ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

Наманган муҳандислик–педагогика институти

«Қурилиш” факультети

«Муҳандислик коммуникациялари қурилиши” кафедраси

«Гидравлика ва гидропневмоюритмалар” фанидан

МУАММОЛИ МАЪРУЗАЛАР МАТНИ

5140900– Касб таълими йўналишлари бўйича таълим олаётган талабалар учун мўлжалланган.

Институт Услубий
Кенгашида тасдиқланган
«___” ________ 2006й.

Наманган – 2006

Аннотация

Мазкур «Маърузалар матни” 5140900– Касб таълими йўналишлари бўйича таълим олаётган талабалар учун мўлжалланган бўлиб, «Гидравлика ва гидропневмоюритмалар” фани бўйича ўқув-ишчи дастурига мувофиқ 36 соатлик маъруза машғулотлари мавзуларини ўз ичига олган. Унда суюқликларнинг ва газларнинг мувозанат ва харакат қонунларини ўрганиш ҳамда бу йўналишдаги ўзгаришлар, муаммолар атрофлича ёритиб берилган.

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

Маърузалар матни «Мухандислик коммуникациялари қурилиши” кафедраси йиғилишида кўриб чиқилган ва маъқулланган.
Мажлис баёни № «___” __________2006й

Маърузалар матни «Қурилиш” факультети услубий кенгашида кўриб чиқилган ва тасдиқланган.
Мажлис баёни № «___” _________2006й

Муаллифлар: т.ф.н., доц. Баходиров А.
асс. Жўраев Ш

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

Сўз боши

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

Ёш мутахассис кадрларни тайёрлашда техник адабиётларнинг, шу жумладан дарслик ва ўқув қўлланмаларининг тутган ўрни беқиёсдир. Лекин бугунги кунда «Гидравлика ва гидропневмоюритмалар” фани бўйича мавжуд адабиётларнинг сон жихатдан ҳам, сифат жихатдан ҳам талаб даражасида эмаслиги хеч кимга сир эмас.

Бу йўналишдаги муаммоларни бироз бўлсада ҳал қилиш, «Гидравлика ва гидропневмоюритмалар” фанини талабалар томонидан чуқур ўзлаштиришга эришиш мақсадида мазкур» Маърузалар матни” тузилди.

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

Муаллифлар.

1 – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Кириш. «Гидравлика ва гидропневмоюритмалар» фанининг тарихи, бошқа фанлар билан алоқаси. Суюқликларнинг асосий физик хоссалари

Ўқув модул бирликлари:

1. «Гидравлика ва гидропневмоюритмалар» фанининг тарихи, бошқа фанлар билан алоқаси.
2. Суюқликларнинг мувозанат ва харакат қонунлари.
3. Суюқлик тўғрисида асосий тушунчалар.
4. Суюқликларга таъсир қилувчи кучлар ва суюқликларда босим.
5. Суюқликаринг физик хоссалари, солиштирма оғирлик ва солиштирма хажм.
6. Зичлик, суюқликларнинг хажм ўзгариши.

Таянч сўз ва иборалар:
Суюқликнинг мувозанати, харакат қонунлари, юза, босим йўналиш, бир-бирлик юзага берилган босим, идеал суюқлик, реал суюқлик, идеал ва реал суюқлик хоссалари, солиштирма оғирлик, хажм, зичлик, ёпишқоклик, иссиқлик кенгайиш, сиқилиш, суюқликнинг хажм ўзгариши, суюқликнинг ишқаланиши.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ
1.Қандай жисмлар сувда сузиб юради?

2. Гидравлика фанининг ривожланишига хисса қўшган олимлар ҳақида нималарни биласиз?

3. Суюқликларнинг асосий хоссаларини гапириб беринг?
4. Идиш сиртидан Н метр чуқурликда турган жисмга қандай кучлар таъсир этади.
5. Суюқликнинг асосий физик хоссалари ҳақида нима биласиз?

6. Суюқликларди ишқаланиш қандай вужудга келади?

7. Суюқликлар сиқилмайди деб ҳисобланади. Шу фикр тўғрими?
8. Қовушқоқликни қандай аниқлаш мумкин?

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

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

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

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

Бизгача етиб келган, гидравликага алоқадор илмий ишлардан биринчиси Архимеднинг «Сузиб юрувчи жисмлар ҳақида” асаридир. Суюқлик қонунларининг очилиши эрамизининг XVI-XVII асрларидан бошланди. Буларга Леонардо да Винчининг суюқликларнинг ўзандаги ва трубадаги ҳаракати, жисмларнинг сузиб юриши ва бошқаларга боғлиқ ишлари, С.Стевеннинг суюқликнинг идиш тубига ва деворларига таъсир қилувчи босим кучи, Г.Галилейнинг жисмларнинг суюқликдаги ҳаракати ва мувозанати ҳақидаги ишлари, Е.Торичеллининг суюқликларнинг кичик тешикдан оқиб чиқиши, Б.Паскалнинг босимнинг суюқлик орқали узатилиши тўғрисидаги, И.Ньютоннинг суюқликлардаги ички қаршиликлар қонуни ва бошқа ишлар киради. Кейинчалик суюқликларнинг мувозанат ва ҳаракат қонунлари икки йўналиш бўйича тараққий қила бошланди. Булардан бири тажрибаларга асосланган гидравлика бўлса, иккинчиси назарий механиканинг мустақил бўлими сифатида тараққий қила бошлаган назарий гидромеханика эди.

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

Гидравлика ўз хулосаларини суюқлик ҳаракатининг соддалаштирилган схемаларини қараш асосида чиқаради ва одатда назарий тенгламаларга эмпирик коэффициентлар киритиб, уларни тажрибалар ўтказиш йўли билан аниқлайди. Шунингдек, гидравлика оқимнинг кесим бўйича ўртача тезлиги ва босимининг ҳаракат давомида йўлнинг бир нуктасидан иккинси нуқтасига ўтганда қандай ўзгариб боришини текшириш билан қаноатланади. Кейинчалик эса гидравлика билан гидромеханика фани ўзаро яқинлашиб, бир-бирини тўлдирувчи фанга айланади. Бу нарса асримиз бошида ижод этган олим Л.Прандтлнинг номи билан боғлиқдир.

Ҳозирги замон гидравликаси назарияни тажриба билан боғлаб, назарий текширишларни тажрибада синаш, тажриба натижаларини эса назарий асосда умумлаштириш йўли билан тараққий қилиб борувчи ва ўз текширишларида гидромеханиканинг усуллари ҳамда ютуқларидан фойдаланиб борувчи фандир.

Гидравликанинг тараққиётида рус олимларининг ҳам муҳим ҳиссаси бор. Гидромеханика фанининг асосчилари Д.Бернулли ва Л.Эйлр Петербург фанлар Академиясининг аъзолари бўлиб, Россияда яшаб, ижод этганлар. Н.П.Петровнинг гидродинамик сирпаниш назарияси, Н.Е.Жуковскийнинг гидромеханикадаги муҳим ишлари ва трубалардаги зарба назарияси, В.Г.Шуховнинг нефть қувурларини ҳисоблаш бўйича ишлари, А.Н.Криловнинг кемалар назарияси, Н.Н.Павловскийнинг суюқликларнинг фильтрацияси ва бошқа совет олимларининг ишлари дунё фанига қўшилган буюк ҳиссаси бўлиб ҳисобланади. Н.Е.Жуковский, С.А.Чаплигин ва Н.Е.Кочинлар замонавий аэродинамика ва газ динамикасининг асосчилари бўлиб, бу фанлар ҳозир ҳам самолёт ва ракеталар ҳаракатини ўрганишда ката роль ўйнайди.

Ҳозирги замон саноати ва техникасида ўзбек олими Х.А.Рахматулин асос солган кўп фазали муҳитлар гидродинамикаси муҳим аҳамиятга эга.

Ҳозирги замон суғориш системасини, ҳимия саноатини, қишлоқ хўжалик саноатини ва техниканинг бир қанча соҳаларини насослар, компрессорлар, гидроузатмаар ва бошқа гидромашиналарсиз тасаввур қилиб бўлмайди.

Гидромашиналар – механик ҳаракатни суюқликнинг ҳаракатига ёки суюқликнинг ҳаракатини механик ҳаракатга айлантириб берувчи қурилмалардир. Гидромашиналарнинг юритмалар деб аталувчи турларида эса механик ҳаракат аввал суюқликнинг ҳаракатига айлантирилиб, сўнгра Яна механик ҳаракатга айлантирилади. Бу қурилмалар ўзига хос махсус қисмлардан ташкил топган бўлиб, бу курсда гидроюритмаларни гидромашиналардан алоҳида кўриб чиқилади.

Инсоният тарихда суюқлик ҳаракатини механик ҳаракатга айлантириб берувчи биринчи қурилма чрахпалак бўлиб, унинг Ўрта Оси ё, Ҳиндистон, Хитой ва Мисрда бундан 3000 йиллар аввал суғориш ишларида ва тегирмонларда қўлланилган маълум. Биринчи насос – поршенли насос бўлиб, инсон ёки ҳайвон кучи билан ҳаракатга келтирилган. Бу машиналар Россияда қадимдан маълум эди. М.В.Ломоносов ўз асарларида чуқур шахталардан сувни тортиб олишда фойдаланиш мақсадида насосларнинг тузилиши ва конструкцияларини келтирган. У бир қанча қурилмаларни чархпалак ёрдамида ҳаракатга келтириш усуллари устида ишлади ва амалда жорий этди. XVIII аср ўрталарида гидравлик қурилмалардан фойдаланувчи заводлар Уралнинг ўзида 150 дан ортиқ эди. И.И.Ползунов томонидан кашф қилинган (1765 йил.) буғ машинаси поршенли насосларни ҳаракатга келтириш учун кенг қўллана бошлади. Л.Эйлер (1707-1783 йиллар) ўзининг машҳур парракли гидромашиналар назариясини яратди ва парракли гидромашиналарнинг ишини ҳарактерловчи муҳим муносабатлари ҳосил қилди. Бу муносабатлар, 1835 йил А.А.Саблуков марказдан қочма насосни кашф этганидан кейин, гидравлик турбиналар ва марказдан қочма насосларни лойиҳалашда қўлланила бошлади.

В.Г.Шухов нефтни чуқур қудуқлардан чиқариб олиш учун поршенли насосларнинг бир қанча конструкцияларини ишлаб чиқди. Н.Е.Жуковский ва С.А.Чаплигинлар қаноатларнинг суюқликдаги ҳаракати назариясини яратдилар. Бу назария кейинчалик паррракларни ва йўналтирувчи қурилмаларни лойиҳалашда асос бўлиб хизмат қилди, турбина ва насослар тузилишидаги муҳим тараққитларга йўл очиб берди. И.И.Куколевскийнинг динамик ўхшашлик қонунларини марказдан қочма насосларни лойиҳалашда қўллаши насослар қурилиши бўйича лаборатория тажрибаларни илмий асосга қўйди.

Гидромашиналар каби гидроузатмалранинг ҳам айрим қисмлари қадим замонлардан қўлланилиб келган, лекин уларнинг ҳозирги замон тушунчасида (яни бир қанча қурилмалар комплексида) қўлланилиши яқин вақтларда бошланди. 1888 йила Россияда металлургия заводи инженерлари гидроузатмалардан фойдаланганликлари маълум. 1907 йилдан бошлаб денгиз флотида гидроузатмалар (гидротрансформатор ва гидромуфталар) қўлланила бошлади.

Ватанимиз тоғ саноатида гидроюритмалар 1933-1937 йиллардан фойдаланила бошланди. 1950 йилдан бошлаб гидромашиналар ва гидроузатмаларни мамлакатимиз саноатида қўлланилиш жуда тез тараққий қила бошлади.

Ҳозирги кунда бу қурилмалардан пахта териш машиналари, тракторлар, бульдозерлар, турли автомобиллар ва бошқа мезанизмларда кенг қўлланилмоқда.

Гидравлика ва гидромашиналар тараққиётининг истиқболлари юқорида айтилган миқёсда қуйидагиларни ўз ичига олади. Янада қувватлироқ ва фойдали иш коэффициенти юқорироқ насослар, турбиналар ва гидроузатмалар яратиш ва уларни амалда жорий этиш;

- гидромашиналарни ва гидротехник иншоотларни лойиҳалашда ҳозирги замонавий ҳисоблаш усулларини қўллаш ва ЭҲМ лардан кўпроқ фойдаланиш. Машиналарни автоматик бошқариш системалари асосида бошқаришга ўтиш;

- гидроузатмаларда қўлланиладиган иш суюқликларнинг арзонроқ ва сифатлироқ турларини яратиш, иш суюқликларининг тирқишлардан сизиб кетишини камайтириш йўлларини топиш;

- баъзи шароитларда машиналарнинг мойлаш системаларини такомиллаштириш ва уни асосиц қурилмадан ажратиш;

- гидромуфталарда иссиқликдан ҳимоя воситаларини такомиллаштириш ва янги конструкцияларини яратиш;

- пневмоузатмаларда сиқилган ҳаво тайрлаб берувчи қисмларни ва пневмосистемалардаги тирқишларни беркитувчи бўлмаларини яхшилаш ва ҳакозо.

ГИДРАВЛИКА. СУЮҚЛИКЛАРНИНГ АСОСИЙ ХОССАЛАРИ

Суюқлик тўғрисида асосий тушунчалар

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

Гидравликада суюқликлар икки группага: *томчиланувчи* (капельние) *суюқликларга* ва *газсимон суюқликларга* ажралади. Суюқлик деганда томчиланувчи суюқликни тушунишга одатланилган бўлса, улар сув, спирт, нефть, симоб, турли мойлар ва табиатда ҳам техникада ҳам учраб турувчи бошқа ҳар хил суюқликлардир.

Томчиланувчи суюқликлар бир қанча хусусиятларга эга:

1) ҳажми босим таъсирида жуда кам ўзгаради ва сиқилишга қаршилиги жуда катта;

2) харорат ўзгариши билан ҳажми оз миқдорда ўзгаради;

3) чўзувчи кучларга деярли қаршилик кўрсатмайди;

4) сиртида молекулалараро ўзаро қовушқоқлик кучи юзага келади ва у сирт таранглик кучини юзага келтиради.

Томчиланувчи суюқликнинг бошқа хусусиятлари тўғрисида кейинчалик яна тўхталиб ўтамиз.

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

Гидравлика курси асосан томчиланувчи суюқликлар билан шуғулланади. Шунинг учун буни бундан буён тўғридан-тўғри суюқлик деб атайверамиз.

Суюқликлар туташ жисмлар қаторига киради ва мувозанат ҳамда ҳаракат ҳолларида доимо қаттик жисмлар (суюқлик солинган идиш туби ва деворлари, труба ва каналларнинг деворлари ва бошқалар) билан чегараланган бўлади. Суюқликлар газлар (ҳаво) билан ҳам маълум чегара бўйича ажралиши мумкин. Бу чегара эркин сирт (свободная поверхностр) деб аталади.

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

Суюқликларга таъсир қилувчи кучлар

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

ички кучлар - суюқлик заррачаларининг ўзаро таъсири натижасида юзага келади;

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

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

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

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

Суюқликларда босим

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

Бу кучнинг *S* юзага таъсир қилган қисмини *P* билан белгилаймиз.

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

$$p_{ур} = \frac{P}{S}, \tag{1.1}$$

Агар *S* юзани кичрайтира бориб, нуқтага интилтирсак (S→0), $p_{ўр}$ бирор чегаравий нуқтага интилади:

$$p_{ур} = \lim_{S \to 0} \frac{P}{S} \tag{1.2}$$

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

Гидростатик босим Н/м^2 билан ўлчанади.

Суюқликнинг физик хоссалари.

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

$$\gamma \text{қ} \frac{G}{V} \tag{2.1}$$

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

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

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

$$1\frac{k\Gamma}{M_3} \text{қ} 9{,}80665\frac{H}{M^3}$$

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

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

$$\frac{p}{\gamma} = RT \tag{2.2}$$

бу ерда p - босим, $\left(\frac{H}{M_2}\right)$, T - абсальют температура R - газ доимийси

$$\left(R_{хаво} \text{қ} 287 \frac{Ж}{кГ\cdot град},\quad R_{метан} \text{қ} 518 \frac{Ж}{кГ\cdot град}\right)$$

Суюқлик солиштирма оғирлигининг 4^{0}С даги сувнинг солиштирма оғирилигига нисбати унинг нисбий солиштирма оғирилиги бўлади.

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

$$\text{v} \text{қ} \frac{V}{G} \tag{2.3}$$

(2.1) ва (2.3) формулалардан кўриниб турибдики:

$$\gamma\cdot\text{v}\text{қ}1 \text{ ёки } \text{v}\text{қ}\frac{1}{\gamma}$$

Солиштирма ҳажмнинг ўлчов бирилиги СИ системасида:

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

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

$$pv\text{қ}RT \tag{2.4}$$

орқали ифодаланади.

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

$$рқ\frac{M}{V} \qquad (2.5)$$

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

Зичликнинг ўлчов бирлиги қуйидагича аниқланади:

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

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

$$рқ\frac{\gamma}{g}$$

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

$$р_{нисб}қ\frac{M_{суюқ}}{M_{сув}}қ\frac{G_{суюқ}}{G_{сув}}қ\gamma_{нисб} \qquad (2.6)$$

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

$$p_t = \frac{p_{20}}{1 + \beta_t (t - 20)} \qquad (2.7)$$

бунда t - температура (бирлиги ^{0}С), β_t - ҳажмий кенгайиш температура коэффициенти; p_{20} - суюқликнинг 20^0С даги зичлиги.

Сувнинг зичлиги бу қонундан мустасно бўлиб, унинг зичлиги энг катта қийматга 4^0С (аниқроғи $3{,}98^0$С) да эга бўлади. Унинг иссиқлиги бундан ошса ҳам, зичлиги камайиб боради.

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

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

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

Бирлик ҳажмдаги суюқликнинг температураси 1^0С га оширилганда кенгайган миқдори унинг *ҳажмий кенгайиши температура коэффициенти* дейилади ва қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$\beta_t = \frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta t} \tag{2.8}$$

бунда *ΔV*қ*V*-V_c-киздирилгандан кейинги ва бошланғич ҳажмлар фарқи; *Δt*қ*t*-t_0 - температурлар фарқи;

$$[\beta_t]қ\frac{1}{\text{град}}$$

β_t жуда кичик миқдор бўлиб, у сув учун *t*қ20^0С да β_tқ$2\cdot10^{-4}\frac{1}{\text{град}}$, минерал мойлар учун β_tқ$7\cdot10^{-4}$/град; симоб учун β_tқ$18\cdot10^{-5}\cdot1$/град.

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

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

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

$$\beta_p = -\frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta p} \tag{2.9}$$

бунда *Δр*қ*р*-p_0 - ўзгарган ва бошланғич босимлар фарқи; β_p ҳам β_t каби жуда кичик миқдор бўлиб, сув учун *t*қ20^0С да β_pқ$4{,}9\cdot10^{-4}$ $м^2$/МН (МН-меганьютонқ10^6 Н≈10ат), минерал мойлар учун β_pқ$6\cdot10^{-4}$ $м^2$/МН; шунинг учун ҳам кўп ҳолларда сиқилишни ҳисобга олинмайди.

Суюқликлардаги ишқаланиш учун Ньютон қонуни. қовушқоқлик

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

Динамик қовушқоқлик коэффициенти. Суюқликнинг катта юзага эга бўлган идишга солиб, унинг юзига бирор пластинка қўйсак ва бу пластинкани маълум бир куч билан торта бошласак, суюқлик заррачалари пластинка сиртига ёпишиши натижасида ҳаракатга келади. Агар пластинкани қўйилган *F* куч таъсирида олган тезлиги *U* бўлса, у билан ёнма-ён турган заррачалар ҳам *U* тезликка эга бўлади. Идишнинг пастки девори ҳаракатга келмаганлиги сабабли унинг сиртидаги заррачалар ҳаракат қилмайди. Шундай қилиб, суюқликнинг қалинлиги бўйича хаёлан бир қанча юпқа қатламлар бор фараз қилсак, ҳар қатламда заррачалар тезлиги ҳар хил бўлиб, у пластинкадан пастки деворга томон камайиб боради. Ҳаракат ихтиёрий қатламга, унинг устида жойлашган бошқа қатлам заррачалари орқали берилади. Бу ҳаракат суюқлик қатламларининг деформацияланишига олиб келади. Агар суюқлик ичида пастки сирти идишнинг ҳаракатсиз деворидан $у_1$ масофада, устки сирти эса $у_2$ масофада бўлган қатламни кўз олдимизга келтирсак, юқорида айтилган сабабларга асосан унинг пастки сиртида тезлик u_1, юқориги сиртида эса u_2 бўлади. Шундай қилиб, олинган қатламнинг қалинлиги $\Delta у\text{қ}у_2\text{-}у_1$ бўйича суюқлик тезлиги $(u_2\text{-}u_1)\text{қ}\Delta u$ миқдорга ўзгаради, яъни қатламнинг юқориги сирти пастки сиртида нисбатан силжиб қолади ва қатлам деформацияланади. Силжиш бурчагини α деб белгиласак, силжиш катталиги $tg\alpha\text{қ}$ бўлади. Қатлам қалинлигини чексиз кичрайтириб дифференциал белгилашга ўтсак, у ҳолда юқоридаги нисбат тезлик градиентини беради. Агар суюқлик сиртидаги пластинкага қанча кўп куч қўйсак, силжиш шунча кўп бўлади. Бу нарса қўйилган куч билан тезлик градиенти орасида қандайдир боғланиш мавжудлигини кўрсатади.

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

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

$$F\text{қ}\pm\mu S\frac{du}{dy} \tag{2.10}$$

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

$$\tau\text{қ}\frac{F}{S}\text{қ}\pm\mu\ \frac{du}{dy} \tag{2.11}$$

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

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

$$l_p\text{қ}\mu\frac{du}{dy}\text{-}\int\lambda_p(1\text{-}\varphi_2)udy\text{Қ}B \tag{1.11a}$$

бу ерда $\lambda_p\text{қ}(1\text{-}\varphi_2)$- бир қаватдан иккинчи қаватга молекулаларнинг ўтишини билдирувчи коэффициетдир.

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

Қовушқоқлик коэффициентининг бирлиги СИ да қуйидагича:

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

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

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

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

$$\nu қ \frac{\mu}{\rho} \tag{2.12}$$

ν нинг СИ даги бирлиги $\frac{M^2}{C}$, СГС системасида $\frac{CM^2}{C}$ ёки стокс (ст) билан ифодаланади. Справочникларда ва техник адабиётда унинг кичик ўлчамлари ҳам (сантистокс - сст) учрайди. $1 м^2/сқ10^4$ стқ10^6 сст.

