим графиги тик узгаргани билан, бу узгариш кескин эмас. Бундан ташкариш, тебраниш суниб боради, яъни унинг амплитудаси энергиянинг сарф булиш хисобига камайиб боради.

Тугри зарба учун Н.Е.Жуковский формуласи.

Гидравлик зарба вақтида буладиган ухгаришларни ва зарба кучини ҳисобга олиш учун зарба босими Δp_3 нинг қийматини аниқлаш керак. Бунинг учун зарба босими остида суюкликнинг сикилган холи учун ҳаракатмикдорини узгариши ҳақидаги теоремани куллаймиз. Шу мақсадда трубадаги суюкликнинг dx элементар масофага dt вақтда силжишини курамиз (51 - расм). Бунинг учун бирор вақтда трубадаги суюкликнинг жумрак олдидаги Δl булагини зарба таъсирида сикилган бўлсин. У ҳолда суюкликка идиш томонидан $P_1 = p_0 S$ босим кучини, кран томонидан эса $P_2 = (p_0 + \Delta p_3) \times S$ кучни dt вақт таъсир қилади. Суюклик зарба етиб келмаган қисмининг ҳаракат микдори $\rho s v_0 dx$, зарба таъсири остидаги қисмининг ҳаракат микдори $\rho s \times Q \times dx$ булади. Шундай қилиб, курилайтган ҳолда ҳаракат микдорининг узгариши ҳақидаги теорема кулланган мувозанат тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$(p_0 + \Delta p_3) S dt - p_0 S dt = \rho S v_0 dx$$

Бу тингликдан

$$\Delta p_3 S dt = \rho S v_0 dx$$

ёки

$$\Delta p_3 = \rho v_0 dx/dt$$

Бу ерда :- dx/dt – зарба тулкининг таркалиш тезлиги.

$$a = dx/dt$$

дан иборат ва охириги тенглама қуйидагича ёзилади:

$$\Delta p_3 = \rho v_0 a$$

Бу формула Н.Е.Жуковский формуласидир. Ундан курилатидики, гидравлик зарба босими суюкликнинг зичлиги, тезлиги ва шу суюкликда тулкин таркалиши тезлигига пропорционал бўлиб уларнинг купайтмасига тенг. Агар суюкликда тулкин таркалиши тезлигини аниқласак, тезликни улчаб (зичлик жадвалларини маълум), формула ёрдамида зарба босимини топа оламиз. Шунини айтиш керакки, а суюкликнинг ва трубадаги эластиклик хоссаларига боғлиқ. Бу боғлиқликни аниқлаш учун трубадаги суюклик кинетик энергиясининг деформацияга сарф буладиган ишга айланишини текшираемиз. Радиуси R бўлган трубадаги суюкликнинг кинетик энергияси қуйидагича тенг:

3.51 – расм. Гидравлик зарба учун Н.Е.Жуковский формуласини чиқаришга доир чизма.

3.52 – расм. Гидравлик зарба вақтида труба деворининг чузилиши.

Трубани деформациялашга кетган иши A_1 кучининг чузилишга купайтмасининг ярмига тенг. Деформация ишини зарба кучининг ΔR (52 – расм) йулга сарф булган иш сифатини топамиз:

$$A_1 = 1/2 \Delta p_3 2\pi R \Delta R$$

Гук конунига асосан

$$\Delta R = E \Delta R / R$$

Бу ерда :- δ – труба деворидаги нормал зуриқиш, у трубанинг калинлиги δ ва зарба кучи Δp_3 билан куйидагича боғланган:

$$\Delta R = \Delta p_3 / \delta R$$

Бу муносабатлардан фойдаланиб трубани деформациялаш ишини куйидагича ёзамиз:

$$A_1 = \Delta p_3^2 \pi R^3 l / \delta E$$

Энди трубадаги суюкликни Δl масофадаги (52 - расм) сикиш иши A_2 ни топамиз. Бунда сикилган суюклик сарфи $S \times \Delta l$ десак,

$$A_2 = 1/2 \times S \Delta l \Delta p_3 = \pi R^2 / 2 \Delta l \times \Delta p_3$$

Гук конунига узшаш, суюкликнинг чизикли чузилиши харба кучи билан куйидагича боғланган:

$$\Delta p_3 = K \Delta l / l$$

бу ерда :- K – суюкликнинг эластикли модули. У холда

$$A_2 = 1/2 \times \Delta p_3^2 \pi R^2 l / K$$

Кинетик энергия A_1 ва A_2 ишларнинг йигиндисига тенг, яъни

$$1/2 \pi R^2 \rho v_0^2 = \Delta p_3^2 \pi R^3 l / \delta E + \Delta p_3^2 \pi R^2 l / K$$

