

**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 ҳаракат қонунларини ўрганиш ҳамда бу йўналишдаги ўзгаришлар, муаммолар атрофлича ёритиб берилган.

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

Маърузалар матни «Мухандислик 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 мудир.  
Имомназаров О. Поп қурилиш ва маиший хизмат  
касб- ҳунар коллежи директори

# Сўз боши

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

Ёш мутахассис кадрларни тайёрлашда техник адабиётларнинг, шу жумладан дарслик ва ўқув қўлланмаларининг тутган ўрни бекиёсдир. Лекин бугунги кунда «Гидравлика ва гидропневмоюритмалар» фани бўйича мавжуд адабиётларнинг сон жихатдан ҳам, сифат жихатдан ҳам талаб даражасида эмаслиги ҳеч 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 модуль бирликлари:

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

### **Таянч сўз ва иборалар:**

*Суюқликнинг мувозанати, ҳаракат қонунлари, юза, босим йўналиши, бир-бирлик юзага берилган босим, идеал суюқлик, реал суюқлик, идеал ва реал суюқлик хоссалари, солиштирма оғирлик, ҳажм, зичлик, ёпишқоқлик, иссиқлик кенгайиш, сиқилиш, суюқликнинг ҳажм ўзгариши, суюқликнинг ишқаланиши.*

### **Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ**

1. Қандай жисмлар сувда сузиб юради?
2. Гидравлика фанининг ривожланишига ҳисса 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 татбиқ этиш билан шуғулланувчи фан гидравлика деб аталади.**

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

Гидравлика шунингдек, гидротехника, ирригация, сув таъминоти ва канализация, нефть механикаси каби бир қанча фанларнинг асоси ҳисобланади. Инсоният тарихининг дастлабки даврларидаёқ сувдан фойдаланиш ҳаётда маълум ўрин эгаллаган. Археологик текширишлар одамлар жуда қадим замонларданок (эрамыздан 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 mavжуд. Бу курилмаларнинг қолдиқлари ҳанузгача сақланиб қолган.

Бизгача етиб келган, гидравликага алоқадор илмий ишлардан биринчиси Архимеднинг «Сузиб юривчи жисмлар ҳақида» асаридир. Суюқлик қонунларининг очилиши эрамининг XVI-XVII асрларидан бошланди. Буларга Леонардо да Винчининг суюқликларнинг ўзандаги ва трубадаги ҳаракати, жисмларнинг сузиб юриши ва бошқаларга боғлиқ ишлари, С.Стевеннинг суюқликнинг идиш тубига ва деворларига таъсир қилувчи босим кучи, Г.Галилейнинг жисмларнинг суюқликдаги ҳаракати ва мувозанати ҳақидаги ишлари, Е.Торичеллининг суюқликларнинг кичик тешиқдан оқиб чиқиши, Б.Паскалнинг босимнинг суюқлик орқали узатилиши тўғрисидаги, И.Ньютоннинг суюқликлардаги ички қаршилиқлар 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 нуқтасидан иккинчи 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 боровчи ва ўз текширишларида гидромеханиканинг усуллари ҳамда ютуқларидан фойдаланиб боровчи фандир.

Гидравликанинг тараққиётида рус олимларининг ҳам муҳим ҳиссаси бор. Гидромеханика фанининг асосчилари Д.Бернулли ва Л.Эйлер 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, химия 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 паррақларни 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 гидроузатмаларнинг 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 гидромурфталар) 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;

- гидромуфтларда 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 ҳаракатчанлиги 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) ҳарорат ўзгариши билан ҳажми оз миқдорда ўзгаради;

3) чўзувчи кучларга деярли қаршилик кўрсатмайди;

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

Томчиланувчи суюқликнинг бошқа хусусиятлари тўғрисида кейинчалик яна тўхталиб ўтамиз.

Газлар томчиланувчи суюқликлардагига нисбатан ҳам тезроқ ҳаракатланувчи заррачалардан ташкил топган бўлиб, улар босим ва температура таъсирида ўз ҳажмини тезроқ ўзгартиради. Улардан чўзувчи кучга қаршилик ва қовушқоқлик кучи томчиланувчи 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 атайвераимиз.

Суюқликлар туташ жисмлар қаторига киради ва мувозанат ҳамда ҳаракат ҳолларида доимо қаттиқ 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 поверхность) деб аталади.

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

### **Суюқликларга таъсир қилувчи кучлар**

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

*ички кучлар* - суюқлик заррачаларининг ўзаро таъсири натижасида юзага келади;

*ташқи кучлар* - суюқликка бошқа жисмларнинг таъсирини ифодалайди (масалан, суюқлик солинган идиш деворларининг таъсири, очик 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:

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

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

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

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

Гидростатик босим  $\text{Н/м}^2$  билан ўлчанади.