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

Ички идишга текширилаётган суюқлик қуйилиб, унинг температураси икки идиш оралиғидаги сувни қиздириш йўли билан зарур бўлган температурагача етказилади. Текширилаётган суюқлик температураси термометр 6 ёрдамида ўлчаб турилади. Суюқлик зарур температура *t*` гача қизигандан сўнг тиқин очилади ва секундомер ёрдамида 200 $см^3$ суюқлик 3 оқиб чиққан вақт белгиланади. Худди шундай тажриба tқ20^0С да дистилланган сув билан ҳам ўтказилади. Текширилаётган суюқликнинг tқ20^0С дан оқиб чиққан вақтларнинг нисбати қовушқоқликнинг шартли градуслари ёки Энглер градусларини билдиради.

$$^0Eқ\frac{T_{суюқлик}\ t`}{T_{сув\ tқ20°C}}$$

Энглер градусидан $м^2/с$ га ўтиш учун Уббелоде формуласи қўлланилади:

$$\nu қ(0{,}0731^0E-\frac{0{,}0631}{^0E}\ 10^{-4} \tag{2.13}$$

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

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

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

Ҳаво учун $\nu қ(0{,}132Қ0{,}000918tҚ0{,}00000066t^2)\cdot 10^{-4}\ м^2/с$ (2.14)

Сув учун $$v_t = \frac{0{,}0177}{1 + 0{,}0337t + 0{,}000221t^2}\cdot 10^{-4}\ \frac{M^2}{c} \tag{2.15}$$

Гидроюритмаларда қўлланувчи турли минерал мойлар учун температура 30^0С дан 150^0С гача (E 10 гача) бўлганда

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

Бу ерда ν_t,ν_{50} - тегишли температурада ва 50^0С да кинематик қовушқоқлик коэффициенти, ^{0}С да; n - даража кўрсаткичи; унинг миқдори қуйидаги жадвалда $^0E_{50}$ нинг турли миқдорлари учун келтирилган:

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

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

$$\nu_pҚ\nu_0(1Қk_0p) \qquad (2.17)$$

бу ерда ν_p ваν_0 - тегишли босимда ва атмосфера босимида кинематик қовушқоқлик коэффициенти, p - қовушқоқлик ўлчанган босим, МН/м^2: k_p - экспериментал коэффициент, унинг миқдори гидроюритмаларни ҳисоблашда юқорида айтилган чегарада 0,03 га тенг деб қабул қилинади.

Газларнинг суюқликда эриши. Кавитация ҳодисаси ҳақида тушунча

Табиатда ва техникада суюқлик унда ҳавонинг таркибидаги газлар оз миқдорда эриган ҳолда учрайди. Босим ортиши ёки температура камайиши билан эриган газлар миқдори ортади ва аксинча, босим камайганда ёки температура ортганда уларнинг миқдори камаяди. Шунинг учун босим камайиши ёки температура ортиши билан суюқликдаги эриган газларнинг бир қисми ажралиб чиқиб, пуфакчалар хосил қилади, яъни юқорида айтилганга кўра босим камайганда сув ҳам буғланади, лекин енгил компонент сифатида эриган газлар тезроқ ажралиб чиқиб, пуфакчалар хосил қилади. Бошқача айтганда бу ҳолат суюқликдаги босимнинг ундаги газнинг тўйинган буғлари босимига тенг бўлганда вужудга келади. Газ пуфакчалари пайдо бўлиши билан суюқликнинг туташлиги бузилади ва туташ муҳитларга таолуқли қонунлар ўз кучини йўқотади. Бу ҳодиса *кавитация* дейилади. Пуфакчалар суюқлик ичида температурали ёки юқори босимли сохалар томонга қараб ҳаракат қилади. Агар у етарли даражада босимга эга бўлган сохага келиб қолса, яна эриб кетади (агар буғ бўлса, конденсацияланади). Эриган газ ўрнида пайдо бўлган бўшлиққа суюқлик заррачалари интилади ва бўшлиқ кескин ёпилади. Бу эса ҳозиргина бўшлиқ бўлган ерда гидравлик зарбани вужудга келтиради ва натижада бу ерда босим кескин ортиб, температура кескин камаяди.

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

Идеал суюклик модели

Суюкликларнинг харакати текширилганда, одатда, хамма кучларни хисобга олиб булмагани учун,уларнинг суюклик мувозанати еки харакати холатига таъсири катта булганларини саклаб колиб,таъсири кичикларини ташлаб юборамиз. Шу усул билан суюкликлар учун идеал ва реал суюкликлар модели тузилади. Хозирги вакта суюклик харакати ифодаловчи умуйтенгламалар жуда мураккаб булиб, уни ечишни осонлаштириш учун юкорида айтилгандек соддалаштиришлар киритилади. Бундай соддалаштиришлар эса суюкликларнинг физик хоссаларига чегара куяди ва бу суюкликлар идеал суюкликлар дейилади. Идеал суюкликлар обсолют сикилмайдиган, исикликдан хажми узгармайдиган,чузув ва силжитувчи кучларга каршилик курсатмайдиган абстрак тушунчадаги суюкликлардир.

Реал суюкликларда эса юкорида айтилган хосалар мавжуд булиб, одатда сикилиши, иссикликдан кейгайиши ва хажм узгариши жуда кичик микдорга эга. Шунинг учун бу соддалаштиришлар ҳисоблашда унчалик кўп хато бермайди. Идеал суюқликларнинг реал суюқликлардан ката фарқ қилишига олиб келадиган асосий сабаб, бу – силжитувчи кучга қаршилик кўрсатиш хоссаси, яъни ички ишқаланиш кучи бўлиб, унинг бу хусусиятини қовушоқлик деган тушунча орқали ифодаланилади. Шунга асосан идеал суюқликларни ноқовушоқ (невязкий), реал суюқликларни эса қовушоқ суюқлик дейилади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Суюқликнинг мувозанати.
2. Суюқликнинг харакат қонунлари.
3. Реал суюқлик нима?
4. Идеал суюқлик нима?
5. Босим нима?
6. Суюқлик тўғрисида асоосий тушунчалар.
7. Суюқликнинг юзага берган босимини тушунтиринг.
8. Суюкликларнинг мувозанат ва харакат қонунларини тушунтиринг.
9.Суюклик тўғрисидаги асосий тушунчаларни айтинг.
10.Суюкликларда босим кандай булади?
11. Зичлик, солиштирма оғирлик, суюқлик массаси.
12. Суюқликни иссиқлик кенгайиши, суюқликни босим остида хажм ўзгариши.
13. Суюқликнинг ишқаланиши, суюқликнинг қаршилиги.
14. Солиштирма оғирлик ва солиштирма хажм ҳакида тушунтиринг.

2 – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидростатика. Гидростатиканинг асосий хоссалари. Гидростатиканинг асосий тенгламаси. Босим турлари.

Ўқув модул бирликлари:

1. Гидростатик босимнинг 1 - хоссаси.
2. Гидростатик босимнинг 2 - хоссаси.
3. Гидростатиканинг асосий тенгламаси.
4. Босим турлари

Таянч сўз ва иборалар:

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

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

1. Суюқликка ботирилган жисмга қандай кучлар таъсир этади?

2. Жисмлар суюқликда қачон сузади?

3. 1.1-расмдаги жисмга қандай кучлар таъсир этаяпти

ГИДРОСТАТИКА

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

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

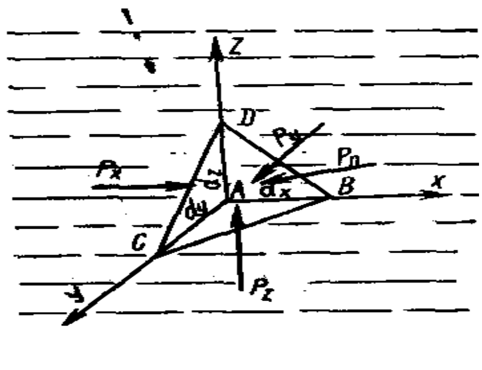
Тинч турган суюқликдаги босимнинг хоссалари

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

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

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

2-хосса *-гидростатик босим у таъсир қилаётган нуқтада ҳамма йўналишлар бўйича бир хил қийматга эга*. Бу хоссани исботлаш учун суюқлик ичида томонлари dx, dy, dz га тенг бўлган тетраэдр ажратиб оламиз. Тетраэдрнинг қия юзасига P куч таъсир қилсин. У ҳолда yOz текисликдаги юза бўйича P_x,yOz текисликдаги юза бўйича эса P_z кучлар таъсир қилади. қия юзанинг сирти dS га тенг деб ҳисоблаймиз.



3.1.-расм. Босимларнинг хоссаларига доир чизма.

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

$$Gқ pgdVқ\frac{1}{6}pgdxdydz$$

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

$$\frac{1}{2}p_x dydz\text{-}pdScos\,\alpha\text{қ}0$$

Oy ўқи бўйича

$$\frac{1}{2}p_y dydz\text{-}pdScos\,\beta\text{қ}0$$

Oz ўқи бўйича

$$\frac{1}{2}p_я dydz\text{-}pdScos\,\gamma\text{-}\frac{1}{6}pgdxdydz\text{қ}0$$

dS юзанинг проекциялари қуйидагиларга тенг:

$$\mathrm{Scos}\alpha\text{қ}\frac{1}{2}dydz,\ \mathrm{Scos}\beta\text{қ}\frac{1}{2}dxdz,\ \mathrm{Scos}\gamma\text{қ}\frac{1}{2}dxdz$$

Юқоридаги тенгламалар қисқартирилгандан кейин қуйидагича ёзилади:

$$p_x\text{-}p\text{қ}0;\ p_y\text{-}p\text{қ}0;\ p_z\text{-}p\text{қ}0;\ pz\text{-}p\text{-}\frac{1}{3}pgdz\text{қ}0$$

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

$$p_x\text{қ}p;\ p_y\text{қ}p;\ p_z\text{қ}p,\ \text{яъни}\ p_x\text{қ}\ p_y\text{қ}\ p_z\text{қ}p \qquad (3.1)$$

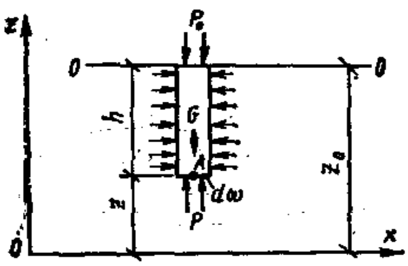
Шундай қилиб, барча йўналишларда таъсир қилувчи босим кучли тенг эканлиги исботланади. Бу эса иккинчи хоссанинг тўғрилигини кўрсатади.

Гидростатиканинг асосий тенгламаси

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

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

Xқ0; Yқ0; Z-g



5.1-расм. Гидростатиканинг асосий тенгламасига доир чизма.

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

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

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

$$dpķ - pgdz$$

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

$$p\text{-}p_0ķ\text{-}pg(z\text{-}z_0)$$

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

$$pķp_0Қpgh$$

ёки

$$pķp_0Қ\ \gamma h \qquad (5.1)$$

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

Абсалют, манометрик, вакуумометрик ва атмосфера босимлари. Босим ўлчов бирликлари

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

$$pķp_aҚ\ \gamma h \qquad (5.2)$$

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

$$p_мķ\ \gamma hķp - p_0 \qquad (5.3)$$

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

Манометрик босим абсальют босимнинг миқдорига қараб ҳар хил қийматга эга бўлиши мумкин, масалан, $pķp_0$ бўлганда $p_м$к0: $p\rightarrow\infty$ бўлганда $p_м\rightarrow\infty$, яъни манометрик босим 0 билан ∞ ўртасидаги барча қийматларни қабул қилиши мумкин.

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

$$p_aķ\ \gamma hķp_a - p_0 \qquad (5.4)$$

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

Босим ўлчаш учун техникада турли бирликлар иштилади:

1. Куч бирликларининг юза бирликларига нисбати, масалан,

Н/м²; кГ/м²; кГ/см².

2. Суюқлик устунинг баландликлари, масалан, мм, сув.уст.-миллиметр сув устуни; м сув.уст.-метр сув устуни, мм сим.уст.-миллиметр симоб устуни.

3. Бирлик юзага тўғри келган берилган куч миқдорига нисбати ёки суюқлик устунинг берилган баландлиги миқдорлари, масалан, техник атмосфера (ат) (1атқ1кГ/см^{2}қ10^{4}кГ/м^{2}қ735,6 мм сим.уст.) бар (1 барқ10^5 Н/м^2) ва ҳаказо.

1. Чегирма босим юқоридаги бирликларда ўлчанади ва атиларда ҳисобланади.

Босим ўлчаш асбоблари

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

1. Суюқлик асбоблари:

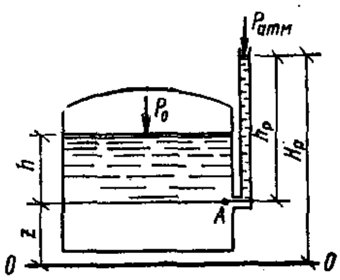
а) *презометрлар* - идишдаги босим унга уланган шиша найчадан текширилаётган суюқликнинг кўтарилишига қараб аниқланади. Идишдаги босимнинг катта ёки кичиклигига қараб презометр (шиша найча) да сувнинг сатҳи h_n баландликка кўтарилади Текширилаётган А нуқтадаги босим p_a идишдаги эркин сатҳдаги босим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

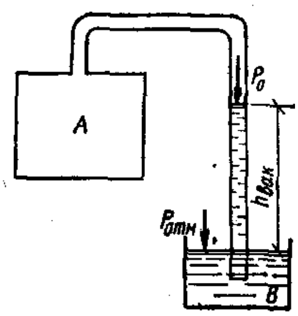
$$p_A\text{-}p_a\text{Қ}\gamma(h\text{Қ}h_n) \qquad (5.5)$$

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

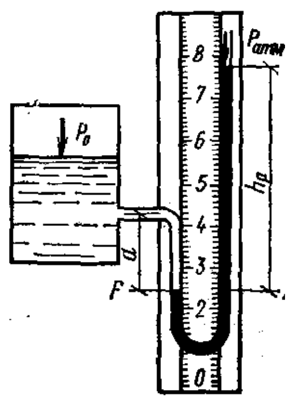
$$h\text{Қ}h_n\text{қ}\frac{p_A - p_a}{\gamma}$$

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





5.2. расм. Презометр 5.3-расм. ***Вакуумметр***



5.4. расм. U-симон манометр.

б) *Суюқлик U-симон манометрлари* - босим текширилаётган суюқлик билан эмас, симоб устуни ёрдамида ўлчанади. Бу ҳолда симобли шиша найча идишга *U*-симон найча орқали уланади. Бунда симобнинг босими ўлчанаётган идишга оқиб ўтишига *U*-симон найчадаги қаршилик тўсқинлик қилади. Уҳолда А нуқтадаги босим идиш томондаги қийматлар орқали қуйидагилар аниқланади:

$$p_A қ р Қ \gamma h_1$$

Симобли найчадаги қийматлар орқали эса

$$p_A қ p_a Қ \gamma_{см} \cdot h_{см}$$

Бу икки тенгликдан p ни топамиз:

$$p қ pa\ p_a Қ \gamma_{см} \cdot h_{см} - \gamma h_1 \qquad (5.6)$$

Бундай манометрлар ҳар бир босимни ўлчаш ярамайди.

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

$$p_c қ p_a Қ \gamma_1 h_1$$

Иккинчи идишдаги босим орқали эса

$$p_C қ p_в Қ \gamma_1 h_2 Қ \gamma_{см} \cdot h \qquad (5.7)$$

У ҳолда идишлардаги босимлар фарқи

$$p_a - p_в қ (\gamma_{см} - \gamma_1) h$$

г) **Микроманометр** - жуда кичик босимларни ў лчаш учун ишлатилади ва суюқлик сатҳининг ўзгариши сезиларли бўлиши учун суюқлик тўлдирилган идишга шиша найча қия бурчак остида уланади. У ҳолда идишдаги чегирма босим қуйидагича аниқланади: рқγh бўлгани учун

$$p қ \gamma l \sin \alpha \qquad (5.8)$$

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

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

$$p Қ \gamma_{см} h_{см} қ p_a$$

у ҳолда

$$p қ pa - \gamma_{см} h_{см}; \qquad (5.9)$$

симоб устунининг пасайиши идишдаги босим ва p_a орқали қуйидагича ифодаланди:

$$h_{см} қ \frac{p_a - p}{\gamma_{см}} \qquad (5.10)$$

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

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

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

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

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Босим йўналишини тушунтиринг.
2. Босим миқдорини тушунтиринг.
3. Уринма йўналишини тушунтиринг.
4. Нормал йўналишни тушунтиринг.
5. Суюқликнинг биринчи хоссасини тушунтиринг.
6. Суюқликнинг иккинчи хоссасини тушунтиринг.
7. Босим бирликларини хоссаси.
8. Гидростатиканинг асосий тенгламасини келтириб чикаринг.
9. Абсальют, манометрик вакумаметрик босим
10. Атмосфера босим.
11. Босим улчов бирликларини тушунтиринг.

3 – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Текис сиртларга таъсир қилувчи гидростатик босимни аниқлаш. Паскаль қонуни. Жисмларни суюқликда сузиши

Ўқув модул бирликлари:.

1. Эйлер тенгламасини келтириб чиқариш.
2. Паскаль қонуни
3. Идишдаги суюқликлар.

Таянч сўз ва иборалар:

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

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

1. Ички ва ташқи кучлар ҳақида нималарни биласи?

2. Суюқлик сатхига қандай кучлар таъсир этади?

3. Айланаётган идишдаги суюқликка қандай кучлар таъсир этади.

Суюқликлар мувозантининг Эйлер дифференциал тенгламаси

Мувозанат ҳолатидаги суюқликларга босим ва оғирлик кучлари таъсир қилади. Босим суюқлик эгаллаган ҳажмнинг ҳар хил нуқтасида ҳар хил қийматга эга. Шунинг учун босимни координата ўқлари *x, y, z* ларнинг функцияси деб қараш керак. Кўрилаётган суюқликда томонлари *dx, dy, dz* га тенг бўлган параллелопипедга тенг элементар ҳажм ажратиб оламиз (1.6-расм). Энди суюқликка таъсир қилувчи кучларнинг мувозанат ҳолатини текширамиз. Оғирлик кучининг проекциялари ρXdV; ρYdV; ρZdV бўлсин; яъни $G\{\rho XdV;\ \rho YdV;\ \rho ZdV$. Элементар ҳажмнинг *yOz* текисликда ётган сиртига *Ox* ўқига йўналишида *p* га тенг, унга параллел бўлган сиртига эса $p\text{Қ}\frac{\partial p}{\partial x}$ га тенг босимлар таъсир қилади.

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

$$pdydz-(p\text{Қ}\frac{\partial p}{\partial x}dx)dydz-pxdxdydz\text{қ}0$$

Шунингдек, Оу ўқи бўйича, yOz текисликда ётувчи сиртга *pdxdz*,

унга параллел бўлган сиртга эса, $(p\text{Қ}\frac{\partial p}{\partial y}dy)\ dxdz$ кучлар таъсир қилади

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

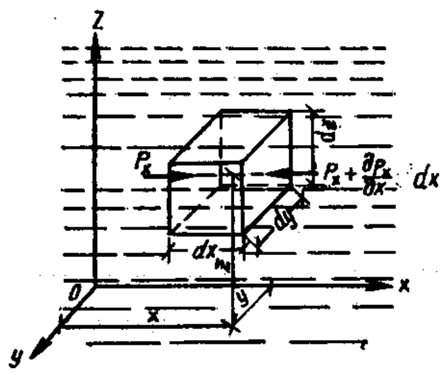
$$pdxdz-(p\text{Қ}\frac{\partial p}{\partial y}dy)dxdz-pYdxdydz\text{қ}0$$

Шунингдек, Oz ўқи бўйича

$$pdxdy \text{ ва } (p\text{Қ}\frac{\partial p}{\partial z}dz)dxd$$

кучлар таъсир қилади ҳамда уларнинг мувозанат шарти қуйидагича бўлади:

$$pdxdy-(p\text{Қ}\frac{\partial p}{\partial z}dz)dxdy-pZdxdydz\text{қ}0 \quad (4.1)$$



4.1-расм. Суюқликлар мувозанатининг Эйлер тенгламасига доир чизма.

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

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

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

Паскаль қонуни

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

$$p_A \text{қ} p_0 \text{Қ} \gamma h_A$$

В ва С нуқталарда эса p_Bқp_0Қγh_B, p_Cқp_0Қγh_C.

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

$$p`_A \text{қ} p_0 \text{Қ} \Delta p \text{Қ} \gamma h_{A,}$$
$$p`_B \text{қ} p_0 \text{Қ} \Delta p \text{Қ} \gamma h_{B,}$$
$$p`_C \text{қ} p_0 \text{Қ} \Delta p \text{Қ} \gamma h_{C.}$$

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

$$p`_A - p_A \text{қ} \Delta p$$
$$p`_B - p_B \text{қ} \Delta p$$
$$p`_C - p_C \text{қ} \Delta p$$

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

Эйлер тенгламасининг интеграллари

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

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

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

$$X \text{қ} 0,\ Y \text{қ} 0,\ Z \text{қ} {-g} \qquad (4.3)$$

бўлади. Бу қийматларни (4.2) га қўйсак, gdzқ0 га эга бўламиз. Уни интегралласак gzқ$const$ бўлади. Бу эса горизонтал текисликнинг тенгламасидир. Шундай қилиб, тинч турган суюқликлар учун ҳар қандай горизонтал текислик босими тенг сиртдан иборат. Унинг ҳаво билан чегараланган сирти ҳам горизонтал бўлиб, у эркин сирт бўлади. Эркин сиртда босим p_0 эканлигини ҳисобга олсак, (4.2) тенгламадан қуйидаги муносабат келиб чиқади:

$$p=\gamma h+\rho_0 \qquad (4.4)$$

Бу тенглама тўғрисида кейинчалик алоҳида тўхталиб ўтамиз.

б) Текис тезланувчан ҳаракат қилаётган идишдаги суюқлик

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

$$X=-a,\ Y=0,\ Z\text{-}g \qquad (4.5)$$

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

$$ax+gz=const \qquad (4.6)$$

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

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

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

$$p=pax+\gamma z+p_0+C$$

в) Айланаётган идишдаги суюқлик

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

$$F_ц=\frac{mu^2}{r}m\omega^2r$$

Унинг проекциялари эса қуйидагича топилади:

$$F_{цx}=m\omega^2x,\ F_{цy}=m\omega^2y$$

Шунинг учун бирлик масса кучлар қуйидагиларга тенг:

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

Буларни (2.4) га қўйсак, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\omega^2 xdx\text{Қ}\omega^2 ydy\text{-}gdz\text{қ}0$$

Уни интегралласак

$$\frac{w^2x^2}{2}+\frac{w^2y^2}{2}\text{ - }gz\text{қ}const$$

бўлади.