Бу тенгламани Δp_3 га нисбатан ексак

$$\Delta p_3 = \rho v_0 l / \sqrt{p/K + 2pR / \delta E}$$

Н.Е.Жуковский формуласини умумийроқ курунишда топдик. Охирги иккала формулани солиштирсак, суюкликда тулқин таркалиш тезлиги учун куйидаги формулани оламиз:

$$a = 1 / \sqrt{p/K + 2pR / \delta E}$$

Бу микдорнинг улчови тезлик улчовига тенг. Унинг физик маъносини аниқлаш учун трубани деформацияланмайдиган (яъни $E = \infty$) деб қараймиз. У холда илдиз остидаги иккинчи хад нолга айланади ва

$$a = \sqrt{K/\rho}$$

билиб колади. Охирги формула зичлиги ρ ва эластикли модули K булган бир жинсли суюклик учун товуш тезлигидан иборатдир. Шундай қилиб, трубаларда гидравлик зарба тулкинининг таркалиш тезлиги формула ёрдамида ҳисобланади. Бу тезлик сув учун 1435 м/с, бензин 1116 м/с, ёғлар учун 1400 м/с деб тахминий ҳисоблаш мумкин. Албатта, трубанинг материалига қараб у купрок ёки камрок булади.

XVII – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидравлик зарб босимини сусайтириш ва зарб босимидан фойдаланиш.

Маъруза режаси:

1. Гидравлик зарбни сундиргичлар.
2. Гидравлик таран.

Таянч суз ва иборалар.

Гидравлик зарб тулкини, тулкини сунити, ҳаво болиши, гидравлик таран, насос.

Гидравлик зарбани сусайтириш усуллари.

Гидравлик зарба таъсирини сусайтириш турли усуллари билан амалга оширилади.

Биринчи усул – жумракнинг кескин очилиш ёки ёпилиш вақти t ни узайтириб, $t > 2l/v$ га тенг етказиш йули билан тугри гидравлик зарбани йукотиб, Δp_3 ни камайтириш. Бу иш, одатда дроселли реле ёрдамида бажарилади. Одатда, жумракнинг ҳолати (очик ёки ёпиклиги) суюклик трубапроводга реле орқали утгани учун унинг сарфи (демак, тезлиги) пружинали клапан ёрдамида аста – секин узғариб, маълум вақтдан кейин керакли қийматга етади. Таҷрибаларнинг курсатишича трубалар зарбасиз туташтириш босимнинг узғариши 22 МН/м² атрофида ва $t \approx 0,1$ с булганда ишончли таъминланади.

Иккинчи усул – трубаларга гидравлик зарбани сунгдирган (компенсатор) лар урнатиш. Сунгдиргичлар трубадаги суюкликка нисбатан юкори сикилувчанлик хусусиятига эга булган эластик элементли идишлар булиби, турли конструктив тузилишга эса (53 - расм). Энг куп тарқалган сунгдиргичлар эластик элементи пружина

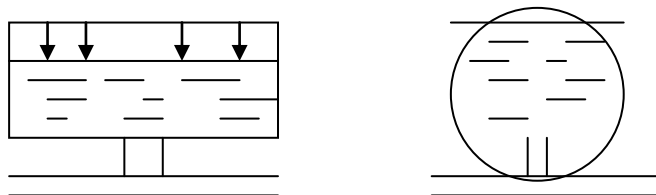
(53 – расм, а) ва газ (53 – расм, б) булган поршенли, мембранали (53 – расм, в) ва клапанли (53 – расм, г) сунгдиргичлардир. Сунгдиргичлар, одатда, зарба тугдирувчи (жумрак) ёки зарбадан химояланувчи кисм ёнига урнатилади. Улар ёрдамида зарба босимининг камайиши сунгдиргичга суюклик окими билан бирга келган кинетик энергиянинг эластик элементлар томонидан ютилиш хисобига амалга ошади. Сунгдиргичнинг эластик элементи канча куп деформацияланса, ютилган энергия ҳам шунча куп булади. Шунинг учун эластик элементнинг эластик характеристикаси имкон берган чегарада мумкин булган деформациянинг узгармас булишига ҳаракат қилиши керак булади. Бу эса газли сунгдиргичларда газ булмасини шундай танлаб олишни тақозо қиладики, зарба тулкининг ютилишида босимнинг узгариши минимал булиши керак. Амалда бундай сунгдиргичларда газ булмасининг ҳажми трубадаги суюкликнинг икки секундлик сарфига тенг қилиб олинади, бошлангич босими эса магистрадаги максимал босимдан купрок булиши зарур.