### Суюқликнинг физик хоссалари.

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

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

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

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

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

$$1 \frac{kГ}{M_3} \approx 9,80665 \frac{H}{M^3}$$

Солиштирма оғирлик 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:

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

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

$$\left( R_{\text{хаво}} \approx 287 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}, R_{\text{метан}} \approx 518 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \right)$$

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

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

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

(2.1) ва (2.3) формулалардан кўриниб турибдики:

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

Солиштирма ҳажмнинг ўлчов бирилиги СИ системасида:

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

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

$$pv_K RT \quad (2.4)$$

орқали ифодаланади.

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

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

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

Зичликнинг ўлчов бирлиги қуйидагича аниқланади:

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

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

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

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

$$\rho_{\text{нисбК}} \frac{M_{\text{сууюк}}}{G_{\text{сууюк}}} \quad \text{К} \frac{G_{\text{сууюк}}}{K_{\text{нисб}}} \quad (2.6)$$

$$\frac{M_{\text{суув}}}{G_{\text{суув}}}$$

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

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

бунда  $t$  - температура (бирлиги  $^0\text{C}$ ),  $\beta_t$  - ҳажмий кенгайиш температура коэффициентини;  $\rho_{20}$  - сууюқликнинг  $20^0\text{C}$  даги зичлиги.

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

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

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

Сууюқликларнинг бу хусусиятидан фойдаланиб сууюқлик термометрлари ва бошқа турли сезгир ўлчов асбоблари яратилади. Сууюқликларнинг иситилганда кенгайишини ифодалаш учун ҳажмий кенгайиш температура коэффициентини деган тушунча киритилиб,  $\gamma$  билан белгиланган.

Бирлик ҳажмдаги суюқликнинг температураси  $1^{\circ}\text{C}$  га оширилганда кенгайган миқдори унинг *ҳажмий кенгайиши температура коэффициентини* дейилади ва қуйидаги формула билан ифодаланади:

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

бунда  $\Delta V; V - V_c$  - қиздирилгандан кейинги ва бошланғич ҳажмлар фарқи;  $\Delta t; t - t_0$  - температурлар фарқи;

$$[\beta_t]_{\text{К}} \frac{1}{\text{ГРАД}}$$

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

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

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

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

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

бунда  $\Delta p; p - p_0$  - ўзгарган ва бошланғич босимлар фарқи;  $\beta_p$  ҳам  $\beta_t$  каби жуда кичик миқдор бўлиб, сув учун  $t_{\text{К}} 20^{\circ}\text{C}$  да  $\beta_p \approx 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{МН}$  (МН-мегаНьютон  $10^6 \text{ Н} \approx 10 \text{ ат}$ ), минерал мойлар учун  $\beta_p \approx 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{МН}$ ; шунинг учун ҳам кўп ҳолларда сиқилишни ҳисобга олинмайди.

#### **Суюқликлардаги ишқаланиш учун Ньютон қонуни. қовушқоқлик**

Қовушқоқлик ҳодисаси суюқликларнинг ҳаракати вақтида юзага келади ва ҳаракатланаётган заррача ҳаракатига 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 катталиқ 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 қўйсақ 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  $u_1$  масофада, устки сирти эса  $u_2$  масофада бўлган қатламни кўз олдимизга келтирсак, юқорида айтилган сабабларга асосан унинг пастки сиртида тезлик  $u_1$ , юқориги сиртида эса  $u_2$  бўлади. Шундай қилиб, олинган қатламнинг қалинлиги  $\Delta u_{2-u_1}$  бўйича суюқлик тезлиги  $(u_2-u_1)/\Delta u$  миқдорга ўзгаради, яъни қатламнинг юқориги сирти пастки сиртида нисбатан силжиб қолади ва қатлам деформацияланади. Силжиш бурчагини  $\alpha$  деб белгиласак, силжиш катталлиги  $\operatorname{tg}\alpha$  бўлади. Қатлам қалинлигини чексиз кичрайтириб дифференциал белгилашга ўтсак, у ҳолда юқоридаги нисбат тезлик градиентини беради. Агар суюқлик сиртидаги пластинкага қанча кўп куч қўйсак, силжиш шунча кўп бўлади. Бу нарса қўйилган куч билан тезлик градиенти орасида қандайдир боғланиш мавжудлигини кўрсатади.