Лекин $x^2\text{Қ}y^2\text{қ}r^2$ бўлмагани учун

$$\frac{w^2r}{2}\text{ -}gz\text{қ }const \qquad (4.7)$$

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

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

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

4 – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидродинамика асослари. Суюқлик ҳаракатини ўрганишнинг асосий усуллари. Ҳаракат турлари. Оқимнинг асосий гидравлик элементлари. Суюқлик ҳаракатининг узлуксизлик тенгламаси.

Ўқув модул бирликлари:

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

Таянч сўз ва иборалар:

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

Муаммоли вазият, савол ёки топширик

1. Суюқликнинг ихтиёрий нуқтасидаги босим қандай аниқланиши мумкин?

2. Суюқлик тўлдирилган идиш берк бўлганда босим қандай ўзгаради.

3. Босимни қандай асбоблар ёрдамида ўлчанади?

4. 1.4-расмда келтирилган пизометр қандай ишлайди?

Суюқликлар кинематикаси ва динамикаси асослари
Суюқликларда ҳаракат турлари

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

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

Гидродинамиканинг асосий масаласи.
Ҳаракат турлари

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

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

Юқорида айтиб ўтилганга асосан суюқлик параметрлари функция кўринишида ёзилади.

$$p\text{қ}f_1(x,y,z,t)$$
$$u\text{қ}f_2(x,y,z,t) \qquad (3.1)$$

тезлик проекциялари ҳам функциялардир;

$$u_x\text{қ}f_3(x,y,z,t)$$
$$u_y\text{қ}f_4(x,y,z,t)$$
$$u_z\text{қ}f_5(x,y,z,t)$$

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

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

$$p\text{қ}f_{11}(x,y,z)$$

$$u\text{қ}f_{21}(x,y,z) \qquad (3.2)$$

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

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

Суюқлик оқимига босимнинг таъсирига қараб босимли ва босимсиз ҳаракатлар бўлади.

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

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

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

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

<u>5-6 – МАЪРУЗА</u>

МАВЗУ: Идеал ва оеал суюқликнинг элементар оқимчаси учун Бернулли тенгламаси. Бернулли тенгламасининг геометрик, энергетик ва физик мазмунлари.

Ўқув модул бирликлари::

1. **Идеал суюқлик ҳақида тушунча.**
2. **Элементар оқимча тушунчаси.**
3. **Идеал суюқлик учун Бернулли тенгламаси.**
4. **Реал суюқлик учун Бернулли тенгламаси.**
5. **Бернулли тенгламасининг геометрик, энергетик ва физик мазмунлари.**

Таянч сўз ва иборалар

Туташ идишлар, суюқлик босими, жисимларни суюқликда қалқиши, зичлик, хажм, суюқликларни идиш деворига босими, суюқликни идиш тубига босими, гидромултипиликатор, гидростатик ғайритабиийлик, оғирлик маркази, босим маркази, инерция моменти.

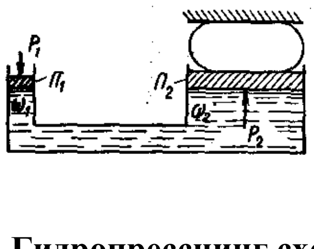
Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

1. Гидропрессларда кучдан ютиш қайси қонунга асосланган ?
2. Гидравлик ва пнемотик аккумляторлар қачон ва қаерда ққлланилади?
3. гидростатик ғайритабиийлик нима?
4. Босим маркази қандай аниқланади?

Гидростатик машиналар

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

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



1.7. расм. Гидропресснинг схемаси.

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

$$Q(a\text{Қ}b)\text{қ}P_1b$$

Бу тенгламадан кичик поршенга таъсир қилувчи кучни топамиз:

$$P_1\text{қ}\frac{a+b}{b}Q$$

У ҳолда кичик поршень остидаги суюқлик босими

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

га тенг бўлади. Катта поршень остидаги босим эса

$$p\text{Қ}\gamma h\text{қ}\frac{a+b}{b}\frac{4Q}{\pi d_1^2}\text{Қ}\gamma h \qquad (2.20)$$

Бу ерда h поршенларнинг остки сиртлари орасидаги геометрик масофа.

Натижада катта поршен таъсир қилувчи куч қуйидагича топилади:

$$P_2\text{қ}(p\text{Қ}\gamma h)S_2\text{қ}\left(\frac{a+b}{b}\frac{4Q}{\pi d_1^2}\text{Қ}\gamma h\right)\frac{\pi d_2^2}{4} \qquad (2.21)$$

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

$$P_2\text{қ}\frac{a+b}{b}\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2Q \qquad (2.22)$$

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

$$P_2^1\text{қ}\frac{a+b}{b}\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2Q\cdot\eta \qquad (2.23)$$

Бу ерда η юқорида айтилган хатоликларни ўз ичига олувчи коэффициент бўлиб, уни *фойдали иш коэффициенти* деб аталади. Амалда бу коэффициент қиймати 0,75 билан 0.85 ўртасида бўлади. Келтирилган ҳисобдан кўриниб турибдики, цилиндрларнинг диаметри ва ричагнинг елкасини танлаб олиш йўли билан прессловчи кучни истаганча катта қилиш мумкин. Амалда эса жуда катта кучлар пайдо бўлганда цилиндрлар девори деформацияланиши ва ҳатто бузилиши мумкин. Бу эса қўшимча қийинчиликлар туьдиради. Ҳозирги вақтда мавжуд гидропрессларда 500т гача куч хосил қилиш мумкин, айрим ҳолларда эса (мустаҳкам материалларни пресслашда) куч 4000-8000т га ҳам етади.

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

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

Пневматик гидроаккумуляторлар тасвирланган. У корпус 1, диафрагма 2 дан тузилган бўлиб, штуцер 4 орқали гидросистемага уланган бўлади. Штуцер 5 гидроаккумуляторни газ билан тўлдириш учун хизмат қилади. Шайба 3 эса газнинг резина диафрагмани корпусга босиб (аккумуляторда босим камайганда) эзиб қуйишидан сақлайди.

Диафрагмани ҳаракатга келтирувчи куч:

$$F_1ҝ(p_1 - p_2)S \tag{2.24}$$

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

$$pҝ\frac{(p_1 - p_2)S + F_2}{S} \tag{2.25}$$

Бу ҳолда ҳақиқий бадарилган иш

$$A_хҝ\eta Aҝ\eta\int pshdh, \tag{2.26}$$

бу ерда η - гидроаккумуляторланинг фойдали иш коэффициенти.

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

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

$$p3ҝp1\left(\frac{D_1}{d_3}\right)^2\eta\cdot\eta_{мех} \tag{2.27}$$

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

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

Текис сиртга таъсир қилувчи босим

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

$$p_Aҝ\gamma h_A;\ p_Bҝ\gamma h_B;\ p_Cҝ\gamma h_C$$

Суюқлик тубидаги босим кучи эса

$$Pҝ\gamma hS$$

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

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

Бу ҳолда идиш тубига бўлган босим кучи идишларда

$$P_a қ \gamma hS;\ P_b қ \gamma hS;\ P_c қ \gamma hS;\ P_e қ \gamma hS; \qquad (2.28)$$

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

$$P қ \gamma hS$$

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

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

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

Ана шу ҳодисалар гидростатик ғайритабиийликнинг моҳиятини очиб беради.

б) **Суюқликнинг қия сиртга босими.**

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

$$dP қ dS(\gamma h Қ p_0) \qquad (2.29)$$

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

$$P_s қ \int_{(S)} \gamma h dS Қ \int_{(S)} p_0 dS қ \gamma \int_{(S)} h dS Қ\, p_0 \int_{(S)} dS$$

агар $h қ y \sin\alpha$

эканлигини ҳисобга олсак:

$$P_s қ \gamma \sin\alpha \int_{(S)} y dS Қ\, p_0 \int_{(S)} dS \qquad (2.30)$$

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

Статик момент ҳақидаги тушунчага асосан $\int_{(S)} y dS қ S y_{о.м}$

бу ерда $y_{о.м}$ - оғирлик марказининг координатаси. Расмдан кўриниб турибдики,

$$y_{о.м} \sin\alpha қ h_{о.м}$$

демак

$$P_s қ S(\gamma h_{о.м} Қ p_0) \qquad (2.31)$$

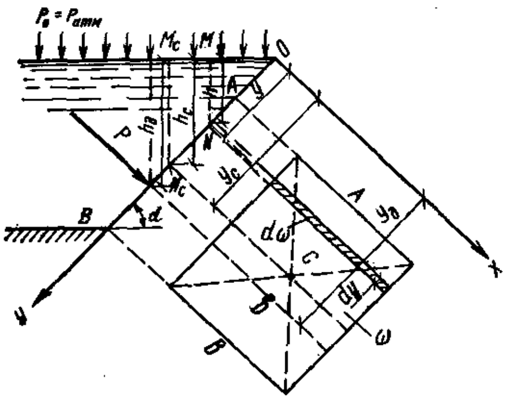
Агар тўлиқ босим кучини атмосфера босими ва чегирма босимдан иборат десак

$$P_s қ P_4 Қ P_a$$

бўлади, бу ерда чегирма босим кучи қуйидагига тенг:

$$Риқ\gamma h_{о.м}S \qquad (2.32)$$

Демак, қия юзага тушадиган босим кучи шу юза сирти билан унинг оғирлик марказига таъсир қилувчи босимнинг кўпайтмасига тенг бўлиб, гидростатик босим кучи $P_aқP_0S$ ва чегирма босим кучи $Риқ\gamma h_{о.м}S$ йиғиндисига тенг бўлади. Биринчи куч юзанинг оғирлик марказига қўйилган бўлиб, иккинчи куч ундан пастроққа қўйилган бўлади.



1.8-расм. қия сиртга тушадиган босимни ҳисоблашга доир чизма

с) **Босим марказини топиш**

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

$$P\cdot y_cқ\int_{(S)} dPyқ\int_{(S)} \gamma hdS\cdot y \qquad (2.33)$$

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

$$S\cdot y_{о.м}y_{б.м}\int_{(S)} y^2dSқI_x \qquad (2.34)$$

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

У ҳолда (2.34) дан босим марказини топамиз:

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

Инерция моментини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$I_xқI_{о.м}ҚS\cdot y^2_{о.м} \qquad (2.36)$$

бу ерда $1_{о.м}$ - кўрилаётган юзанинг унинг оғирлик марказидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моменти.

Жисмларнинг суюқликда сузиши. Сузувчанлик

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

$$RқP_1ҚP_2\text{-}Gқ\text{-}\gamma H_1SҚ\gamma H_2S\text{-}\gamma_1V$$

ёки

$$R\text{қ}\ \gamma(H_2-H_1)\mathrm{S}-\gamma_1 V$$

Бу кучни кўтарувчан куч деб аталади.

$\Delta H\text{қ}H_2-H_1$ ва $\Delta H\cdot S\text{қ}V$ эканлигини ҳисобга олсак, тенг таъсир этувчи кўтарувчи куч

$$R\text{қ}(\gamma-\gamma_1)V \qquad (2.45)$$

Охирги муносабатдан қуйидаги хулосалар келиб чиқади:

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

2. Агар $\gamma\text{қ}\gamma_1$ бўлса, яъни жисм билан суюқлик солиштирма оғирликлари тенг бўлса, у ҳолда Rқ0, яъни жисм суюқлик ичида сузиб юради.

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

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

Сузувчанлик запаси P_c билан белгиланади ва қуйидагича топилади:

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

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

Сузиб юрувчи жисм ҳақида яна қуйидаги тушунчаларни келтирамиз.

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

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

3. *Сузаётган жисмнинг оғирлик маркази*.

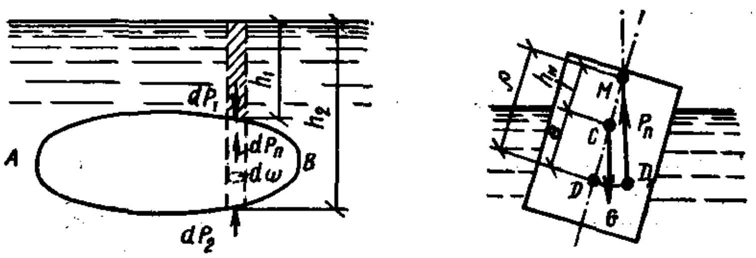
4. *Сув сиьими маркази* ёки *босим маркази*. Бу ерда сув сиьими - жисмнинг сувга ботган қисми. Сув сиьими маркази жисмнинг суюқликка ботган қисмига таъсир этувчи босимнинг тенг таъсир этувчиси қўйилган нуқта бўлиб, у сувга ботган қисмнинг оғирлик марказига жойлашган.

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

6. *Метамарказ* - жисмнинг қия ҳолатида тенг таъсир этувчи босим кучи йўналишининг сузиш ўқи билан кесишган нуқтаси. Сузаётган жисмнинг оғирлик маркази С у қиялигининг ҳар хил ҳолатида ҳар хил бўлади. қиялик бурчаги 15^0 гача бўлганда D тахминан радиуси бирор r га тенг бўлган айлана ёйи бўйича силжиб боради ва бу радиус D ва M орасидага масофа тенг бўлиб, *метамарказий радиус* дейилади. M ва C орасидаги масофа *метамарказий баландлик* дейилади ва h ҳарфи билан белгиланади.

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

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



1.9-расм. Сузиб юрувчи жисмларнинг турли ҳолатлари.

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

1) агар метамарказ оғирлик марказидан юқорида бўлса G ва P кучларнинг моменти жисмни нормал ҳолатга қайтайади, яъни жисм турьун холатда бўлади;

2) агар метамарказ оғирлик марказидан пастда бўлса, G ва P кучларнинг моменти жисмни аьдаришга ҳаракат қилади, яъни жисм нотурьун холатда бўлади;

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

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Гидропресс хақида тушунча.
2. Суюқлик босимини узатиш.
3. Гидроаккумуляторда босим.
4. Гидростатик парадоксни тушунтиринг.
5. Суюқлик тубига берилган босимни тушунтиринг.
6. Суюқлик деворига берилган босимни тушунтиринг.
7. Суюқликларни қалқишини тушунтиринг.
8.Гидропрес хакида тушунчангиз.
9.Гидроакумляторларда босим ва суюкликлар кандай холатларда булади.
10.Архимед қонунларини айтинг.

7 – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюқлик харакатининг икки хил тартиби
Ўқув модул бирликлари::

1. Рейнольдс сони тушунчаси.
2. Ламинар харакат.
3. Турбулент харакат.

Таянч сўз ва иборалар

Текис харакат, босимли харакат, юза, кҳндаланг кесим, радиус, хҳлланган периметр, барқарор ҳаракат, беқарор ҳаракат, троектория, оқим чизиғи, оқим найчаси, элементар оқимяа, ҳаракат кесими, суюқлик сарфи, хртача тезлик

Муаммоли вазият, савол ёки топширик

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

Суюқликлар кинематикаси ва динамикаси асослари
Суюқликларда ҳаракат турлари

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

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

Гидродинамиканинг асосий масаласи.
Ҳаракат турлари

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

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

Юқорида айтиб ўтилганга асосан суюқлик параметрлари функция кўринишида ёзилади.

$$pқf_1(x,y,z,t)$$

$$u\text{қ}f_2(x,y,z,t) \qquad (3.1)$$

тезлик проекциялари ҳам функциялардир;

$$u_x\text{қ}f_3(x,y,z,t)$$
$$u_y\text{қ}f_4(x,y,z,t)$$
$$u_z\text{қ}f_5(x,y,z,t)$$

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

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

$$p\text{қ}f_{11}(x,y,z)$$
$$u\text{қ}f_{21}(x,y,z) \qquad (3.2)$$

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

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

Суюқлик оқимига босимнинг таъсирига қараб босимли ва босимсиз ҳаракатлар бўлади.

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

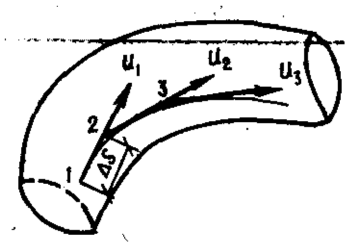
Босимсиз ҳаракат вақтида суюқлик фақат оғирлик кучи таъсирида ҳаракат қилиб эркин сиртга эга бўлади. Бундай ҳаракатга дарёлардаги, каналлардаги сувнинг ва трубалардаги тўлмасдан оқаётган сувларнинг ҳаракатлари мисол бўла олади. Булардан ташқари, суюқликларнинг секин ўзгарувчан ҳаракатлари ҳақида гапириш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

Оқимчали ҳаракат ҳақида асосий тушунчалар. Оқим чизиғи, оқим найчаси ва оқимча. Суюқлик оқимлари

Одатда, бирор воқеа ёки ҳодисани текширишда уни бутунлигича текшириб бўлмагани учун бирор соддалаштирилган схема текширилади. Гидравликада суюқлик ҳаракати қонуниятларининг табиатини энг яхши ифодалаб берувчи схема суюқлик оқимини элементар оқимчалардан иборат деб қаровчи схема ҳисобланади. Буни гидравликада «суюқлик ҳаракатининг оқимчали модели деб аталади. Бу моделлар асосида оқим чизиғи, оқим найчаси ва оқимча тушунчалари ётади.

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

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



1.10-расм. Оқим чизиғини тушунтирига оид чизма.

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

Оқим найчаси ва элементар оқимча. Энди, суюқлик ҳаракатланаётган сохада бирор D нуқта олиб, шу нуқта атрофида чексиз кичик *dl* контур оламиз ва контурнинг ҳар бир нуқтасидан оқим чизиғи ўтказамиз. У ҳолда оқим чизиқлари *оқим найчаси* деб аталувчи найча хосил қилади. Оқим найчаси ичида оқаётган суюқлик *элементар оқимча* деб аталади. Элементар оқимчалар беқарор ҳаракат вақтида қуйидаги хусусиятларга эга

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

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

3. Элементар оқимча кўнгдаланг кесими чексиз бўлгани учун бу кесимдаги барча нуқталарда суюқлик заррачаларининг тезлиги ўзгармасдир.

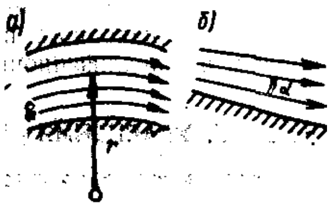
Энди бирор S юза олиб, уни чексиз кўп dS_1, dS_2, dS_3 элементар юзаларга ажратиш мумкин. Шунинг учун юзадан оқиб ўтаётган суюқлик оқмаси чексиз кўп элементар оқимчалардан ташкил топган бўлади ва ҳар бир элементар оқимчада суюқлик тезлиги бошқа элементар оқимчалардагидан фарқ қилади.

Оқимнинг асосий гидравлик элементлари

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

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

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



1.11-расм. Ҳаракат кесимига оид чизма

Вақт бирлигида оқимнинг берилган харакат кесими орқали оқиб ўтаётган суюқлик миқдори **суюқлик сарфи** деб аталади. Сарф Q ҳарфи билан белгиланади ва л/с, $м^3/с$, $см^3/с$ ларда ўлчанади. Элементар юза бўйича сарфни dq билан, бирлик юза бўйича сарфни q билан белгиланади. Трубадаги (а) ва каналдаги (б) оқимлар учун тезлик эпюралари келтирилган. Тезлик суюқлик оқаётган идиш деворларида нолга тенг бўлиб, девордан узоқлашган сари катталашиб бориши расмда кўриниб турибди. Турбада тезликнинг энг катта қиймати унинг ўтасида бўлса, каналга эркин сиртга яқин ерда бўлади. Ихтиёрий элементар оқимча учун элементар сарф $dQ = u \cdot d\omega$ га тенг. Оқим чексиз кўп элементар оқимчалардан ташкил топгани учун элементар сарфларнинг йиғиндиси, яъни бутун оқимнинг сарфи интеграл кўринишда ифодаланади:

$$Q = \int_{\omega} u \cdot d\omega \qquad (3.3)$$

бу ерда ω - ҳаракат кесими; dω - ҳаракат кесимининг элементар оқимчага тегишли бўлаги.

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

Бу холда суюқлик сарфи ўртача тезлик орқали қуйидагича ифодаланади.

$$Q = V \cdot w$$

Харакат кесими ва суюқлик харакат қилаетган соҳа учун умумий бўлган чизиқ хўлланган периметр дейилади ва χ харфи билан ифодаланади. Харакат кесимининг хўлланган периметрга нисбати гидравлик радиус деб аталади.

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

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

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Суюқлик харакатини тушунтиринг.
2. Суюқлик харакат йўналишини тушунтиринг.
3. Суюқликнинг кўндаланг кесими.
4. Гидравлик радиус нима?

5. Элементар оқимча.
6. Элементар оқимча ҳаракати.
7. Жонли кесим.
8.Харакат турларини тушунтиринг.
9.Окимчалик харакат хоссалари.
10. Окимнинг асосий гидравлик элементларини тушунтиринг.

8 - МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидравлик қаршиликлар
Ўқув модул бирликлари::

1. Ташқи ва ички қаршиликлар хақида тушунча.
2. Оқим узунлиги бўйича босим камайиши.
3. Махаллий қаршиликлар остида босим камайиши.
4. Ламинар қатлам хақида тушунча.
5. Силлиқ ва носилиқ қувурлар.
6. Абсолют ва нисбий ғадир- будурлик.