Поршенли сунгдиргичларнинг камчилиги уларнинг инертлиги бўлиб, бу поршеннинг массаси ва ишқаланиш кучига боғлиқлиги ва унга труба билан сунгдиргични тугаштирувчи каналдаги суюкликнинг инертлиги қушилади. Бу кучлар зарба тулкининг сунгдиргич поршенининг таъсири натижасида гармоник тебраниш вужудга келишига сабаб ва натижада сунгдиргич ҳамда трубадаги босим тебраниши қушилиб, каналдаги босим зарба босимидан ошиб кетиши мумкин. Натижада сунгдиргич зарба энергиясини ютиш урнига қучайтириш мумкин. Инертликни камайитириш мақсадида сунгдиргични газ ёки суюкликни ажратувчи эластик мембрана билан таъминланади (53 – расм, в). Юқоридаги айтилганидек сунгдиргичда тебранма ҳаракатнинг пайдо булиши ва зарба тулкининг қучайишига труба билан сунгдиргични туташтирувчи каналнинг узунлиги ва диаметрининг таъсири бор эканлиги тажрибалардар текширилган. Шунинг учун каналнинг узунлиги ва диаметрини тулкиларга арақ таъсир қиладиган қилиб танлаб олинади. Зарба тулкиларини клапанли сунгдиргичлар (53 – расм, г) ёрдамида ҳам сусайитириш мумкин. Бу ҳолда клапан ва энергияни ютувчи эластик элементларнинг инертлигини иложи борица камайтирилади.

Клапанли сусайтиргичга қирган суюкликнинг эластик элементга таъсирини камайитириш ва унинг яқинроқ ишлашини таъминлаш учун суюкликнинг атмосферага оқиб кетишига хизмат қилувчи кисми булади.

Учунчи усул – гидравлик зарба пайдо булиши қутирадиган трубанинг узунлигини ошириш. Бу ҳолда қаршилик хисобига

энергия камайиши ва зарба тулкини даврининг ортиши натижасида тубри зарбани йукотиш йули билан зарба тулкининг таъсири камайтиради.



3.53 – расм. Турли сундиргичлар.

Гидравлик зарбадан амалда фойдаланиши.

Техникада баъзи холларда гидравлик зарбадан ҳам фойдаланиш мумкин. Масалан, гидравлик зарба энергиясидан суюкликни юкорига кутариш учун фойдаланилади. Шу максатда ишлатиладиган курилма гидравлик таран дейилади.

Гидравлик тараннинг тузилиши жуда содда булиб, унинг асосий қисмлари хаво калпоги ва хабарчи калпандан иборатдир (54 - расм).

Таъминловчи идиш 1 дан труба 2 орқали оқётган суюклик клапан 3 орқали оқётган булади.

Гидротаран иш циклининг бу даври тезланиш даври дейилади. Клапан 3 га киришда оқимнинг кесими торайиб боради (тиркиш 4) ва Бернулли принципага асосан суюкликнинг тезлиги ортиб, босим камайиб боради. Натижада кесимнинг энг торайган ерида босим шунчалик камаядики, клапан 3 пружинанинг қаршиликни енгиб, тиркиш 4 ни ёпиб қуяди. Бу ёпилиш бир онда (секунтнинг кичик улушларида) булгани учун системада гидравлик зарба таркалади. Гидравлик зарба босими таъсирида клапан 6 очилиб, хаво калпогига суюклик зарб билан қиради ва ундаги хавони сикади. Шу билан бирга зарба қучи суюкликнинг бир қисмининг хайдаш труба 7 орқали қабул қилувчи идиш 8 га чиқариб беради. Гидротаран иш циклининг бу даври хайдаш даври дейлади. Зарба босими хаво калпогида суниб ва труба таъминловчи идиш сатҳ баландлигини H_1 билан ифодаланувчи нормал босим тикланади ёки тесқари зарб ҳосил булиб, трубада босим камаяди. Натижада клапан 3 очилиб, гидротаранда цикл яна такрорланиши учун шароит вужудга келади.

Гидротаранларнинг хисоблашда фойдали иш коэффициентининг аниқлаш учун Эйтельвейн куйидаги формулани таклиф килган:

$$\eta = 1.12 - 0.2 \sqrt{H_2 - H_1}/H_1$$

бу ерда :- H_1 , H_2 – таъминланувчи ва қабул килувчи идишдаги суюклик сатхининг баландлиги.

Баъзида зарба босими Δp_3 , ни камайтиришдан кура системанинг зайф кисмларининг мустахкамлигини оширишни афзал куради.

3.54 Гидравлик таран