Таянч сўз ва иборалар

Идеал суюқлик, пьезометрик баландлик, гидравлик баландлик, холат баландлиги, тезлик берган баландлик, суюқлик кҳнадаланг кесим юзаси, потенциал энергия, кинетик энергия, дифференциал тенглама, Бернулли тенгламаси

Муаммоли вазият, савол ёки топширик

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

Элементар оқимча учун Бернулли тенгламаси

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

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

$$\frac{du_x}{dt}\,dx\text{Қ}\frac{du_y}{dt}\,dy\text{Қ}\frac{du_z}{dt}\,dz\text{Қ}Xdx\text{Қ}Ydy\text{Қ}Zdz\text{-}\frac{1}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial x}dx+\frac{\partial p}{\partial y}dy+\frac{\partial p}{\partial z}dz\right) \qquad (3.30)$$

(3.21) муносабатдан кўриниб турибдики,

$dx\text{қ}u_x dt;\ dy\text{қ}u_y dt;\ dz\text{қ}u_z dt$

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

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} u_x dt\text{Қ}\frac{\partial u_y}{\partial t} u_y dt\text{Қ}\frac{\partial u_z}{\partial t} u_z dt\text{қ}u_x du_x\text{Қ}\, u_y du_y\text{Қ}\, u_z du_z\text{қ}\frac{1}{2}\, d((u_x^2\text{Қ}u_y^2\text{Қ}u_z^2\,) \quad (3.31)$$

лекин

$$u_2\text{қ}u^2{}_x\text{Қ}\, u^2{}_y\text{Қ}\, u^2{}_z$$

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

$$\frac{1}{2}\, d((u_x^2\text{Қ}u_y^2\text{Қ}u_z^2\,)\text{қ}\frac{1}{2}\, d(u^2) \qquad (3.31)$$

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

$$Xdx\text{Қ}Ydy\text{Қ}Zdz\text{қ}dF \qquad (3.33)$$

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

$$F\text{қ-}gz \qquad (3.34)$$

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

$$\frac{\partial p}{\partial x}dx\text{Қ}\frac{\partial p}{\partial y}dy\text{Қ}\frac{\partial p}{\partial z}dz\text{қ}dp \qquad (3.35)$$

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

$$\frac{1}{2}\,\mathrm{d}(\mathrm{u}^2)\text{Қ}\frac{1}{p}\,\mathrm{dp}\text{Қ}\mathrm{d}(\mathrm{gz})\text{қ}0$$

Úîñèë áùëãàí òåíãëàìàíè ýëåìåíòàð îûèì÷àíèíã 1-1 êåñèìäàí 2-2 êåñèìèãà÷à èíòåãðàëëàñàê, ûóéèäàãè òåíãëàìàãà ýãà áùëàìèç:

$$\frac{u_1^2}{2}+\frac{p_1}{p}\text{Қ}g\frac{u_2^2}{2}+\frac{p_2}{p}\text{Қ}g_2 \qquad (3.36)$$

Áó òåíãëèêëàãè úàð áèð úàä ìàññà áèðëèãèãà êåëòèðèëãàí. Àãàð óíè êó÷ áèðëèãèãà êåëòèðñàê, ÿúíè g ãà èêêè òîìîíèíè áùëèá þбоðñàê, ó úîëäà ð · gқγ íè úèñîáãà îëèá, ûóéèäàãèíè îëàìèç:

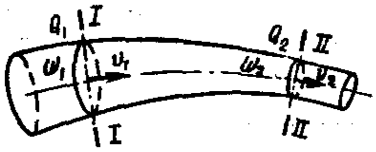
$$\frac{u_1^2}{2g}+\frac{p_1}{\gamma}\text{Қ}z_1\text{қ}\frac{u_2^2}{2g}+\frac{p_2}{\gamma}\text{Қ}z_2 \qquad (3.37)$$

Îõèðãè òåíãëàìàíè 1738é. Áåðíóëëè òîìîíèäàí îëèíãàí áùëèá, óíèíã íîìè áèëàí àòàëàäè âà ãèäðàâëèêàäà úàðàêàòíèíã àñîñèé òåíãëàìàñè áùëèá õèçìàò ûèëàäè. Áó òåíãëàìà èõòè¸ðèé èêêèòà êåñèì ó÷óí îëèíãàí áùëèá, áó êåñèìëàðíèíã ýëåìåíòàð îûèì÷à ëùíàëèøèíèíã àõàìèÿòè éùû. Øóíèíã ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñèíè ûóéèäàãè êùðèíèøäà úàì ¸çèø ìóìêèí:

$$\frac{u^2}{2g}+\frac{p}{\gamma}\text{Қ}z\text{қ}const \qquad (3.38)$$

Êùðèíèá òóðèáäèêêè, Áåðíóëëè òåíãëàìàñèäà àñîñàí z, $\frac{p}{\gamma},\frac{u^2}{2g}$ èàòòàëèêëàðíèíã éèüèíäèñè ùçãàðìàñ ýêàí. Øóíäàí ûèëèá, áó òåíãëàìà òåçëèê u, áîñèì ð, çè÷ëèê ρ ùðòàñèäàãè ìóíîñàáàòíè èôîäàëàéäè.

Ä.Áåðíóëëèíèíã ùçè þûîðèäàãè òåíãëàìàíè êíåìàòèê ýíåðãèÿíèíã ùçãàðèøè ûîíóíèäàí êåëòèðèá ÷èûàðãàí áùëèá, áèç êåëòèðãàí óñóë ýñà Ýéëåð òîìîíèäàí ûùëëàíèëãàí.



1.12. расм. Бернулли тенгламасини келтириб чиқаришга доир чизма.

Èêêèíчи óñóë êиíåìàòèê ýíåðãèÿíèíã ùçãàðèøè ûîíóíèàì ôîéäàëàíèá áàæàðèëàäè. Úàðàêàò éùëè *l - l* áùëãàí áèðîð ýëåìåíòàð îùèì÷àíèíã 1-1 âà 2-2 êåñèìëàð áèëàí àæðàòèëãàí áùëàãèíè îëàìèç. Ó úîëäà áó áùëàê *dt* âàûòàà úàðàêàò ûèëèá 1` - 1` âà 2` - 2` êåñìàëàðè îðàñèäàãè úîëàòãà êåëàäè. 1-1 êåñìíèíã þçàñè ýñà *dS_2*, óíãà òàúñèð ûèëóâ÷è êó÷ *$Ð_2$*, òåçëèê ýñà *u_2* áùëñèí. Êèíåìàòèê ýíåðãèÿíèíã ùçãàðèø ûîíóíèè ýëåìåíòàð îùèì÷àíèíã àìà øó úàðàêàòäàãè áùëàãèíè òàäáèû ûèëàìèç. Áó ûîíóí áùéè÷à áèðîð æèñì úàðàêàòè âàûòèäà óíèíã êèíåìàòèê ýíåðãèÿñèíèíã ùçãàðèøè, øó æèñìãà òàúñèð ûèëà¸òãàí êó÷ëàðíèíã áàæàðãàí èøëàðèíèíã éèüèíäèñèãà òåíãäèð. Áó ãàïíèíã ìàòåìàòèê èôîäàñè ûóéèäàãè÷à áùëàäè:

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

áó åðäà $d\left(\frac{mu^2}{2}\right)$ -êèíåìàòèê ýíåðãèÿíèíã *dt* âàûòäà ùçãàðèøè; $\sum Pl$ - барча кучлар бажарган ишларнинг йиғиндиси. Энди элементар оқимча бўлагининг *dt* вақт ичида 1-1 ва 2-2 кесмалар орасидаги ҳолатдан 1`-1` ва 2`-2` кесимлар орасидаги ҳолатга келадиган кинетик энергиясининг ўзгариши кўрамиз. Ҳаракат барқарор бўлгани учун бу ўзгариш 1-1 ва 1`-1` орасидаги бўлак билан 2-2 ва 2`-2` орасидаги бўлак кинетик энергиялари айирмасига тенг.

1-1 ва 1`-1` орасидаги бўлакнинг кинетик энергияси (унинг массаси, m_1 бўлса) $\frac{m_1u_1^2}{2}$ ãà òåíã áùëàäè. 2-2 âà 2`-2` îðàñèäàãè áùëàêíèíã êèíåòèê ýíåðãèÿñè ýñà $\frac{m_2\,u_2^2}{2}$ ãà òåíã. Äåìàê êùðèëà¸òãàí 1-1 âà 2-2 îðàñèäàãè áùëàêíèíã êèíåòèê ýíåðãèÿñè *dt* âàûòäà ûóéèäàãè ìèûäîðãà ùçãàðàð ýêàí:

$$\frac{m_2\,u_2^2}{2} - \frac{m_1u_1^2}{2} \qquad (8.40)$$

Èêêèí÷è òîìîíäàí,1-1 âà 1`-1` îðàñèäàãè áùëàêíèíã ìàññàñè óíèíã úàæìè *dS_1dl_1* ìèíã çè÷ëèêêà êùïàéòìàñèãà òåíã, ÿúíè

$$m_1 ķ \rho dS_1dl_1.$$

Øóíèíãäåê, 2-2 âà 2`-2` îðàñèäàãè áùëàêíèíã ìàññàñè

$$m_2 ķ \rho dS_2dl_2.$$

dl_1 âà *dl_2* - *dt* âàûò è÷èäà 1-1 âà 2-2 êåñèìëàðèíèíã þðãàí éùëëèè êÿðñàòàäè, øóíèíã ó÷óí

$$dl_1ķu_1dt,\ dl_2ķu_2dt \qquad (3.41)$$

ó úîëäà *m_1* âà *m_2* ó÷óí ûóéèäàãè ìóíîñàáàòíè îëàìèç:

$$m_1ķ\rho dS_1u_1dt,\ m_2ķ\rho dS_2u_2dt,$$

Бó ìóíîñàáàòíè (3.40) ãà ûùéñàê âà óçèëìàñëèê òåíãëàìàñèäàí *$qķu_1dS_1ķu_2dS_2$* ýêàíëèãèíè íàçîðàòãà îëñàê, êèíåòèê ýíåðãèÿíèíã ùçãàðèøè ûóéèäàãèча èôîäàëàíàäè:

$$\frac{m_2u_2}{2} - \frac{m_1u_1}{2}ķp\frac{qdtu_2^2}{2} - p\frac{qdtu_1^2}{2}ķpqdt\left(\frac{u_2^2}{2}-\frac{u_1^2}{2}\right) \qquad (3.42)$$

Ýíäè, áàæàðèëãàí èøëàðíè òåêøèðàìèç. Óëàð 1-1 âà 2-2 êåñèìëàðäà òàúñèð ûèëóâ÷è ãèäðîäèíàìèê êó÷ëàðíèíã âà îüèðëèê êó÷èíèíã áàæàðãàí èøëàðèäèð. Ýëåìåíòàð îùèì÷àíèíã ¸í ñèðòëàðèäàãè òàúñèð ûèëóâ÷è áîñèì êó÷èíèíã áàæàðãàí èøè ýñà íîëãà òåíã ýêàíëèãè úàðàêàòíèíã áàðûàðîðëèãèäàí êùðèíàäè.

1-1 êåñìèäà òàúñèð ýòóâ÷è *$ð_1$* áîñèìíèíã áàæàðãàí èøèíè À$_1$, 2-2 êåñìèäà òàúñèð ýòóâ÷è *$ð_2$* áîñèìíèíã áàæàðãàí èøèíè À$_2$ áèëàí áåëãèëàéìèç.

$$À_1 қ ð_1 dS_1 dl_1,$$
$$À_2 қ ð_2 dS_2 dl_2,$$

(3.41) íàçàðãà îëñàê âà óçèëìàñëèê òåíãëàìàñèäàí ôîéäàëàíñàê, ûóéèäàãè ìóíîñàáàò êåëèá ÷èûàäè:

$$À_1 қ ð_1 qdt;\ À_2 қ ð_2 qdt$$

Îüèðëèê êó÷è áàæàðãàí èøíè À$_3$ äåá áåëãèëàéìèç. Áó èø (1-1 âà 2-2 êåñèìëàð îðàñèäàãè áùëàê ùç úîëàòèíè ñàûëàãàíè ó÷óí) 1-1 âà 1\`-1\` îðàñèäàãè áùëàê áèëàí 2-2 âà 2\`-2\` îðàñèäàãè áùëàêëàð îüèðëèêëàðèíè óëàð ìàðêàçëàðèíèã âåðòèêàë ùûè áùéè÷à úîëàòëàðè z_1 âà z_2 íèíã àéèðìàñèãà êùïàéòèðèëãàíèãà òåíã, ÿúíè

$$À_3 қ G(z_1-z_2)$$

ëåêèí

$$G қ \gamma dS_1 dt_1 қ \gamma dS_1 u_1 dt_1 қ \gamma qdt$$

áùëãàíè ó÷óí

$$À3 қ \gamma qdt(z_1-z_2)$$

Ýíäè, (3.42), (3.43) âà (3.44) ëàðíè (3.39) ãà ûùéñàê, ýëåìåíòàð îûèì÷à ó÷óí êèíåòèê ýíåðãèÿíèíã ùçãàðèø ûîíóíèíè îëàìèç

$$p\, qdt\left(\frac{u_2^2}{2}-\frac{u_1^2}{2}\right) қ p_1qdt-\ p_2qdt Қ \gamma\, qdt(z_1 Қ z_2)$$

áó åðäà $ð_2$ êó÷ суюқлик úàðàêàòèãà òåñêàðè éùíàëãàí áùëãàíè ó÷óí òåíãëàìàíèíã ùíã òîìîíèäàãè èêêèí÷è úàä (ÿúíè À$_2$) ìàíôèé èøîðà áèëàí îëèíäè. Îõèðãè òåíãëàìàíèíã èêêè òîìîíèíè γqdt ãà áùëñàê:

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

Áèð õèë èíäåêñëè úàäëàðíè ãðóïïàëàá æîéëàøòèðñàê, Áåðíóëëè òåíãëàìàñè úîñèë áùëàäè:

$$\frac{u_1^2}{2g} Қ \frac{p_1}{\gamma} Қ z_1 қ \frac{u_2^2}{2g} Қ \frac{p_2}{\gamma} Қ z_2 \qquad (3.45)$$

Øóíäàé ûèëèá, ýëåìåíòàð îûèì÷à ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñè êèíåòèê ýíåðãèÿíèíã ùçãàðèø ûîíóíèíè èôîäàëàð ýêàí.

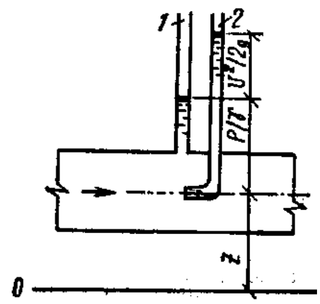
Áåðíóëëè òåíãëàìàñèíèíã ãåîìåòðèê, ýíåðãåòèê âà ôèçèê ìàçìóíëàðè

Áåðíóëëè òåíãëàìàñèíèíã úàð áèð úàäè ùçèíèíã ãåîìåòðèê âà ýíåðãåòèê ìàçìóíëàðèãà ýãà. Áóíè àíèûëàø ó÷óí áèðîð ýëåìåíòàð îûèì÷à îëèá, óíèíã 1-1, 2-2 âà 3-3 êåñèìëàðèíè êùðàìèç. Áó êåñèìëàðíèíã îüèðëèê ìàðêàçè áèðîð 0-0 òåêèñëèêäàí z_1, z_2 âà z_3 ìàñîôàëàðäà áùëñèí. Áóëàð ûè¸ñèé òåêèñëèê 0-0 äàí ýëåìåíòàð îûèì÷àíèíã ãåîìåòðèê áàëàíäëèêëàðèíè êùðñàòàäè. Ýíäè îëèíãàí 1-1 âà 2-2 âà 3-3 òåêèñëèêëàð ìàðêàçèäà ïåрçîìåòð (òÿüðè øèøà íàé÷à) âà ó÷è ýòèëãàí øèøà íàé÷àëàð ùðíàòàìèç. Áó úîëäà ïеðçîìåòðëàðäà суюқлик êåñèìëàð îüèðëèê ìàðêàçèãà íèñáàòàí ìàоëóì áàëàíäëèêëàðãà êùòàðèëàäè. Áó êùòàðèëèø ãèäðîñòàòèêà ûèñìèäà êùðãàíèìèçäåê êåñèìëàðäà

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

ãà òåíã áùëàäè.

h_1, h_2, h_3 ëàð *ïеðçîìåòðèê áàëàíäëèêëàð* äåá àòàëàäè. Îäàòäà, ïеðçîìåòðëàð ¸ðäàìèäà òðóáàëàð âà суюқлик úàðàêàò ûèëà¸òãàí áîøûà èäèøëàðäà ãèäðîäèíàìèê áîñèì ùë÷àíàäè.



1.13-ðàñì. Áåðíóëëè òåíãëàìàñèíèíã ãåîìåòðèê, ýíåðãåòèê âà ôèçèê ìàçìóíëàðèãà äîèð ÷èçìà.

Ó÷è ýãèëãàí øèøà íàé÷àëàðäà суюқлик ïåðçîìåòðëàðèäàãèãà ûàðàãàíäà ááëàíäðîûûà êùòàðèëàäè. Áóíèíã ñàááàáè øóíäàêè, ó÷è ýãèëãàí øèøà íàé÷àëàðäà óíèíã ýãèëãàí ó÷è суюқлик úàðàêàòè éùíàëèøèãà áùëèá, ãèäðîäèíàìèê áîñèìãà ûùøèì÷à суюқлик òåçëèãèãà áîüëèû áùëãàí áîñèì ïàéäî áùëàäè. Áóíäà суюқлик çàððà÷àëàðèíèíã èíåðöèÿ êó÷è ûùøèì÷à áîñèìãà ñàááà áùëàäè. Ó÷è ýãèëãàí øèøà íàé÷àëàðäàãè ááëàíäëèê ûóéèäàãèëàðãà òåíã:

$$h`_{1}ķ\frac{p_1}{\gamma}Ķ\frac{u_1^2}{2g},\; h`_{2}ķ\frac{p_2}{\gamma}Ķ\frac{u_2^2}{2g};\; h`_{3}ķ\frac{p_3}{\gamma}Ķ\frac{u_3^2}{2g}$$

Ïåðçîìåòðäàãè суюқлик ááëàíäëèãè áèëàí ó÷è ýãèëãàí øèøàëàðäàãè ááëàíäëèê ôàðûè

$$h`_{1}\text{-}\,h`_{1}ķ\frac{u_1^2}{2g};\; h`_{2}\text{-}\,h`_{2}ķ\frac{u_2^2}{2g};\; h`_{3}\text{-}\,h`_{3}ķ\frac{u_3^2}{2g}$$

ëàðãà òåíã áùëàäè âà *òåçëèê ááëàíäëèãè* äåéèëàäè.

Øóíäàé ûèëèá, ãåîìåòðèê íóûòàè íàçàðäàí Áåðíóëëè òåíãëàìàñèíèíã úàäëàðè ûóéèäàãè÷à àòàëàäè:

$\frac{u_1^2}{2g},\frac{u_2^2}{2g},\frac{u_3^2}{2g}$ - суюқликíèíã òåãèøëè êåñèìëàðèäàãè òåçëèê áîñèìè (ááëàíäëèãè):

$\frac{p_1}{\gamma},\frac{p_2}{\gamma},\frac{p_3}{\gamma}$ - ïåðçîìåòðèê ááëàíäëèêëàð;

z_1, z_2, z_3 - ãåîìåòðèê ááëàíäëèêëàð (òåãèøëè êåñèìëàðíèíã îüèðëèê ìàðêàçè 0-0 òåêèñëèãèäàí ûàí÷à ááëàíäëèêäà òóðèøèíè êùðñàòàäè).

$\frac{u^2}{2g},\frac{p}{\gamma},z$ - ëàðíèíã éèðèíäèñè óçóíëèê áèðëèêëàðèäà òåíãäèð. Ïåðçîìåòðëàðäàãè суюқлик ááëàíäëèêëàðèíè áèðëàøòèðñàê, úîñèë áùëãàí ÷èçèû *ïåðçîìåòðèê ÷èçèû* äåéèëàäè.

Áåðíóëëè òåíãëàìàñèäàí òåçëèê ááëàíäëèãè, ïåðçîìåòðèê âà ãåîìåòðèê ááëàíäëèêëàðíèíã óìóìèé éèüèíäèñè ùçãàðìàñ ìèûäîð áùëèá, ó
0\`-0\` ÷èçèüè áèëàí áåëãèëàíàäè âà суюқликíèíã áîñèì (äàì) òåêèñëèãè äåá àòàëàäè.

Ãèäðîäèíàìèêàäà áó ó÷òà ááëàíäëèêëàð $\frac{u^2}{2g},\frac{p}{\gamma},z$ íèíã éèüèíäèñè суюқликíèíã *òùëèû áîñèìè* (äàìè) äåá àòàëàäè âà *Í* áèëàí áåëãèëàíàäè:

$$Hķ\frac{u_2}{2g}Ķ\frac{p}{\gamma}Ķzķconst$$

Áóëàð èêêàë ýëåìåíòàð îûèì÷àëàð ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñèíèíã ãåîìåòðèê ìàoíîñèíè áèëäèðàäè. Óíèíã ýíåðãåòèê ìàoíîñ êèíåòèê ýíåðãèÿíèíã ùçãàðèø ûîíóíè áùéè÷à ÷èûàðèëèøèãà àñîñëàíãàí. Áîøûà÷à àéòãàíäà, Áåðíóëëè òåíãëàìàñè суюқликëàð ó÷óí ýíåðãèÿíèíã ñàûëàíèø ûîíóíèäèð. Áåðíóëëè òåíãëàìàñè (3.45) íèíã ÷àï òîìîíè ýëåìåíòàð îûèì÷àíèíã 1-1 êåñèìäàãè òùëèû ñîëèøòèðìà ýíåðãèÿ áùëèá, ó 2-2 êåñèìäàãè òùëèû ñîëèøòèðìà ýíåðãèÿãà òåíã ¸êè óíóìàí ùçãàðìàñ ìèûäîðäèð.

Áó åðäà *ñîëèøòèðìà ýíåðãèÿ* äåá îüèðëèê áèðëèãèãà òùüðè êåëãàí ýíåðãèÿ ìèûäîðèãà àéòàìèç. Áó àéòèëãàíëàðãà àñîñàí Áåðíóëëè òåíãëàìàñè úàäëàðèíèíã ýíåðãåòèê ¸êè ôèçèê ìàoíîñè ûóéèäàãè÷à áùëàäè:

$\frac{u_1^2}{2g},\frac{u_2^2}{2g},\frac{u_3^2}{2g}$-ýëåìåíòàð îûèì÷àíèíã - 1-1, 2-2, 3-3 êåñèìëàðäà òåãèøëè ñîëèøòèðìà êèíåòèê ýíåðãèÿñè;

$\frac{p_1}{\gamma}$Ķz_1, $\frac{p_2}{\gamma}$Ķz_2, $\frac{p_3}{\gamma}$Ķ$z3$ -ýëåìåíòàð îùèì÷à êåñèìëàðè ó÷óí ñîëèøòèðìà ïîòåíöèàë ýíåðãèÿ;

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ - êåñèìëàðãà òåãèøëè áîñèì áèëàí èôîäàëàíóâ÷è ñîëèøòèðìà ýíåðãèÿ;

z_1, z_2, z_3 - *1-1, 2-2, 3-3* êåñèìëàðãà òåãèøëè îùèðëèê áèëàí èôîäàëàíóâ÷è ñîëèøòèðìà ýíåðãèÿ.

Äåìàê, суюқлик úàðàêàò ûèëà¸òãàíäà ñîëèøòèðìà êèíåòèê âà ñîëèøòèðìà ïîòåíöèàë ýíåðãèÿëàð úàðàêàò äàâîìèäà ùçãàðèá áîðàäè, ëåêèí òùëèû ñîëèøòèðìà ýíåðãèÿ ùçãàðìàñ áùëàäè.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

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

9 - МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюқликни тирқиш ва найчалардан оқиши.

Ўқув модул бирликлари::

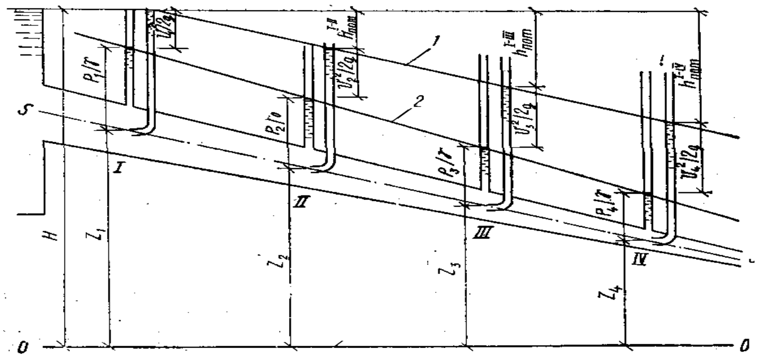
1. Тирқиш ва найча тушунчаси.
2. Суюқликни юпқа девордаги тирқишдан оқиши.
3. Суюқликни насадкадан оқиши.
4. Сиқилиш, тезлик ва сарф коэффицентлари.
5. Оқим техникаси хақида тушунча.

Таянч сўз ва иборалар

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

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

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



Ðåàë ñóþқëèêëàð ýëåìåíòàð окимчаси ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñè

Ýíäè ðåàë суюқлик ýëåìåíòàð окимчаси ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñèíè ãðàôèãèíè ÷èçàìèç.

Áóíèíã ó÷óí úàðàêàò S-S, 1-1, 2-2 âà 3-3 êåñèìëàðäàãè òåçëèêëàð u_1, u_2, u_3, áîñèìëàðè $ð_1, ð_2, ð_3$, áùëãàí ýëåìåíòàð îùèì÷à îëàìèç. Áó îùèì÷à ó÷óí êåñèìëàðäà ïåðçîìåòð âà ó÷è ýãèëãàí øèøà íàé÷à îëàìèç. Ïåðçîìåòðëàðäàãè суюқлик áàëàíäëèêëàðèíè òóòàøòèðèá, суюқлик áàëàíäëèêëàðèíè òóòàøòèðèá, ïåðçîìåòðèê ÷èçèû (Ð-Ð) íè úîñèë ûèëàìèç. Ó÷è ýãèê íàé÷àëàðäà, суюқлик áîñèìè (äàìè) ÷èçèüè (Í-Í) íè úîñèè ûèëàìèç. Ûóðèëãàí ãðàôèêíè èäåàë суюқлик ýëåìåíòàð оқимчаси ó÷óí îëèíãàí ãðàôèê áèëàí ñîëèøòèðàìèç. Íàòèæàäà èäåàë суюқликëàð ó÷óí îùèì÷àíèíã áèðèí÷è êåñèìèäàãè ãèäðîäèíàìèêè áîñèìè $Í_1$ èêêèí÷è âà ó÷èí÷è êåñèìëàðèäàãè ãèäðîäèíàìèê áîñèìëàðãà òåíãëèãèíè, ÿúíè $Í_1қÍ_2қÍ_3қñînst$ ýêàíëèãèíè ðåàë суюқлик ó÷óí áèðèí÷è êåñèìäàãè ãèäðîäèíàìèê áîñèì $Í_1$ èêêèí÷è âà ó÷èí÷è êåñèìëàðäàãè áîñèìëàðãà òåíãìàñëèãèíè, ÿúíè $Í_1≠Í_2≠Í_3$ ýêàíëèãèíè êùðàìèç. Móâîôèû áó òåíãñèçëèêè қóéèäàãè÷à èôîäàëàíàäè: $Í_1>Í_2>Í_3$

1.14-ðàñì. Ðåàë суюқликëàð ó÷óí ãåîìåòðèê, ïåðçîìåòðèê âà òåçëèê áàëàíäëèêëàðè.

Äåìàê, ðåàë суюқликíèíã ýëåìåíòàð оқимчаси úàðàêàò ûèëãàíäà ñîëèøòèðìà ýíåðãèÿíèíã ìàoëóì áèð ûèñìè éùûîòèëàð ýêàí; áèðèí÷è âà èêêèí÷è êåñèìëàð îðàñèäàãè áó éùûîòèøíè h_{1-2} úàðôè áèëàí áåëãèëàéìèç. Áóíäà èíäåêñ îðàñèäà éùûîòèø áùëà¸òãàí êåñèìëàð íîìåðèíè êùðñàòàäè. Ìàñàëàí, èêêèí÷è âà ó÷èí÷è êåñèì îðàñèäà éùûîòèø h_{2-3}, áèðèí÷è âà ó÷èí÷è êåñèì îðàñèäàãè éùûîòèø h_{1-3} âà úîêàçî. Àéòèëãàí éùûîòèøíèíã ìîúèÿòèíè ûóéèäàãè÷à èçîúëàø ìóìêèí. Ðåàë суюқлик ýëåìåíòàð оқимчаси úàðàêàò ûèë¸òãàíäà è÷êè èøûàëàíèø êó÷è íàòèæàñèäà ãèäðàâëèê ûàðøèëèê ïàéäî áùëàäè âà óíè åíãèø ó÷óí àëáàòòà ìàoëóì áèð ìèûäîðäà ýíåðãèÿ ñàðôëàø êåðàê. Áó ñàðôëàíãàí ýíåðãèÿ êùðèëà¸òãàí úàðàêàò ó÷óí òèêëàíìàéäè. Þîðèäà êåëòèðèëãàí òåíãñèçëèêè âà øó éùûîòèëãàí ýíåðãèÿ úèñîáèãà áùëàäè. Áèðèí÷è âà èêêèí÷è êåñèìëàð îðàñèäàãè éùûîòèëãàí ñîëèøòèðìà ýíåðãèÿ ãèäðàâëèê áîñèì ôàðûèãà òåíã: $h_{1-2}қH_1-H_2$

Þîðèäà êùðèëãàíèãà àñîñàí $H_1қ\frac{u_1^2}{2g}Қ\frac{p_1}{\gamma}Қz_1;\ H_2қ\frac{u_2^2}{2g}Қ\frac{p_2}{\gamma}Қz_2,$

áóíäàí $h_{1-2}қ(\frac{u_1^2}{2g}Қ\frac{p_1}{\gamma}Қz_1)Қ(\frac{u_2^2}{2g}Қ\frac{p_2}{\gamma}Қz_2)$

íàòèæàäà ûóéèäàãè òåíãëàìàíè îëàìèç

$$\frac{u_1^2}{2g}Қ\frac{p_1}{\gamma}Қz_1қ\frac{u_2^2}{2g}Қ\frac{p_2}{\gamma}Қz_2Қh_{1-2} \qquad (3.46)$$

Îëèíãàí òåíãëàìà ðåàë суюқликëàð ýëåìåíòàð оқимчаси ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñèäèð. Áó òåíãëàìà èäåàë суюқлик ýëåìåíòàð оқимчасиäàí ùíã òîìîíäàãè òùðòèí÷è úàäè h_{1-2} áèëàí ôàðû ûèëàäè. Áó úàä 1-1 âà 2-2 êåñèìëàð îðàñèäà áîñèìíèíã êàìàéèøèíè êùðñàòàäè. Èäåàë суюқликëàðäà è÷êè èøûàëàíèø êó÷è úèñîáãà îëèíìàãàíè ó÷óí þîðèäà àéòèëãàí úàä áùëìàéäè.

Ðåàë суюқликëàð îùèìè ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñè.
Êîðèîëèñ êîýôôèöèåíòè

Îùèì ÷åêñèç êùï ýëåìåíòàð îùèì÷àëàðäàí òàøêèë òîïãàíëèãèäàí øó îùèì÷àëàð ýíåðãèÿëàðèíèíã úàðàêàò êåñèìè áùéè÷à èíòåãðàëëàíè îëèø éùëè áèëàí îùèì ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñèíè úîñèë ûèëèø ìóìêèí:

$$\int_{\omega_1}\frac{u_1^2}{2g}d\omega Қ\int_{\omega_1}\frac{p_1}{\gamma}d\omega Қ\int_{\omega_1}z_1\,d\omega қ\int_{\omega_2}\frac{u_2^2}{2g}d\omega Қ\int_{\omega_2}\frac{p_2}{\gamma}d\omega Қ\int_{\omega_2}z_2\,d\omega Қ\int_{\omega_2}h_{1-2}\,d\omega$$

Îùèìíèíã úàð áèð ýëåìåíòàð оқимчасиäàí òàçëèêíè úèñîáëàø ûèéèí áùëãàíè ó÷óí (3.47) òåíãëàìàäàãè èíòåãðàëëàðíè úèñîáëàø úàì æóäà ûèéèíëàøàäè. Øóíè íàçàðäà îëèá, îùèì ó÷óí

Áåðíóëëè òåíãëàìàñèäà òåçëèêëàðíè ùðòà÷à òåçëèê v áèëàí àëìàøòèðèëàäè. Áó ýñà Áåðíóëëè òåíãëàìàñè ôîéäàëàíèëàäèãàí úèñîáëàø èøëàðèäà êàòòà ûóëàéëèê òóüäèðàäè. Áó úîëäà ýëåìåíòàð îûèì÷à ãåîìåòðèê áàëàíäëèãè áùéè÷à èíòåãðàë îûèìíèíã úàðàêàò êåñèìè îüèðëèê ìàðêàçèíèíã ãåîìåòðèê áàëàíäëèãèãà, áîñèì áùéè÷à èíòåãðàë ýñà àíà øó ãåîìåòðèê áàëàíäëèêäàãè íóûòàãà ûùéèëãàí áîñèìãà àéëàíàäè. Ýëåìåíòàð îûèì÷àíèíã 1-1 âà 2-2 êåñèìëàðèäà áîñèìíèíã êàìàéèøè áùéè÷à èíòåãðàë úàì îûèì ó÷óí áîñèìíèíã ùðòà÷à êàìàéèø ìèûäîðèãà àéëàíàäè. Ñîëèøòèðìà êèíåòèê ýíåðãèÿíèíã èíòåãðàëèíè òåçëèêíèíã ùðòà÷à ûèéìàòè áùéè÷à êèíåòèê ýíåðãèÿ áèëàí àëìàøòèðñàê, óíèíã ìèûäîðè êàìàéèá ûîëàäè. Èíòåãðàë ÷åêñèç êùï ìèûäîðëàðíèíã éèüèíäèñè áùëãàíè ó÷óí áóíè éèüèíäèëàð êâàäðàòëàðèíèíã ìèñîëèäà êùðàìèç. Ìàñàëàí, *u_1ķ10ì/ñ, u_2ķ11ì/ñ, u_3ķ9ì/ñ, u_4ķ12ì/ñ, u_5ķì/ñ* áùëñèí. Ó úîëäà ùðòà÷à òåçëèê:

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

òåçëèêëàð êâàäðàòëàðèíèíã ùðòà÷à ûèéìàòè

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

ùðòà òåçëèêíèíã êâàäðàòè ýñà v^2қ100ì^2/ñ. Áóíäàí êùðèíèá òóðèáäèêè, òåçëèêëàð êâàäðàòëàðèíèíã éèüèíäèñè ùðòà÷à òåçëèê êâàäðàòèäàí êàòòà ýêàí. Øóíäàé ûèëèá, ûóéèäàãè òåíãñèçëèê òùüðè ýêàíëèãèíè êùðèø ìóìêèí:

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

Áó òåíãñèçëèêíè èíòåãðàëëàø éùëè áèëàí úàì èñáîòëàø ìóìêèí. (Áóíäàé èñáîòíè òàëàáàëàðíèíã ùçëàðè áàæàðèëèøèíè òàêëèô ûèëàìèç). Áó õàòîíè òóçàòèø ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñèíèíã áèðèí÷è úàäèãà α êîýôôèöèåíòèíè êèðèòàìèç. Áó êîýôôèöèåíò òåçëèêíèíã áèð òåêèñ ìèûäîðäà áùëìàñëèãèíè èñáîòëàéäè âà Êîðèîëèñ êîýôôèöèåíòè äåá àòàëàäè. Ó úîëäà

$$\alpha\text{ķ}\frac{\displaystyle\int_{\omega}\frac{u_2}{2g}d\omega}{\displaystyle\frac{v^2}{2g}\omega}$$

Øóíäàé ûèëèá, þûîðèäàãè àéòèëãàíëàðãà àñîñàí (3.47) òåíãëàìà ûóéèäàãè êùðèíèøãà êåëàäè:

$$\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}+\frac{p_1}{\gamma}\text{Ķ}z_1\text{ķ}\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}+\frac{p_2}{\gamma}\text{Ķ}z_2\text{Ķ}H_{1-2} \qquad (3.48)$$

áó åðäà $\alpha_1\alpha_2$ - áèðèí÷è âà èêêèí÷è êåñèìëàðäà òåçëèêíèíã íîòåêèñ òàðûàëãàíèíè úèñîáãà îëóâ÷è êîýôôèöèåíò; *Í$_{1-2}$* - áèðèí÷è âà èêêèí÷è êåñèìëàð ó÷óí áîñèìíèíã êàìàéèøè.

Îûèì ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñèäà ûîëãàí áîøûà úàäëàð ýëåìåíòàð îûèì÷à ó÷óí Áåðíóëëè òåíãëàìàñèäà ûàíäàé àòàëñà, áó åðäà úàì øóíäàé àòàëàäè. Áó òåíãëàìà ãèäðîäèíàìèêà ìàñàëàëàðèíè úàë ûèëèøäà ýíã ìóúèì òåíãëàìà áùëèá, ó áàðûàðîð úàðàêàòëàð ó÷óí ¸çèëãàí âà òåçëèê úàðàêàò êåñèìè áùéè÷à ûàí÷à êàì ùçãàðñà, øóí÷à êàì õàòîëèê áåðàäè.

Реал газлар оқими учун Бернулли тенгламаси

Одатда, ҳаракат йўналиши бўйича босим камайиб боради. Суюқликларда ҳажмий сиқилиш коэффициенти β_p жуда кичик бўлгани учун бу ўзгариш суюқликнинг физик хоссаларига таъсир қилмайди. Лекин газларда босимнинг озгина ўзгариши ҳам унинг параметрларига таъсир қилади. Бундан ташқари газларда суюқликларга қараганда тезлик бир неча ўн баровар катта бўлади. Бу эса босимга ва газнинг физик хоссаларига, биринчи галда унинг солиштирма оғирлигига таъсир қилади. Аммо газ оқимининг кўнгдаланг кесими бўйича тезлик деярли ўзгармайди. Шунинг учун газларда $\alpha\approx1$ бўлади. Газлар учун тезлик, босим, соолиштирма оғирлик тез ўзгаргани учун биринчи ва иккинчи кесим орасидаги масофани чексиз кичик Δl деб оламиз. У ҳолда Бернулли тенгламаси дифференциал кўринишда қуйидагича ёзилади:

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

бу ерда

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

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

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

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

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

Бу тengликда биринчи, иккинчи ва тўртинчи интегралларни ҳисоблаш осон:

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

Учинчи интегрални ҳисоблашда солиштирма оғирлик босимга боғлиқ эканлигини назарга олиш керак бўлади. Прессни политропик деб қарасак, у ҳолда $\frac{p}{\gamma}=\frac{p^0}{\gamma_0^n}$ бўлади. Бу тенгликдан $\gamma=p^{\frac{1}{2}}\frac{\gamma_0}{\frac{1}{p_0 n}}$

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

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

дан яна бир марта фойдалансак, қуйидагини оламиз:

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

Натижада (3.40) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

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

Тенгламани иккита кесим учун ёзамиз:

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

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

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Суюқлик ҳолат баландлигини тушунтиринг.
2. Пьезометрик баландликни тушунтиринг.
3. Гидравлик баландликни тушунтиринг.
4. Бернулли тенгламасини геометрик маоносини тушунтиринг.
5. Бернулли тенгламасини энергетик маоносини тушунтиринг.
6. Реал суюқлик нима?
7. Реал суюқликлар учун Бернулли тенгламаси.
8.Геометрик. Пҳезометрик ва тезлик баландликларини чизинг.
9.Кориолик коэффициентини топинг.
10.Газлар учун Бернули тенгламасини тузинг.

10- МАЪРУЗА

МАВЗУ: Қувурларни гидравлик ҳисоби.

Ўқув модул бирликлари::

1. Содда ва мураккаб қувурлар хақида тушунча.
2. Содда қувурларни гидравлик ҳисоби.
3. Мураккаб қувурларни гидравлик ҳисоби.
4. Қувурларни тежамли диаметрини аниқлаш.
5. Қувурларни параллел ва кетма-кет улаш.

Таянч сўз ва иборалар

Пьезометрик киялик, гидравлик киялик, маҳаллий қаршилик, узунлик бҳйича йҳқотиш, сарф, тезлик, Вентури сарф ҳлчагичи, текис ҳаракат, Пьезометрик чизиқ, босим чизиғи, ишқаланш кучи, гидравлик йҳқотиш, Пито найчаси, Прандтлр найчаси.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

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

Гидравлик ва пьезометрик қияликлар ҳақида тушунча

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

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

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

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

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

Агар босим чизиғи эгри чизиқ бўлса, у ҳолда гидравлик қиялик дифференциал кўринишда ёзилади:

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

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

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

Перзометрик қиялик $I_{\text{р}}$ перзометрик чизиқ эгри чизиқ бўлганда дифференциал кўринишда аниқланади:

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

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

Гидравлик йўқотиш ҳақида тушунча.
Гидравлик йўқотишнинг турлари

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

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

1) $P_1 \text{қ} p_1 \cdot S$ ва $P_2 \text{қ} p_2 \cdot S$ - босим кучлари;

2) $G \text{қ} \gamma Sl$ - оғирлик кучи;

3) $\text{Т}\text{қ}\tau\pi \text{Dl}$ - ишқаланиш кучидир.

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

$$P_1\text{-}P_2 \text{Қ} G\sin\alpha\text{-}\ T \text{қ} 0$$

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

$$p_1 S\text{-}p_2 S \text{Қ} \gamma Sl\cdot\frac{z_1-z_2}{l} \text{Қ} \tau\pi Dl \text{қ} 0$$

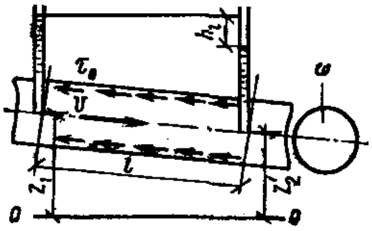
Бундан текис харакат учун Бернулли тенгламаси келиб чиқади.

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \frac{\tau}{\gamma}\frac{\pi Dl}{S}$$

Бу тенгламани (3.48) тенглама билан солиштирсак ва уни текис ҳаракат (v_1қv_2) учун қўлласак, гидравлик йўқотиш учун қуйидаги муносабатни оламиз:

$$h_{1-2}қ\frac{\tau}{\gamma}\frac{\pi Dl}{S} \tag{3.56}$$

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



1.15-расм. Гидравлик йўқотиш тушунчасига доир

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

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

Умумий гидравлик йўқотиш бу икки йўқотишнинг йиғиндисига тенг

$$Hn \text{ қ } H_l H_м \tag{3.57}$$

бу ерда H_l - узунлик бўйича йўқотиш; $H_м$-маҳаллий қаршилик.

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

Тезлик ва сарф ўлчаш усуллари ҳамда асбоблари

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

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

$$Qқ\frac{V}{T}$$

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

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

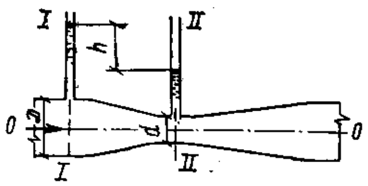
$$Gқ\frac{GV}{T}$$

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

$$Q\text{қ}\frac{G}{\gamma}$$

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

3. **Вентури сув ўлчагичи** махсус трубадан сув ўтишига асосланган бўлиб, тузилиши содда ва ҳаракатланувчи қисмлари йўқдир. Бу асбоб талабга жавоб вертикал ёки горизонтал ҳолдагисини кўрамиз.



1.16-расм. Вентури сув ўлчагичи

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

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

бундан

$$\frac{p_1}{\gamma}-\frac{p_2}{\gamma}=\frac{u_2^2}{2g}-\frac{u_1^2}{2g}$$

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

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

Узилмаслик тенгламаси (3.14) га асосан

$$v_1\text{қ}v_2\frac{S_2}{S_1}$$

у ҳолда

$$h\text{қ}\frac{v_2^2}{2g}\left[1-\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2\right]$$

бундан 2-2 кесимдаги тезликни топамиз:

$$v_2\text{қ}\sqrt{\frac{2gh}{1-\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}} \qquad (3.58)$$

У ҳолда суюқлик сарфи қуйидагича аниқланади:

$$Qķv_2S_2ķS_2\sqrt{\frac{2gh}{1-\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}} \qquad (3.59)$$

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

$$QķmS_2\sqrt{\frac{2gh}{1-\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}$$

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

$$Qķc\sqrt{h} \qquad (3.60)$$

бу ерда

$$cķmS_2\sqrt{\frac{2gh}{1-\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}$$

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

4. **Сув ўлчагич шайба (диафрагма)** икки труба бўлаги ўртасига ўрнатилган ҳалқадан иборат бўлиб (1.41-расм) унинг ички айлана тешигининг чеккалари 45^0 бурчак остида қияланган ёки оқиб ўтувчи оқимча шаклида силлиқланган (сопло кўринишда) бўлади. Ҳалқанинг икки томонига перзометр ёки дифференциал манометр ўрнатилган бўлиб, улар диафрагманинг икки томонидаги босимлар фарқини аниқлашга ёрдам беради.

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

$$Qķc_1\sqrt{h} \qquad (3.61)$$

c_1 коэффициент ҳар бир диафрагма учун тажриба асосида аниқланади.

5. **Вертушка** вал 2 га ўрнатилган айланма куракчалар 1 га эга бўлган ьилдирак бўлиб, асосий корпусга маҳкамланади. Вертушка сув оқимига тўғри йўналтирилиши учун корпус 4 га қанотча ўрнатилган. Вертушкадан ўтказгичлар 3 электр кўньироқ отилган бўлиб, куракчалар айланганда электр занжирини туташтиради ва қўньироқ жиринглайди ёки махсус счётчик айланиш сонини автоматик ҳисоблайди. Сувга туширилган вертушкаларнинг куракчалари сувнинг тезлигига қараб секинроқ ёки тезроқ айланади. Шунинг учун суюқликнинг тезлиги счётчикнинг кўрсаткичи ёки вақт бирлигида кўньироқнинг жиринглаш сонига қараб аниқланади. Каналларда суюқлик сарфини топиш учун уларнинг кўндаланг кесимини ΔS_1, ΔS_2, ΔS_3... элементар юзаларга бўлиб чиқамиз. Бу юзаларнинг геометрик марказларида тезликларни вертушка ёрдамида ўлчаб, уларни юзаларга кўпайтирсак, ҳар бир кесим бўйича сарф келиб чиқади:

$$q_1ķ\Delta S_1v_1;\ q_2ķ\Delta S_2v_2;...,q_nķ\ \Delta S_nv_n$$

Каналда оқаётган суюқлик сарфи бу сарфларнинг йиғиндисига тенгдир;

$$Qк\sum_{i=1}^{n} q_1к\Delta S_1v_1Қ\ \Delta S_2v_2Қ\Delta S_nv_n \qquad (3.62)$$

Бу усул гидрометрик ўлчашларда энг кўп қўлланиладиган усулдир.

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

$$v\text{қ}\sqrt{2gh} \tag{3.63}$$

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

$$v\text{қ}a\sqrt{2gh} \tag{3.64}$$

бу ерда а - коэқффициент у ҳар бир найча учун тажриба йўли билан аниқлаб қўйилади.

Пито найчаси очиқ сиртли оқимларда тезликни ўлчаш учун қўлланилади.

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

$$v\text{қ}a\sqrt{2gh} \tag{3.65}$$

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

$$v\text{қ}a\sqrt{2gh\left(\frac{\gamma_1}{\gamma}-1\right)} \tag{3.66}$$

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

Суюқлик ҳаракатининг тартиблари ва гидродинамик ўхшашлик асослари

Амалда кўп ҳолларда турли трубопроводлар системасини ҳисоблашга тўғри келади. Бундай ҳисоблашлар химия, тўқимачилик нефть саноатида, гидротехник иншоотларида ва бошқа кўпгина жойларда учрайдиган турли гидромашиналарнинг қисмлари, водопроводлар, иссиқлик алмаштиргичлар каби системалар учун қўлланилади. Бу системаларни ҳисоблаш уларда суюқликнинг қандай тезликда ва қандай шароитда оқишига боғлиқ. Шунга асосан суюқликлар ҳаракатининг турли тартиблари текширилади ва ҳаракат тартибига қараб турлича ҳисоблаш ишлари олиб борилади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Пьезометрик қияликни тушунтиринг.

2. Гидравлик қияликни тушунтиринг.

3. Маҳаллий қаршиликни тушунтиринг.

4. Узунлик бўйича йўқотилган босимни тушунтиринг.

5. Йўқотилган напорларни тушунтиринг.

6. Вентури сарф ўлчагич.

7. Текис ҳаракатни тушунтиринг.

8. Текис ҳаракатни асосий тенгламасини тушунтиринг.

9. Гидравлик йукотиш хакида тушунча беринг ва гидравлик йукотишнинг турларини айтинг.

10.Махаллий каршилик кандай вужудга келади.

11.Вентури сарф улчагич хакида тушунча беринг.

11 - МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидравлик зарба ходисаси.

Ўқув модул бирликлари::

1. Гидравлик зарба тушунчаси
2. Тўғри гидравлик зарба
3. Тескари гидравлик зарба
4. Гидравлик зарбани сусайтириш усуллари
5. Гидравлик зарбадан амалда фойдаланиш

Таянч сўз ва иборалар

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

Муаммоли вазият, савол ёки топширик.

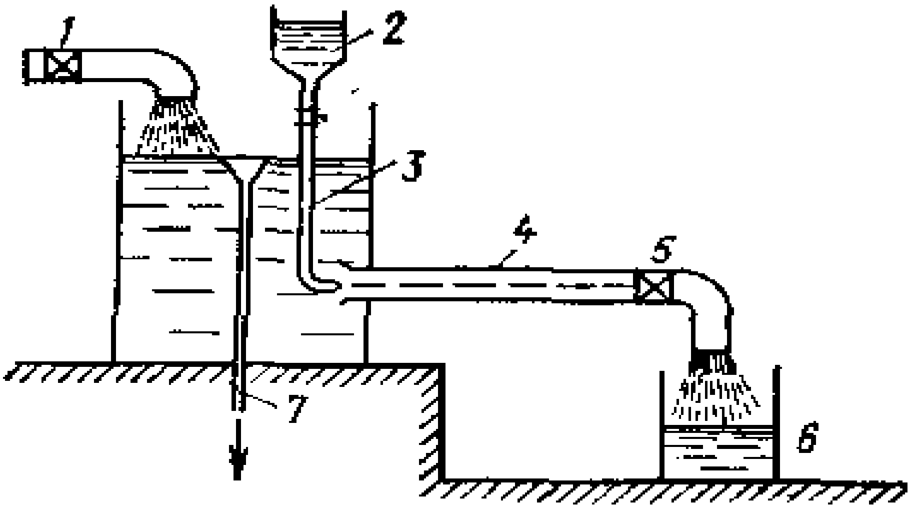
1. Суюқлик ҳаракит тартибини аниқлаш нима учун зарур?
2. Ренолрдс критерийсини аниқлашнинг мақсади нима?
3. Турбулент ҳаракатда гидравлик қаршилик қандай ўзгаради?
4. Ренолрдс тажрибасини тушунтиринг?

Суюқлик ҳаракатининг икки тартиби. Рейнолрдс критик сони

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

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

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



1.17-расм. Ламинар ва турбулент ҳаракатга оид чизма.

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

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

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

$$R_e қ \frac{v \cdot d}{\nu} \qquad (4.1)$$

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

$$\mathrm{R_e}қ\frac{v\cdot d_{экl}}{\nu}=\frac{5vR}{\nu} \qquad (4.2)$$

бу ер d - трубанинг ички диаметри; $d_{экв}$ - ўзан ёки ноцилиндрик трубанинг эквивалент диаметри: $d_{экв}$қ4R: R - гидравлик радиус.

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

Суюқликнинг ламинар ҳаракатдан турбулент ҳаракатга ўтишини Рейнолрдс сони R_e нинг маълум критик миқдори билан аниқланади ва у Рейнолрдс сони критик сони деб аталиб, $R\mathrm{e}_{кр}$ билан белгиланади. Бу сон цилиндрик трубалар учун $\mathrm{Re}_{кр}$қ2320..

Агар оқими жуда силлиқ трубада, ҳар қандай энг кучсиз туртки ва тебранишлардан холи бўлган шароитда текширсак, Рейнолрдс критик сони 2320 дан ортиқ, ҳатто бир неча маротаба ортиқ бўлиши мумкин. Лекин Рейнолрдс сони маълум бир қийматдан ўтганидан кейин ҳаракат, қандай эҳтиёт чоралари кўрилмасин, албатта турбулент бўлади. Бу сон Рейнолрдс юқори критик сони деб аталади ва $R\mathrm{e}_{кр.ю}$қ10000 га тенг бўлади. Бу сонга қиёс қилиб, юқорида келтирилган критик сон Рейнолрдс қуйи критик сони $R\mathrm{e}_{кр.қ}$қ2320 деб аталади. Рейнолрдс сони $R\mathrm{e}_{кр.қ}$ дан кичик бўлганда барқарор ламинар ҳаракат бўлади, у $R\mathrm{e}_{кр.ю}$ дан катта бўлганда эса трубулент ҳаракат барқарорлашган бўлади. Агар Рейнолрдс сони бу икки миқдор ўртасида, яъни $R\mathrm{e}_{кр.қ}>R\mathrm{e}>R\mathrm{e}_{кр.ю}$ бўлса, трубулент ҳаракат беқарор бўлиб, бу ҳолатни ўткинчи тартиб дейилади. Шундай қилиб, суюқлик ҳаракатида асосан икки тартиб ламинар ва турбулент тартиб мавжуд. Бу тушунчани яна яқинроқ ифодаласак, у ҳолда уч хир тартиб мавжуд бўлиб, улар Рейнолрдс сонига боғлиқ:

ламинар тартиб $R\mathrm{e}<2320$ да

ўткинчи тартиб $2320>R\mathrm{e}>10000$ да;

3) барқарорлашган турбулент тартиб Re>10000 да.

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

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

$$H_{1\text{-}2}қk_т v$$

турбулент ҳаракатда эса унинг n - даражасига пропорционал бўлади.

$$H_{1\text{-}2}қk_т v^n$$

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

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

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

12 - МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидромашиналар ва насослар, уларни гурухланиши ва ишлаш принципи

Ўқув модул бирликлари::

1. Гидромашиналар тушунчаси
2. Насослар хақида тушунча
3. Динамик ва хажмий насослар
4. Насосларни асосий параметрлари

Таянч сўз ва иборалар

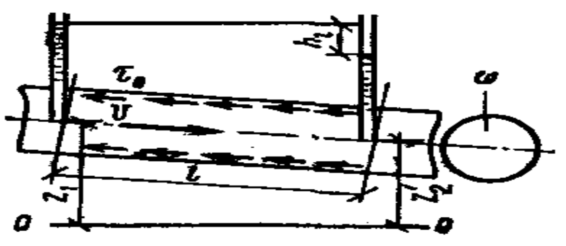
Суюқликнинг текис харакати, ҳртача тезлик, ламинар харакатда босимнинг камайиши, турбулент харакатда босимнинг камайиши, гидравлик ишқаланиш коэффициенти, Шези формуласи, Блаизус формуласи, Дарси-Вейсбах формуласи, Алтшулр формуласи, Шевелёв формуласи, Шиф-ринсон формуласи.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

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

Суюқликнинг текис (тенг уловчи) харакатида босимнинг йўқолиши

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



17-расм. Оқимга таъсир этувчи кучлар.

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

$$Tқ\tau \; x \; l$$

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

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

$$P_1 - P_2 + G \cdot \sin\alpha - T = 0 \qquad (3)$$

$$P_1 = P_1 S \qquad P_2 = P_2 S$$

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

$$G = \rho g S l; \qquad T = \tau x l$$

Бу қийматларни (3) тенгламага куйсак $P_1 S - P_2 S + \rho g S l \frac{z_1 - z_2}{l} - \tau x l = 0$

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

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

(4) тенгламани қуйидаги Бернулли тенгламаси билан солиштириб, бу ерда текис харакат бўлгани учун $V_1қV_2$

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

$$V_1 = V_2 \qquad дан$$

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

$$h_{тр} = \frac{\tau l}{\rho g R}$$

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

Труба ичидан радиуси У га тенг ва узунлиги бўлган цилиндрик хажми ажратиб олайлик. Доиравий кесим учун гидравлик радиус *RқУ/2*

У холда $h_{tp} = \frac{\psi}{\rho g} \cdot \frac{2l}{У}$

Хусусий холда агар $z_1қz_2$ бўлса

$$h_{тр} = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{2\tau l}{\rho g y} \qquad (7)$$

$\Delta P\text{-}l$ - узунликдаги босимни камайиши

$$\tau = \frac{\Delta P У}{2l}$$

Уринма кучланиш τ ўзгаришини чизиқли эканини хисобга олсак

Уқ0 да τ_0қ0 ва труба деворида Уқг да τ энг катта қийматга эга бўлади. Бундан $\tau_r = \frac{\Delta \Pr}{2l}$ (7) тенгламадан кўринадики $\frac{\tau}{\rho g}$ - хақиқий йўқолган энергияни ташкил этади.

Бу йўқолган энергияни аналитик жихатдан келтириб чиқариш шу вақтгача фақат хусусий холлар узунгина мавжуд бўлган, чунки оқим харакати параметрларига ва ишқаланиш кучига боғлиқ бўлган мураккаб функциядан иборатдир яъни: $\frac{\tau}{\rho g} = f\left(V_1 \mu_1 \Delta_э \Pr\right)$

Бунинг учун бир нечта эмперик формулалар мавжуд:

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

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

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

$$V = C\sqrt{Ri} \tag{11}$$

Шези формуласи. C – Шези коэффициенти;

C^2 - нинг уловчи тезланишни бергани учун кейинчалик бу қуйидагича алмаштирилга $C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$

λ - *гидравлик ишқаланиш* коэффициенти дейилади.

Суюқликнинг турбулент харакатидаги гидравлик қаршилик

Суюқликнинг турбулент харакатланганда унинг заррачалари мукарраб троекторияларда харакатланади, натижада ички ишқаланиш кучи оширади ва бу уз навбатида қатламалар орасидаги кучланганликни оширади. Демак суюқлик харакати мукарраб бўлганлиги учун, шу вақтга турбулент харакатни тўла тавсияловчи аналитик математик ифодаси йук.

Бундай харакатларни эмперик ёки ярим эмперик формулалар ёрдамида ифодалаб келинади.

Турбулент харакатда гидравлик қаршилик топиш учун коэффициентини эмперик боғланишлар

Тажрибалар асосида X1X асрда Бланзус гидравлик қаршилик коэффициентини қуйидаги эмперик формуласини келтириб чиқарган:

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

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

Бу юқоридаги формулани ривожлантириб Мителрман Reқ 2500–4000 оралиқда қўллаш мумкин бўлган, силлиқ труба учун қуйидаги богланишни таклиф этган.

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

Силлиқ трубалар учун яна Ибатулов ва Шишенколар ҳам узларининг қуйидаги *Re* қ 2500 – 5000 оралиқ учун формуласини чиқаришган

$$\lambda = \frac{0{,}075}{\sqrt[8]{\mathrm{Re}}} \tag{3}$$

Канаков эса $\mathrm{Re} \leq 3 \cdot 10^6$ оралиқ учун ва силлиқ трубалар учун

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

Силлиқ бўлмайаган трубалар учун квадратик зонагача бўлган оралиқ учун 2320<Re<5000 Алртшулр қуйидаги формулани таклиф этади.

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{K\text{э}}{d} + \frac{68}{\mathrm{Re}}\right)^{0,25} \tag{5}$$

бу ерда $K_э$ – гадир будурликнинг эквивалентлик коэффициенти.

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

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{K\text{э}}{d}\right)^{0,25} \tag{6}$$

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

$$\lambda = \frac{0{,}25}{\mathrm{Re}^{0,226}} \tag{7}$$

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

$$\lambda = \frac{0{,}021}{d^{0,3}} \tag{8}$$

агар *V<1,2 м/с* бўлса

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

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

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

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

ЛАМИНАР ХАРАКАТДА БОСИМНИНГ КАМАЙИШИ

Суюқликнинг *ламинар* харакатида суюқлик труба киришда барча кесимларда тезлиги бир хил аста-секин расмда кўрсатилгандай тарқала бошлайди $L_б$қ*0,28dRe* - бошлангич масофадан бошлаб тезликни тарқалиши паробала шаклиги келади.

Суюқлик окаётган трубадан хаёлан бирор халқа шаклдаги калинлиги $dУ$ бўлган элементар кичик юзача ажратиб олайлик, бу халқанинг ички радиуси $У$. У холда олинган кесим юзаси:

$$dS_y = 2\pi УdУ$$

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

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

- ламинар харакатда тезликни тарқалиш тенгламаси, стокс тенгламаси дейилади.

Суюқликнинг халқадан утаётган элементар сарфи:

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

Трубанинг тўла кесимдан утган сарф:

(3)

(3) ни буклаб интегралласак

$$Q = \pi\left[\left|V_y У^2\right|_o^r - \int_o^r У^2 dV_y\right] \quad (4)$$

(4) тенгламанинг кавс ичидаги биринчи ифода нолга тенг, яъни *Уқr* да *Vrқ0,* у холда

$$Q = -\pi\int_o^r У^2 dV_y \quad (5)$$

Кучланишни тарқалиш қонунидан

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

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

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

(7) ни (5) га қуйисак

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

(8) ни интегралласак, Ньютон суюқликлари оқими учун $f(\tau) = \frac{\tau^2}{\mu}$

у холда

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

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

бу ерда *dқ2r;* $\tau_r = \frac{r\Delta P}{2L}$ деб олсак

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

Барча кесимлар учун ўртача тезлик

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

Босим камайиши

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

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

$$\frac{\mu}{V d\rho} = \frac{1}{\mathrm{Re}} \quad \text{у холда}$$

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

тенгламани Дарси-Вейсбах тенгламаси билан солиштирсак

$$\Delta h_e = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}; \qquad \lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}} \quad \text{Пуазейл формуласи} \quad (15)$$

Назорат учун саволлар:

1. Суюқликнинг текис ҳаракатида босимнинг камайиши.
2. Суюқликнинг турбулент ҳаракатида гидравлик қаршилик.
3. Гидравлик ишқланиш қаршилик коэффиценти.
4. Турбулент харакатда гидравлик қаршиликни топиш учун эмпирик 5. боғланишлар.
6. Ламинар ҳаракатда босимни камайиши.
7. Пуазейл формуласи
8.Суюклик харакатидаги каршиликлар.
9.Суюклик харакатида босимнинг камайиш турлари.
10.Суюкликнинг ламинар йуколишида босимнинг камайишини аниклаш.
11.Ишкаланиш каршилик коэффициенти ва унинг аниклаш.

13 - МАЪРУЗА

МАВЗУ: Марказдан қочма насослар.

Ўқув модул бирликлари::

1. Марказдан қочма насос тушунчаси.
2. Бир босқичли марказдан қочма насос.
3. Насоснинг назарий босими.
4. Насосда энергиянинг йўқолиши.
5. Марказдан қочма насоснинг асосий параметрлари.
6. Тезюрарлик коэффиценти.

Таянч сўз ва иборалар

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

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

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

Реал суюқлик харакатида оқим узунлиги бўйича йўқолган напордан ташкари маҳаллий қаршиликлар бўйича ҳам босимни камайиши бўлади.

Маҳаллий қаршиликлар қуйидаги холларда пайдо бўлади.

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

Амалиётда маҳаллий босим йўқолиши қуйидаги Вейсбах формуласи ёрдамида хисобланади: $\Delta h_{м} к \xi \frac{v^2}{2g}$ (1)

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

Алртшулр ξ ни аниқлаш учун қуйидаги эмпирек формулани таклиф қилади.

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

бу ерда ξ_k - турбулент харакатининг квадратик зонаси учун маҳаллий қаршилик коэффициенти

С – маҳаллий қаршиликнинг турига боғлиқ бўлган коэффициент.

	С		С
Кескин кенгайиш	30	Пробкали кран	150
90° ли бурчак	400	Оддий вентилр	3000
135° ли бурчак	600	Бурчакли вентилр	400
90° ли текис бурилиш	130	Шарикли клапан	5000
Тройник	150	Задвижка	75

Маҳаллий қаршиликларни ўрганиш ламинар харкат учун хозирча тўла ўрганилмаган. Турбулент харакат учун хусусий холларда ўрганилган хозир биз бир нета хусусий холларни куриб чикамиз.

1. Оқимнинг кески кенгайиши:

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

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

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

$$p_1 к\ p_1 s_1;\ p_2 к\ p_2 s_2$$

$$t_1 к Z_z к 0$$

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

Суюқликнинг харакат миқдорини ўзгариши $\rho Qdt(v_2 Қ v_1)$ **(а)**

Ишкалашни кучириш хисобга олмасак импулрс кучининг суюқлик харакати йўналиши бўйича олинган проекциялари йиғиндиси

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

Харакат миқдори ўзгариши теоремасига асосан **(а)** ва (б) тенглаштирсак

$$\rho Qdt(v_2\text{Қ}v_1)\text{қ}(p_1\text{-}p_2)S_2\ dt$$

Бу ерда $Q\text{қ}S_2\cdot v_2$ эканини хисобга олиб тенгликни ρg га бўлсак

$$v_2s_2(v_2v_1)/g\text{қ}s_2(p_1\text{-}p_2)/\rho g$$

Яна s_2 га кискартирсак

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

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

Буни индекслар бўйича группаласак

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

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

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

(5) – Борд формуласи (1766 й).

Бу ерда $v_1\ s_1\text{қ}\ v_2\ s_2$ эканини хисобга олиб

$$h_{k.k}\text{қ}(1-\frac{s_1}{s_2})^2\frac{v_1^2}{2g}=\xi\frac{v_1^2}{2g} \tag{6}$$

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

эканини топамиз: ёки

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

Оқиминнинг аста-секин кенгайиши (диффузор)

Бу ерда угорма хосил бўлиши кескин кенгайишига қараганда камрок бўлади. Маҳаллий қаршилик коэффициенти худди юқорида қурилган кескин кенгайиши каби чиқарилади:

$$\xi_{диф}=k(\frac{s^2}{s^1}-1)^2$$

$$h_{диф}=k(\frac{s_2}{s_1}-1)^2\frac{v_2^2}{2g}ёки h_{диф}=k(1-\frac{s_2}{s_1})\frac{v_1^2}{2g}$$

Бу ерда к - конуслик коэффициенти дейилади ва α бурчакка боғлиқ бўлади. Масалан αқ 0 да К қ 0; αқ 30 да К қ 0,71; αқ 60 да К қ 1,12; αқ 90 да К қ 1,07.

Диффузор учун ξ коэффициент қуйидаги формуладан ҳам хисобланади

$$\xi диф=\frac{\lambda}{8\sin\frac{\alpha}{2}}\cdot\frac{n^2-1}{n}+(\frac{n-1}{n})^2\sin\alpha$$

Бу ерда α - ишқаланиш қаршилик коэффициенти: $n\text{қ}\frac{s_2}{s_1}$ диффузорининг кенгайиш даражаси.

Оқимнинг кескин торайиши

Оқимнинг кескин торайишида кескин кенгалишга қараганда камрок қаршилик пайдо бўлади.

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

$$h_{к.т}қ\xi_0\text{-}\frac{v_c^2}{2g}+\frac{(v_c-v_2)^2}{2g}=\xi к.т\frac{v_2^2}{2g} \qquad (8)$$

бу ерда ξ_0 - кичик кесимга киришдаги ишқаланиши хисобга олувчи коэффициент;

v_c - сиқилган кесимдаги суюқлик тезлиги.

Амалиётда купинча қуйидаги И.Е.Иделрчик формуласидан фойдалинади.

$$\xi_{к.т}қ(1-\frac{s_2}{s_1})/2(1-\frac{\frac{1}{n}}{2}) \qquad (9)$$

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

Трубопроводник аста торайиши (конфузор)

Бу ерда ҳам қаршилик диффузордан кам бўлади.

$$h_{кон}=\frac{k}{2}(1-\frac{s_2}{s_1})\frac{v_2^2}{2g}=\xi r_{кон}\frac{v_2^2}{2g} \qquad (10)$$

бу ерда k_1 - конфузор учун маҳаллий қаршилик коэффициенти

α - конуслик коэффициенти бўлиб бурчакка боғлиқ бўлади.

Конфузор учун қуйидагича хисобланади

$$\xi_{кон}=\frac{\lambda}{\rho\sin\frac{\alpha}{2}}\cdot\frac{n^2-1}{n^2} \qquad (11)$$

3. Диафрагма

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

И.Е.Иделрчик формуласи

6. Трубага кириш. Труба идишига тўғри бурчак остида ўрнатилган ва киррали бўлса ξ қ 0,5 трубага кириш жойи эгри (киррали эмас) чизиқли бўлса ξқ 0,04 – 0,1 (ўртача ξқ 0,08)

Агар трубопровод идишига бирор β бурчак остида ўрнатилган бўлса ξқ 0,505 Қ 0,303 sinβҚ 0,226· sin$^2\beta$

7. Бурилиш.

Диаметри унча катта бўлмайаган, кескин бурилишида:

$$\xiқ\ 0{,}946\cdot\sin^2\frac{\alpha}{2}+2{,}047\cdot\sin^4(\frac{\alpha}{2})$$

эгри чизиқли силлиқ бўлиши.

$$\xiқ[0{,}131Қ0{,}163(\frac{d}{R})^{3,5}]\cdot\frac{\alpha}{90}$$

Бу ерда R - эгрилик радиуси.

Назорат учун саволлар:

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

14 – МАЪРУЗА

МАВЗУ: Насос ва сўриш қувурларини эксплуатацион ҳисоби.

Ўқув модул бирликлари::

1. Сўриш қувурининг ҳисоби.
2. Сўриш қувурини бошқариш.
3. Насосни асосий параметрларини ҳисоби.
4. Насосларни параллел ва кетма-кет улаш.
5. Кавитацион запас тушунчаси.

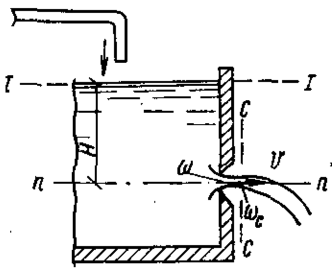
Таянч сўз ва иборалар

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

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

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

Катта ўлчамли бирор идиш олиб, шу идишни суюқлик билан тулдирилган, идишда кичик бир тиркиш бўлиб, шу тиркишдан суюқлик оқиб чикаётган бўлсин. Бу тиркиш юзаси S бўлсин. Суюқликнинг тезлиги тешикка якинлашган сари ортиб боради. Бу жараён тешикдан ташкарида ҳам инерция кучи таъсирида давом этади. Тахминан тиркишдан диаметрча масофада тезлик энг катта бўлади, бу жойда юза кичик бўлади



18-расм. Ўзгармас босимда суюқликнинг оқиб чиқиши.

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

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

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \xi \frac{v_2^2}{2g} \qquad (1)$$

агар H_0қZ_1-Z_2ққconst бўлса $\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$ қ0 бўлади

$$H_0 + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = (\alpha_2 + \xi)\frac{v_1^2}{2g}$$

бу ердан $v_2 = \sqrt{\dfrac{2g(H_0 + \dfrac{p_1 - p_2}{\rho g}}{\alpha_2 + \xi}}$

агар НқН0Қ $\dfrac{p_1 - p_2}{\rho g}$ деб олсак

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

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

$$\text{v}_2\text{қu}_2 \sqrt{2gH} \text{ ёки vқu}_2 \sqrt{2gH} \quad (4)$$

агар p_1қP_2 бўлса НқН0: vқu $\sqrt{2gH_0}$

Суюқлик сарфи эса

$$\text{Qқv·s}_c\text{қEs}_0\text{u} \sqrt{2gH} \ \text{қμ·s}_0 \sqrt{2gH} \quad (5)$$

μ-сарф коэффициенти; μқE·u

φ ва μ лар суюқлик оқиб чикаётган тиркишнинг турига ва идеал хол учун қурилган *Re4* сонига боғлиқ бўлади.

Суюқлик идеал бўлса αқ 1; ξқ 0; φқ 1 бўлса

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

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

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

Ёпишкоклиги кам суюқликлар учун R_{eu} етарли катта бўлади, шунинг учун Еқ 0,62 – 0,66: φқ0,96 – 0,98: μқ 0,60 – 0,64: ξқ 0,068

$R_{ем}$қ 350 да $\mu_{мах}$қ 0,69 - бўлади

R_e<25 бўлса Еқ 1; φқμ бўлади

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

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

H0қz1-z2 бўлса

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

бу ерда $V = \dfrac{1}{\sqrt{\zeta + \alpha}} \cdot \sqrt{2gH} = \varphi\sqrt{2gH}$ (9)

Суюқлик сарфи

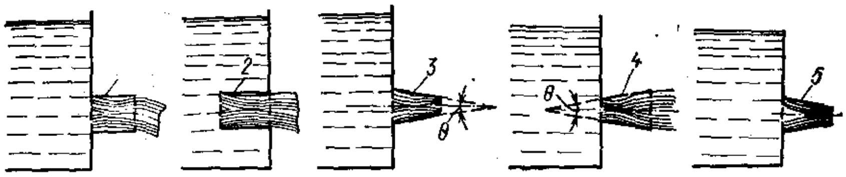
$$Q = VS_c = \text{E}\varphi S_0 \sqrt{2gH} = \mu S_0 \sqrt{2gH} \quad (10)$$

Ўзгармас босимда суюқликнинг найча орқали оқиб чикиш

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

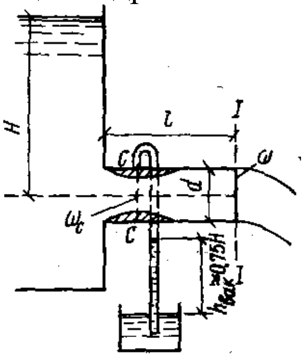
1) цилиндрик найчалар – ташқи цилиндрик ва ички цилиндрик

2) Конусли найчалар: конусли торайувчи ва конусли кенгайувчи найчалар
3) Коноидал найчалар



19-расм. Найча турлари

Ташқи цилиндрик найчани кўрайлик



20-расм. Суқликнинг найчадан оқиб чиқиши.

Оқимнинг сиқилишни фақат найчанинг ичида (dc»0,8 d) пайдо бўлади. Найчалардан чикишда эса сиқилиш бўлмайайди, яъни Еқ1. Тажрибанинг кўрсатишига ёпишкоканчи кам суюқликлар учун, цилиндрик найчада uқ$\mu_н$қ0.82 бўлади

$\frac{\mu_н}{\mu_m} = \frac{0,82}{0,02} \approx \frac{4}{3}$ - бундан кўринадики найчада сузлик сарфи тиркишга қараганда 4/3 марта куп бўлар экан. 1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзайлик: z_1қz_2 бўлса

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

Бу ерда найча узунлиги кичик бўлгани учун асосий қаршилик махоллий коршиликдан иборат бўлади. Маҳаллий қаршилик кескин кенгайиши каби хисобланади

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

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

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

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

$v_1 = \frac{v_2}{E}$ у холда

$$\frac{p_2 - p_1}{\gamma} = \frac{2v_2^2}{2g \cdot E} - \frac{2v_2^2}{2g} = (\frac{2}{E} - 2)\frac{v_2^2}{2g} = 2(\frac{1}{E} - 1)\frac{v_2^2}{2g}$$

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

$$\frac{p_2-p_1}{\gamma}=2(\frac{1}{E}-1)u^2H \text{ ; } P_2-P_1=2u^2(\frac{1}{E}-1)\gamma H$$

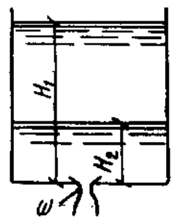
Агар u= 0,8; E=0,63 деб олсак

$$P_2-P_1 \approx 0{,}75\,\gamma H \qquad (14)$$

Сарф коэффициенти

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

Суюқликнинг ўзгарувчан (дам) босимда тешик ва найча орқали оқиб чикиши



21-расм. Суюқликнинг босимда оқиб чиқиши.

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

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

бу ерда dh суюқлик сатхининг ўзгариш; «----» ишора ошириши билан ни камайишини ифодалайди.

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

$$dt=\frac{sdh}{\mu S_0\cdot\sqrt{2g}} \qquad (16)$$

(16) тенгламани H дан H_1 гача интегралласак

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

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

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

$$\text{ёки } t=\frac{2W}{Q}$$

Назорат учун саволлар:

1. Суюқликнинг кичик тешикдан ўзгармас босимда чиқиши.
2. Суюқлик тезлиги ва сарфи, сафр коэффиценти.
3. Суюқликнинг ўзгармас босимда найча орқали оқиб ўтиши.
4. Найча турлари.
5. Суюқликнинг ўзгарувчан босимда тешик ва найча орқали оқиб чиқиши.

6. Идишнинг бўшаш вақтни аниқлаш.
7.Сикилиш коэффициенти нима?
8.Суюкликнинг узгармас босимда окиб чикишидаги тезлиги ва сарфи.
9.Узгармас босимда суюкликнинг найча оркали окиб чикиши.
10.Тезлик ва сарф коэффициентлари.

15 - МАЪРУЗА

МАВЗУ: Хажмий насослар

Ўқув модул бирликлари::

1. Хажмий насос тушунчаси.
2. Хажмий насос классификацияси.
3. Хажмий насосни ишлаш принципи.

Таянч сўз ва иборалар
Оддий трубопроводлар, мураккаб трубопроводлар, узун трубопроводлар, қисқа трубопроводлар, кетмакет уланган трубопроводлар, параллел уланган трубопроводлар, тармоқланган трубопроводлар, трубопроводдаги қаршилик коэффициенти, турба характеристкаси, талаб қилинган босим.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.
1.Талаб қилинган босим нима?
2. Оддий трубапроводларда босим йҳқолиши Рейнолрдс сонига қандай боғлиқ?
3. Паралел ва кетма кет уланган трубаларда ҳарактеристика қандай ўзгаради?
4. Тармоқланган трубаларда ҳисоблашқандай бажарилади?

Трубопроводларни гидравлик хисоб қилишда босимли ва босимсиз эканлиги аниқлайди. Трубопроводларда узунлик бўйича босим камайшини, маҳаллий қаршиликларда босим йўқолимига нисбатига қараб, киска трубопроводлар ва узун трубопроводларга бўлинади.

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

Узун трубопроводлар деб-узунлиги анча катта бўлган ва босилишнинг маҳаллий қаршилик хисобида йўқолиши, узунлик бўйича босим камайишига нисбатан анча кичик бўлган трубопроводларга айтилади.

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

Узун трубопроводлар содда ва мураккаб трубопроводларга бўлинади.

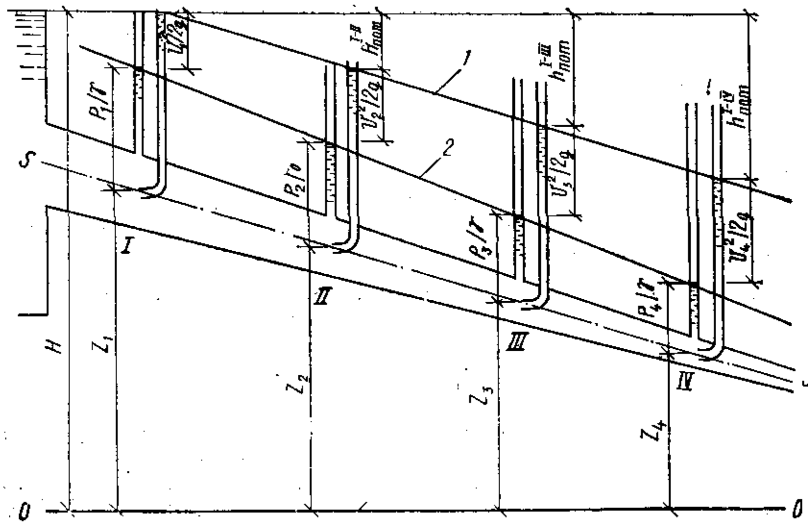
Содда трубопровод деб, тармоклашган ва кесим юзаси ўзгармаган трубопроводларга айтилади.

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

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

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

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



22-расм. Оддий трубаларда босимни камайиши.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \Sigma h \qquad \text{ёки}$$

$$\frac{p_1}{\rho g} = z_2 - z_1 + \frac{p_2}{\rho g} + \Sigma h \qquad (1)$$

(1) тенгламанинг чап тарафидаги пьезометрик баландликни талаб килинган напор дейилади.

$H_{т.к} = \frac{p_1}{\rho g}$ бу ерда Δzқz_2-z_1 десак

$H_{т.к} = \Delta z + \frac{p_2}{\rho g}$ - сататик напор бўлади

Σhқk·Q^m

бу ерда К – трубопроводнинг қаршилиги дейилувчи қиймат.

m- даража кўрсаткичи бўлиб, суюқликнинг харакат тажрибига қараб хар хил қийматига эга бўлади.

$H_{к.т}$қ$H_{ст}$Ққk·Q^m (2)

Агар маҳаллий қаршиликни эквивалент узунлик билан алмаштирсак

$l_{расч}$қlҚ$l_{экв}$

у холда ламинар харакат учун

$$\Sigma h = \frac{64}{\mathrm{Re}} \cdot \frac{l_{расч}}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = (\Sigma\xi + \lambda_m \frac{l}{d}) \frac{1 \cdot Q^2}{2g\pi^2\mu}$$

Демак

$$K = \frac{128 v l_{расч}}{\pi g d^4} \qquad m қ 1$$

Турбулент харакатли оқим учун

$$\Sigma h = \left(\Sigma\zeta + \lambda r \frac{l}{d}\right)\frac{v^2}{2g} = \left(\Sigma\zeta + \lambda r \frac{l}{d}\right)\frac{16Q^2}{2g\pi^2 d^4}$$

Демак $K = \left(\Sigma\zeta + \lambda r \frac{l}{d^2}\right)\frac{16}{2g\pi^2 d^4}$

Кетма-кет уланган трубопроводларнинг хисоблаш

Узунлиги ва диаметри турлича бўлган бир неча содда трубопроводларни кетма-кет улайлик.

$$\left.\begin{aligned} Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q \\ \Sigma h_{M-N} = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 + \Sigma h_3 \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

Бу иккита тенглама орқали кетма-кет ўлчаш трубопроводлар учун характеристиқа тузишимиз мумкин

Энди *M-N* кесимлар учун Бернулли тенгламасини тузиб ундан талаб килинган напорни топайлик.

α қ1 деб қабул қилсак

$$H_{T \cdot K} = z_N - z_M + \frac{V_N^2 - V_M^2}{2g} + \Sigma h_{M-N} + \frac{P_N}{\rho g} = H_{CT} + CQ^2 + KQ^m$$

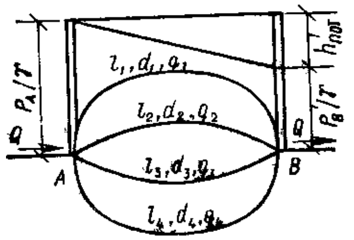
бу ерда

$$C = \frac{1}{2g}\left(\frac{1}{S_N^2} - \frac{1}{S_M^2}\right)$$

$$H_{CT} = z_N - z_M + \frac{PN}{\rho g}$$

Параллел уланган трубопроводларни хисоблаш

Трубопроводлар параллел уланганда суюқлик сарфлари йиьилади, босимлари камайиши хар бир трубада бир хил бўлади.



23-расм. Параллел уланган трубалар

$$\begin{cases} Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ \Sigma h_1 = H_M - H_N \end{cases}$$

$$\Sigma h_2 = H_M - H_N$$

$$\Sigma h_3 = H_M - H_N$$

(4) тенгламасидан

$$\Sigma h_1 = \Sigma h_2 = \Sigma h_3 \quad (5)$$

$$\Sigma h_1 = K_1 Q_1^m; \quad \Sigma h_2 = K_2 Q_2^m; \quad \Sigma h_3 = K_3 Q_3^m;$$

(5) тенгламага кўра

$$K_1 Q_1^m = K_2 Q_2^m = K_3 Q_3^m$$

Тармоқланган трубопроводлар

Тармоқланган трубопродларда сарфлар кўшилади

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \qquad (6)$$

М-М кесим ва охирги кесим учун Бернулли тенгламасини ёзсак

$$H_M = z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \Sigma h_1$$

$$H_M = H_{CT1} + K_1 Q_1^m \qquad (7)$$

Худди шу каби

$$H_M = H_{CT2} + K_2 Q_2^m \qquad H_M = H_{CT3} + K_3 Q_3^m$$

Юқорида кўрган 4 та тенгламада 4 та номаҳлум мавжуд

$$\begin{cases} Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ H_M = H_{CT1} + K_1 Q_1^m \\ H_M = H_{CT2} + K_2 Q_2^m \\ H_M = H_{CT3} + K_3 Q_3^m \end{cases}$$

$$H_{CT1} + K_1 Q_1^m = H_{CT2} + K_2 Q_2^m = H_{CT3} + K_3 Q_3^m$$

Назорат учун саволлар:

1. Оддий трубопроводлар ва мурккаб трубопроводлар, уларни гидравлик ҳисоблаш.
2. Босимли трубопроводлар, босимсиз трубопроводлар.
3. Узун ва қисқа трубопроводлар.
4. Кетма-кет уланган трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш.
5. Параллел уланган трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш.
6. Тармоқланган трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш.
7.Содда ва мураккаб трубопроводлар.
8.Трубопровод учун талаб килинган босим.
9.Кетма-кет уланган трубопроводларни хисоблаш.
10.Параллел уланган трубопроводларни хисоблаш.
11.Трубопроводларнинг гидравлик характеристикаси.

16 - МАЪРУЗА

МАВЗУ: Поршенли ва плунжерли насослар

Ўқув модул бирликлари::

1. Поршенли насоснинг тузилиши.
2. Плунжерли насоснинг тузулиши.
3. Поршенли ва плунжерли насосларни сўриш графиги.

Таянч сўз ва иборалар

Циркуляцияли трубопроводлар, насос, сҳрувчи геометрик баландлик, хайдовчи геометрик баландлик, сифон, талаб қилинган босим, характеристика, суюқлик сарфи, тезлик, қаршилик коэффициенти, Бернадо формуласи.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

1. Насоснинг сҳрувчи ва босимли трубалари қандай ҳисобланади?
2. Ёпиқ циркуляцияли трубапроводларда нима учун кенгайтирувчи бак қҳйилади?
3. Идишдан труба орқали хавога оқиб тушишида босим йҳқолиши қандай аниқланади?
4. Сифонли трубаларни ҳисоблашда нималарни этиборга олиш зарур?

Насос қурилмасида трубопроводлар 2 хил системада ишлатилади, биринчи очик система бўлиб, бундан насос трубопровод орқали суюқликни бирор идишдан бошқа бир идишга узатилади.

Иккинчи ёпиқ система бўлиб, унда хайдалган суюқлик яна сурилади.

Энди биринчи очик системани кўрайлик. Бу ерда H_1 - сурувчи геометрик баландлик дейилади,H_2 - хайдовчи геометрик баландлик дейилади. О-О ва 1-1 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзсак (α қ 1 деб олсак)

$$\frac{P_0}{\rho g} = H_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + \Sigma h_{0-1} \tag{10}$$

2-2 ва 3-3 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзсак

$$\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} = H_2 + \frac{P_3}{\rho g} + \Sigma h_{2-3} \tag{11}$$

(11) тенгламанинг напор тарафи бирлик массага берилган суюқлик энергиясини ифодалайди.

Худди шу каби суюқлик энергияси насосга киришда (10) тенгламадан

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_0}{\rho g} - H_1 - \Sigma h_{0-1} \tag{12}$$

Насосда суюқлик энергиясини ўзгаришини қуйидагича ёза оламиз.

$$H_{нас} = H_{нас2} = H_{нас1} = \left(\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}\right) - \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g}\right) = H_1 + H_2 + \frac{P_3 - P_0}{\rho g} + \Sigma h_{0-1} + \Sigma h_{2-3}$$

ёки

$$H_{нас} = \Delta z + \frac{P_3 - P_0}{\rho g} + KQ^m$$

деб олсак

$$H_{нас} = \Delta z + \frac{P_3 - P_0}{\rho g}$$

$$H_{нас} = H_{CT} + KQ^m$$

$H_{нас}$қ$H_{ТК}$

Турбулент харакатли хажмий насос учун характеристика

Ёпиқ система учун z қ 0 ва V_1қV_2 у холда

$$H_{TK} = \Sigma h = \frac{P_2 - P_1}{\rho g}$$

Ёпиқ циркуляцияси системада албатта кетайтирувчи бак бўлиши керак, бу бак насосдан олдим минимал босим бўлган жойга уналади.

Кетайтирувчи бак хисобига

$$P_1 = P_0 + H_0 \rho g$$

Суюқликнинг бир идишдан иккинчи идишга оддий трубопровод орқали оқиб ўтиши

Иккита А ва В катта хаттали идишлар (резервуар) берилган бўлсин

Бу идишлар узунлиги ва диаметри бўлган трубопровод орқали тупаштирилган. Энди шу трубопроводдан утаётган суюқликнинг сарфини ва тезликни топиш учун А ва В кесимлар учун О-О кесимча нисбатан Бернулли тенгламасини тузамиз.

$$z_a + \frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} = z_b + \frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + \Sigma h_{ab} \qquad (1)$$

агар V_a ва V_b тезликларни бошқа параметрларга нисбатан жуда кичик деб олсак $V_a<<1$ ва $V_b<<1$ бўлади, бундан

$$\frac{V_a^2}{2g} \approx \frac{V_b^2}{2g} = 0$$

$$\Delta z = z_a - z_b$$

$$\Delta z + \frac{P_a - P_b}{\rho g} = \Sigma h_{a-b}$$

$$H = \Delta z + \frac{P_a - P_b}{\rho g} = \Sigma h_{ab}$$

Бу ерда $\Sigma h_{a-b} = \Delta h_l + \Delta h_M$

$$\Delta h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$\Delta h_M = \Sigma \zeta \frac{V^2}{2g}$$

$$\Sigma h_{a=b} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

(3) тенгламани (2) га куйсак

$$H = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

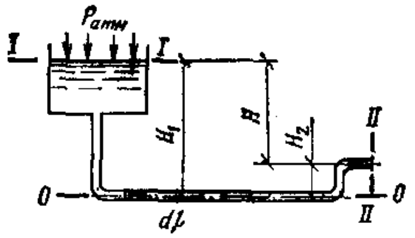
бу ерда трубопроводдаги суюқлик тезлиги V

$$V = \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH} \qquad (4)$$

суюқлик сарфига эса

$$Q = \frac{S}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta}} \cdot \sqrt{2gH} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

Суюқликнинг трубопровод орқали хавога оқиб чикиши



24-расм.

1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини тузсак.

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

Агар z_1ķH бўлса $V_1 < 1$ бўлса яъни $\frac{V_1^2}{2g} > 0$, V_2ķ0, z_2ķ0 бўлса, у холда

$$H + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

$$H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

$$\Sigma h_{1-2} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

У холда

$$H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V^2}{2g} + \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta \right) \frac{V^2}{2g} = \left(1 + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{V^2}{2g} \quad \text{(7) дан}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta}} \cdot \sqrt{\left(H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} \right) 2g} \quad (8)$$

агар P_1ķP_2ķ$P_{атн}$ бўлса у холда

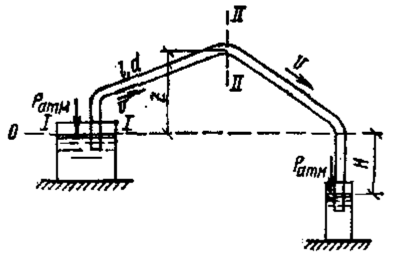
$$V = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

суюқлик сарфи эса

$$Q = VS = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma\zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

Сифонли трубопроводнинг гидравлик хисоби

«Сифон» - сузи грекча бўлиб «трубка» – деган маонони англатади. Суюқликнинг сатхидан баландга трубопроводда суюқликни кўтарилишга сифон дейилади.



25-расм. Сифонли труба

Агар *n-n* кесимида суюқликнинг тинч холатда деб фараз қилсак ва кесиминниг чап тарафида P_1 босим, уни тарафида P_2 босим бўлади.

$$P_1 қ P_0 Қ(-h`\gamma)$$
$$P_2 қ P_0 Қ(-h``\gamma)$$

Бундан кўринадики $P_1>P_2$

Назорат учун саволлар:

1. Очиқ циркуляцияли трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш.
2. Ёпиқ циркуляцияли трубопроводларни гидравлик ҳисоблаш.
3. Гидропровод ва насоснинг характеристикаси.
4. Суюқликнинг бир идишдан иккинчи идишга трубопровод орқали оқиб ўтишини ҳисоблаш.
5. Суюқликнинг трубопровод орқали очиқ ҳавога оқиб чиқиши.
6. Сифонли трубопроводлар.
7. Сурувчи (босимли) трубопроводларни хисоблаш
8. Хайдовчи (босимли) трубопроводларни хисоблаш.
9. Бир идишдан иккинчи идишга утувчи трубопроводларни хисоблаш.
10. Насосли трубопроводларни хисоблаш.

17 - МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидродинамик узатмалар

Ўқув модул бирликлари::

1. Гидродинамик узатмалар тушунчаси.
2. Гидроузатмаларни ишлаш принципи.
3. Гидроузатмаларни гурухланиши.
4. Гидроузатмаларни қўллаш сохалари.

Таянч сўз ва иборалар

Гидравлик зарб, тҳлқин, тҳлқин тезлиги, босимни ортиши, босимни камайиши, зичлик, гидравлик таран, суюқлик тезлиги, зарб тҳлқини, зарб босими, эластиклик босими, зарб босими, Жуковский формуласи, Гук қонуни, эластиклик модули.

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.

1. Гидравлик зарбни ҳосил бҳлиши қайси омилга боғлиқ?
2. Гидравлик зарб труба материали ва девор қалинлигига қандай боғлиқ?
3. Гидравлик зарбнинг зарари ва ундан қандай сақланиш мумкин?
4. Гидравлик зарбдан қандай фойдаланилади?

Гидравлик зарба ҳодисаси

Трубаларда гидравлик зарба ҳодисаси деформацияланувчи трубалардаги кам сиқилувчисуюқликнинг тезлиги ёки босими кескин ўзгарганида ҳосил бўладиган тебранма ҳаракатдан иборатдир. Бу ҳодиса тез содир бўлиб, босимнинг кескин ортиши ва камайиши билан характерланиди. Босимнинг бундай ўзгариши суюқликнинг ва труба деворларининг деформацияланиши билан боғлиқдир.

Гидравлик зарба кўп ҳолларда жўмрак ёки оқимнинг бошқарувчи бирор бошқа қурилманинг тез очилиши ёки ёпилиши натижасида содир бўлади.Унга бошқа ҳодисалар ҳам сабаб бўлиши мумкин. Трубалардаги гидравлик зарбани биринчи марта проф. Н.Е.Жуковский назарий асослаган ва тажрибада текшириб кўрган ва унинг «О гидролическом ударе, номли асарида (1899 й.) эолон қилинган. Суюқлик v_0 тезлик ва p_0 босим билан ҳаракат қилаётган трубанинг охиридаги кран жўмрак «Ж” бир онда ёпилсин дейлик. У ҳолда кран (ёпилганидан сўнг) биринчи етиб келган суюқлик заррачаларининг тезлиги сўниб уларнинг кнетик энергиялари трубанинг деворларини ва суюқликни деформациялаш ишига айланади. Бу ерда гидравликнинг аввал кўрилган бўлимларидаги каби суюқлик сиқилмайди деб ҳисобламай, унинг сиқилиши оз миқдорда бўлса ҳам ҳисобга олишга тўғри келади, чунки шу сиқлиш катта ва чекли миқдордаги зарба босими $\Delta p_З$ ни вужудга келтиради. Шундай қилиб жумрак олдида ҳосил бўлган $\Delta p_З$ қўшимча босимга мос равишда труба деворлари чўзилиб, суюқлик сиқилади. Жўмрак олдида тўҳтатилган суюқлик заррачаларига қўшни бўлган заррачалар ҳам етиб келади ва уларнинг ҳам тезликлари сўнади.

Натижада босим ошиш чегараси (а-а кесим) жўмракдан таъминловчи идиш томонга, зарба тўлқинининг тезлиги деб аталувчи а тезлик билан силжиб боради. Босими $\Delta p_З$ га ўзгарган соҳанинг ўзи эса зарба тўлқини деб аталади. Бу тўлқин идишга етиб борганда эса, суюқлик бутун труба бўйича тўхтаган ва сиқилган бўлиб, труба деворлари эса бутунлай чўзилган бўлади. Босимнинг зарбали ортиши $\Delta p_З$ эса труба бутунлай тарқалган бўлади. Лекин трубадаги суюқлик кенг вазнли ҳолатда бўлмайди. Босимлар фарқи $\Delta p_З$ таъсирида суюқлик трубадан идишга ооқа бошлайди. Бу оқим идишнинг бевосита олдида турган зарралардан бошланиб, унинг ченгараси (а-а кесим, тескари йўналишда) кран томонга а тезлик билан ҳаракат қилади ва кетида тикланган p_0 босимли v_0 тезликка эса суюқлик оқимин қолдиради. Суюқлик ва труба дворлари эластик деб қаралиб, p_0 босими тикланиши билан ўз ҳолига қайтади. Деформация иши қайта кнетик энергияга айланиб, суюқлик яна аввалги v_0 тезлигига эса бўлади ва тескари йўналишда оқа бошлайди. Суюқолик устуни ана шу тезлик билан оқишда давом этиб, жўмракдан узилишга интилади. Натижада крандан идишга а тезликда ҳаракат қилувчи манфий зарра тўлқини вужудга келади ва у босимни $\Delta p_З$ га камайтириб, труба деворини торайтириб, суюқликни кенгайтиради. Суюқликнинг кинетик энергияси эса яна деформация ишига айланади, лекин бу иш энди манфий бўлади. Бу ҳаракат давом этиб бориб, манфий зарра тўлқини ҳам идишга етиб келади. Мусбат зарба тўлқинидаги бу каби ҳолат ҳам тенг вазнди бўлмайди ва натижада трубада яна босим тиклана бошлайди, суюқлик эса v_0 тезликка эришади. Идишдан қайтган зарба тўлқини жўмракка етиб бориши билан жўмрак ёпилгандагина ўхшаш ҳодиса яна вужудга келади. Шундан сўнг бутун цикл такрорланади.

Н.Е.Жуковский тажрибаларида бундай циклнинг 12 марта такрорланиши қайд қилинган, лекин ҳар бир навбатдаги циклда, ишқаланиш кучи ва энергиянинг идишдаги суюқликка ўтиши натижасида $\Delta p_З$ камайиб борган. Гидравлик зарбанинг вақт давомида ўтиши 50-расмда диаграмма кўринишад тасвирланган. Диаграмма жўмрак бир онда ёпилган деб қараб, жўмракнинг олдидаги к нуқтадаги босимнинг назариядаги ўзгариши $\Delta p_З$ туташ чизиқ билан тасирланган. Трубанинг ўртасида в нуқтага зарба босими $\frac{l}{2a}$ вақтга кечикиб келади ва тўлқиннинг бу нуқтадан идишга бориб қайтиб келгунича, яъни $\frac{l}{a}$ вақт сақланиб туради. Сўнг в нуқтада босим p_0 га тикланади (яъни Δp_3қ0) ва шу ҳолда тескари тўлқин етиб келгунча $\frac{l}{a}$ вақт сақланади.

Босимнинг ҳақиқий ўзгариши ҳам бўлиб, у пнуктир чизиқ билан ифодаланган. Бундай кўринадики ҳақиқий босим графиги тик ўзгаргани билан, бу ўзгариш кескин эмас. Бундан ташқариш, тебраниш сўниб боради, яъни унинг амплитудаси энергиянинг сарф бўлиш ҳисобига камайиб боради.

Гидравлик зарба вақтида бўладиган ўзгаришларни ва зарба кучини ҳисобга олиш учун зарба босими Δp_3 нинг қийматини аниқлаш керак. Бунинг учун зарба босими остида суюқликнинг сиқилган ҳоли учун ҳаракат миқдорини ўзгариши ҳақидаги теоремани қўллаймиз. Шу мақсадда трубадаги суюқликнинг dx элементар масофага dt вақтда силжишини кўрамиз. Бунинг учун бирор вақтда трубадаги суюқликнинг жўмрак олди даги Δl бўлаги зарба таъсирида сиқилган бўлсин. У ҳолда суюқликка идиш томонидан P_1қp_0S босим кучини, кран томонидан эса P_2қ(p_0ҚΔp_3)·S кучи dt вақт таъсир қилади. Суюқликнинг зарба етиб келмаган қисмининг ҳаракат миқдори $\rho s v_0 dx$, зарба таъсири остидаги қисмининг ҳаракат миқдори ρs·Q·dx бўлади. Шундай қилиб, кўрилаётган ҳолда ҳаракат миқдорининг ўзгариши ҳақидаги теорема қўлланган мувозанат тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$(p_0 Қ \Delta p_3)Sdt\text{-}d_0 Sdt қ \rho S v_0 dx$$

Бу тингликдан

$$\Delta p_3 Sdt қ \rho S v_0 dx$$

ёки

$$\Delta p_3 қ \rho v_0 \frac{dx}{dt}$$

Бу ерда $\frac{dx}{dt}$ - зарба тўлқинининг тарқалиш тезлиги.

$$a қ \frac{dx}{dt}$$

дан иборат ва охирги тенглама қуйидагича ёзилади:

$$\Delta p3 қ \rho \cdot v0a$$

Бу формула Н.Е.Жуковаский формуласидир. Ундан кўринатидики, гидравлик зарба босими суюқликнинг зичлиги, тезлиги ва шу суюқликда тўлқин тарқалиши тезлигига пропорционал бўлиб уларнинг кўпайтмасига тенг. Агар суюқликда тўлқинг тарқалиш тезлигини аниқласак, тезликни ўлчаб (зичлик жадвалларидани маълум), формула ёрдамида зарба босимини топа оламиз. Шуни айтиш керакки, а суюқликнинг ва трубанинг эластиклик хоссаларига боғлиқ. Бу боғлиқликни аниқлаш учун трубадаги суюқлик кнетик энергиясининг деформацияга сарф бўладиган ишга айланишини текширамиз. Радиуси R бўлган тубадаги суюқликнинг кинетик энергияси қуйидагига тенг:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{1}{2}\pi R^2 l\rho v_0^2$$

Трубани деформациялашга кетган иши A_1 кучининг чўзилишга кўпайтмасининг ярмига тенг. Деформация ишини зарба кучининг ΔR йўлга сарф бўлган иш сифатини топамиз:

$$\boldsymbol{A_1}\text{қ}\frac{1}{2}\boldsymbol{\Delta p_3 2\pi Rl\Delta R}$$

Гук қолнунига асосан

$$\boldsymbol{\sigma}\text{қ}\boldsymbol{E}\frac{\Delta R}{R}$$

Бу ерда σ-труба деворидаги нормал зўриқиш,у турабнинг қалинлиги δ ва зарба кучи Δp_3 билан қуйидагича боғланган:

$$\boldsymbol{\sigma}\text{қ}\ \frac{\Delta p_3}{\delta}\boldsymbol{R}$$

Бу муносабатлардан фойдаланиб трубани деформациялаш ишини қуйидагича ёзимиз:

$$\boldsymbol{A_1}\text{қ}\frac{\Delta p_0^2 \pi R^3 l}{\delta E}$$

Энди трубадаги суюқликни Δl масофадаги (52-расм) сиқиш иши A_2 ни топамиз. Бунда сиқилган суюқлик сарфи $S\cdot\Delta l$ десак,

$$\boldsymbol{A_2}\text{қ}\frac{1}{2}\boldsymbol{\cdot S\Delta l\Delta p_3}\text{қ}\frac{\pi R^2}{2}\boldsymbol{\Delta l\cdot\Delta p_3}$$

Гук қонунига ўхшаш, суюқликнинг чизиқли чўзилиши харба кучи билан қуйидагича боғланган:

$$\Delta p_3\text{қ}K\frac{\Delta l}{l}$$

бу ерда К-суюқликнинг эластикли модули. У ҳолда

$$\boldsymbol{A_2}\text{қ}\frac{1}{2}\ \frac{\Delta p_0^2\pi R^2 l}{K}$$

Кинетик энергия А1 ва А2 ишларнинг қиьиндисига тенг, яъни

$$\frac{1}{2}\pi R^2\rho v_0^2\ \ \frac{\Delta p_0^2\pi R^3 l}{\delta E}\text{Қ}\frac{\Delta p_0^2\pi R^2 l}{K}$$

Бу тенгламани Δp_3 га нисбатан ексак

$$\Delta p_3 = \rho v_0\frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{K}+\frac{2\rho R}{\delta E}}}$$

Н.Е.Жуковский формуласини умумийроқ кўринишда топдик. Охирги икала формулани солиштирсак, суюқликда тўлқин тарқалиш тезлиги учун қуйидаги формулани оламиз:

$$\boldsymbol{a}\text{қ}\frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{K}+\frac{2\rho R}{\delta E}}}$$

Бу миқдорнинг ўлчови тезлик ўлчовига тенг. Унинг физик маоносини аниқлаш учун трубани деформацияланмайдиган (яъни Еқ∞) деб қараймиз. У ҳолда илдиз остидаги иккинчи ҳад нолга айланади ва

$$\boldsymbol{a}\text{қ}\sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

бўлиб қолади. Охирги формула зичлиги ρ ва элактикли модуоли К бўлган бир жинсли суюқлик учун товуш тезлигидан иборатдир. Шундай қилиб, трубаларда гидравлик зарба тўлқинининг тарқалиш тезлиги формула ёрдамида ҳисобланади. Бц тезлик сув учун 1435 м/с, бензин 1116 м/с, ёьлар учун 1400 м/с деб тахминий ҳисоблаш мумкин. Албатта, трубанинг материалига қараб у кўпроқ ёки камроқ бўлади.

Гидравлик зарбани сусайтириш усуллари

Гидравлик зарба таъсирини сусайтириш турли усуллари билан амалга оширилади.

Биринчи усул - жўмракнинг кескин очилиш ёки ёпилиш вақти t ни узайтириб, $t > \frac{2l}{a}$ га тенг етказиш йўли билан тўғри гидравлик зарбани йўқотиб, Δp_3 ни камайтириш. Бу иш, одатда дроселли реле ёрдамида бажарилади. Одатда, жўмракнинг ҳолати (очиқ ёки ёпиқлиги) суюқлик трубапроводга реле орқали ўтгани учун унинг сарфи (демак, тезлиги) пружинали клапан ёрдамида аста-секин ўзгариб, маълум вақтдан кейин керакли қийматга етади. Тажрибаларнинг кўрсатишича трубалар зарбасиз туташтириш босимнинг ўзгариши 22 МН/$м^2$ атрофида ва $t \approx 0{,}1$ с бўлганда ишончли таъминланади.

Иккинчи усул - трубаларга гидравлик зарбани сўнгдиргич (компенсатор) лар ўрнатиш. Сўнгдиргичлар трубадаги суюқликка нисбатан юқори сиқилувчанлик хусусиятига эга бўлган эластик элементли идишлар бўлби, турли конструктив тузилишга эга. Энг кўп тарқалган сўнгдиргичлар элактик элементи пружина ва газ бўлган поршенли, мембранали ва клапанли сўнгдиргичлардир. Сўнгдиргичлар, одатда, зарба туьдирувчи (жўмрак) ёки зарбадан ҳимояланувчи қисм ёнига ўрнатилади. Улар ёрдамида зарба босимининг камайиши сўнгдиргичга суюқлик оқими билан бирга келган кнетик энергиянинг эластик элементлар томонидан ютилиш ҳисобига амалга ошади. Сўнгдиргичнинг эластик элементи қанча кўп деформацияланса, ютилган энергия ҳам шунча кўп бўлади. Шунинг учун эластик элементнинг эластик характеристикаси имкон берган чегарада мумкин бўлган деформациянинг ўзгармас бўлишига ҳаракат қилиш керак бўлади. Бу эса газли сўнгдиргичларда газ бўлмасини шундай танлаб олишни тақозо қиладики, зарба тўлқининг ютилишида босимнинг ўзгариши минимал бўлиши керак. Амалда бундай сўнгдиргичларда газ бўлмасининг ҳажсми трубадаги суюқликнинг икки секунтлик сарфига тенг қилиб олинади, бошланғич босими эса магистралдаги максимал босимдан кўпроқ бўлиши зарур.

Поршенли сўнгдиргичларнинг камчилиги уларнинг инетлиги бўлиб, бу поршеннинг массаси ва ишқаланиш кучига боғлиқлиги ва унга труба билан сўнгдиргични туташтирувчи каналдаги суюқликнинг инертлиги қўшилади. Бу кучлар зарба тўлқининг сўнгдиргич поршенининг таъсири натижасида гармоник тебраниш вужудга келишига сабаб ва натижада сўнгдиргич ҳамда трубадаги босим тебраниши қўшилиб, каналдаги босим зарба босимидан ошиб кетиши мумкин. Натижада сўнгдиргич зарба энергиясини ютиш ўрнига кучайтириш мумкин. Инертликни камайтириш мақсадида сўнгдиргични газ ёки суюқликни ажратувчи эластик мембрана билан таъминланади. Юқоридаги айтилганидек сўнгдиргичда тебранма ҳаракатнинг пайдо бўлиши ва зарба тўлқининг кучайишига труба билан сўнгдиргични туташтирувчи каналнинг узунлиги ва диаметрининг таъсири бор эканлиги тажрибалардар текширилган. Шунинг учун каналнинг узунлиги ва диаметрини тўлқинларга кароқ таъсир қиладиган қилиб танлаб олинади. Зарба тўлқинларини клапанли сўнгдиргичлар ёрдамида ҳам сусайтириш мумкин. Бу ҳолда клапан ва энергияни ютувчи эластик элементларнинг инертлигини иложи борича камайтирилади.

Калпанли сусайтиргичга кирган суюқликнинг элактик элементга таъсирини камайтириш ва унинг яқинроқ ишлашини таъминлаш учун суюқликнинг атмосферага оқиб кетишига хизмат қилувчи қисми бўлади.

Учинчи усул - гидравлик зарба пайдо бўлиши кутирадиган трубанинг узунлигини ошириш. Бу ҳолда қаршилик кучининг ҳисобига энергиякамайиши ва зарба тўлқини даврининг ортиши натижасида тўбри зарбани йўқотиш йўли билан зарба тўлқининг таъсири камайтирилади.

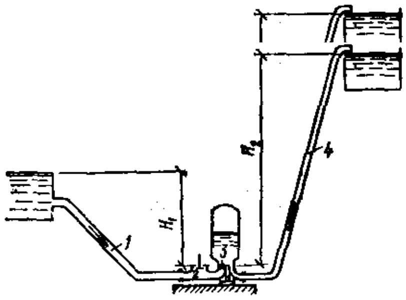
Гидравлик зарбадан амалда фойдаланиш

Техникада баъзи ҳолларда гидравлик зарбадан ҳам фойдаланиш мумкин. Масалан, гидравлик зарба энергиясидан суюқликни юқороига кўтариш учун фойдаланилади. Шу мақсадда ишлатиладиган қурилма гидравлик таран дейилади.

Гидравлик тараннинг тузилиши жуда содда бўлиб, унинг асосий қисмлари ҳаво қалпоьи ва ҳабарчи калпандан иборатдир.

Таъминловчи идиш 1 дан труба 2 орқали оқаётган суқблик клапан 3 орқали оқаётган бўлади.

Гидротаран иш циклининг бу даври тезланиш даври дейилади. Клапан 3 га киришда оқимнинг кесими торайиб боради (тирқиш 4) ва Бернулли принципига асосан суюқликнинг тезлиги ортиб, босими камайиб боради. Натижада кесимнинг энг торайган ерида босим шунчалик камаядики, клапан 3 пружинанинг қаршилини енгиб, тирқиш 4 ни ёпиб қўяди. Бу ёпилиш бир онда



54-расм. Гидравлик таран.

(секутнинг кичик улушларида) бўлгани учун системада гидравлик зарба тарқалади. Гидравлик зарба босими таъсирида клапан 6 очилиб, хаво қалпоьига суюқлик зарб билан киради ва ундаги ҳавони сиқади. Шу билан бирга зарба кучи суюқликнинг бир қисмини ҳайдаш трубаси 7 орқали қабул қилувчи идиш 8 га чиқариб беради. Гидйотаран иш циклининг бу даври ҳайдаш даври дейилади. Зарба босими ҳаво қалпоьида сўниб ва труба таъминловчи идиш сатҳ баландлини H_1 билан ифодаланувчи нормал бочим тикланади ёки тескари зарба ҳосил бўлиб, трубада босим камаяди. Натижада клапан 3 очилиб, гидротаранда цикл яна такрорланиши учун шароит вужудга келади. Гидротаранларни ҳисоблашда фойдали иш коэффициентини аниқлаш учун Эйтелрвейн қуйидаги формулани таклиф қилган:

$$\eta қ1.12\text{-}0{,}2\sqrt{\frac{H_2 - H_1}{H_1}}$$

бу ерда H_1, H_2 - таъминловчи ва қабул қилувчи идишдаги суюқлик сатҳининг баландлиги.

Баъзида зарба босими Δp_3 ни камайтиришдан кўра системанинг заиф қисмларининг мустаҳамкамлигини оширишни афзал кўрилади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Гидравлик зарбани ҳосил бўлиши.
2. Жуковский тенгламаси.
3. Гидравлик зарбадан фоойдаланиш.
4. Гидравлик зарбани сусайтириш.
5. Ҳаво болишларини ҳосил қилиш.

6. Гидравлик зарбада босим фазалари.
7. Гидравлик зарбани сўниши.
8. Гидравлик зарб босимини сусайтириш.
9. Гидравлик зарб босимидан фойдаланиш хакида тушунча беринг.
10.Гидравлик зарбадан амалда кандай фойдаланилади.

Адабиётлар

1. Қурилиш меъёрлари ва қоидалари:

А) КМК 2.04.02 –97 «Сув таҳминоти ташқи тармоқлар ва жиҳозлар”

Б) КМК 2.04.01 – 98 «Бинолар ички водопроводи ва канализацияси”

В) КМК 2.04.03 – 97 «Сувокава. Ташқи тармоқлар ва жиҳозлар”

Г) КМК 3.05.01 – 97 «Ички санитария – техник тизимлари”

Д) КМК 3.05.04 - 97 «Сув тарминоти ва сувоқава ташқи тармоқлари ҳамда жиҳозлари”

Е) КМК 1.01.04 – 98 «Меоморий – қурилиши атамалари”

2. Калицун «Гидравлика, водоснабжения и канализация”

3. Ф.И.Грингауз «Санитария техникасига доир ишлар” 1977.

4. К.Ш.Латипов «Гидравлика гидромашиналар ва гидроюритмалар” 1992.