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

1686 й. И.Ньютон ана шу боғланишни 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:

$$F_{\kappa\pm\mu S} \frac{du}{dy} \quad (2.10)$$

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

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

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

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

$$I_{\rho\kappa\mu} \frac{du}{dy} - \int \lambda_{\rho}(1-\varphi_2) u dy \quad (1.11a)$$

бу ерда  $\lambda_{\rho\kappa}(1-\varphi_2)$ - бир қаватдан иккинчи қаватга молекулаларнинг ўтишини билдирувчи коэффициетдир.

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

Қовушқоқлик коэффицентининг бирлиги СИ да қуйидагича:

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

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

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

**Кинематик қовушқоқлик коэффициентини.** Гидравликадаги кўпгина ҳисоблаш ишларида  $\mu$  нинг  $\rho$  га нисбати билан ифодаланувчи ва кинематик қовушқоқлик коэффициентини деб аталувчи миқдордан фойдаланиш қулайдир. Бу миқдор грекча  $\nu$  ҳарфи билан белгиланади:

$$\nu_K \frac{\mu}{\rho} \quad (2.12)$$

$\nu$  нинг СИ даги бирлиги  $\frac{M^2}{C}$ , СГС системасида  $\frac{CM^2}{C}$  ёки стокс (ст) билан ифодаланади. Справочникларда ва техник адабиётда унинг кичик ўлчамлари ҳам (сантистокс - сст) учрайди.  $1m^2/c \cdot 10^4$  ст  $10^6$  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 1, 2 икки идишдан иборат бўлиб, улар орасидаги бўшлиқ сув билан тўлдирилади. Ички идиш 2 нинг сферик тубига диаметри 3 мм ли найча қавшарланган, у тикин 5 билан беркитилган бўлади.

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

$$\frac{T_{\text{суюқлик } t'} - T_{\text{суб } t \approx 20^\circ C}}{T_{\text{суб } t \approx 20^\circ C}}$$

Энглер градусидан  $m^2/c$  га ўтиш учун Уббеллоде формуласи қўлланилади:

$$\nu_K (0,0731 \cdot 10^6 - \frac{0,0631}{0,01} \cdot 10^{-4}) \quad (2.13)$$

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

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

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

$$\text{Ҳаво учун } \nu_K (0,132 \cdot 10^6 - 0,000918 \cdot 10^6 \cdot t^2) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с} \quad (2.14)$$

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

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

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

Бу ерда  $v_t, v_{50}$  - тегишли температурада ва 50°C да кинематик қовушқоқлик коэффициентлари, °C да;  $n$  - даража кўрсаткичи; унинг миқдори қуйидаги жадвалда  ${}^0E_{50}$  нинг турли миқдорлари учун келтирилган:

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

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

$$v_p = v_{p0} (1 + k_p p) \quad (2.17)$$

бу ерда  $v_p, v_{p0}$  - тегишли босимда ва атмосфера босимида кинематик қовушқоқлик коэффициентлари,  $p$  - қовушқоқлик ўлчанган босим, МН/м<sup>2</sup>;  $k_p$  - экспериментал коэффициент, унинг миқдори гидроюритмаларни ҳисоблашда юқорида айtilган чегарада 0,03 га тенг деб қабул қилинади.

#### Газларнинг суюқликда эриши. Кавитация ҳодисаси ҳақида тушунча

Табиатда ва техникада суюқлик унда ҳавонинг таркибидаги газлар оз миқдорда эриган ҳолда учрайди. Босим ортиши ёки температура камайиши билан эриган газлар миқдори ортади ва аксинча, босим камайганда ёки температура ортганда уларнинг миқдори камаяди. Шунинг учун босим камайиши ёки температура ортиши билан суюқликдаги эриган газларнинг бир қисми ажралиб чиқиб, пуфакчалар ҳосил қилади, яъни юқорида айtilганга кўра босим камайганда сув ҳам буғланади, лекин енгил компонент сифатида эриган газлар тезроқ ажралиб чиқиб, пуфакчалар ҳосил қилади. Бошқача айтганда бу ҳолат суюқликдаги босимнинг ундаги газнинг тўйинган буғлари босимига тенг бўлганда вужудга келади. Газ пуфакчалари пайдо бўлиши билан суюқликнинг туташлиги бузилади ва туташ муҳитларга таолуқли қонунлар ўз кучини йўқотади. Бу ҳодиса *кавитация* дейилади. Пуфакчалар суюқлик ичида температурали ёки юқори босимли соҳалар томонга қараб ҳаракат қилади. Агар у етарли даражада босимга эга бўлган соҳага 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 ҳодисаси труба деворлари ва машиналарнинг суюқлик ҳаракат қилувчи қисмларининг бузилишига олиб келади (кавитацияга қарши кураш усуллари тўғрисида кейинчалик тўхталамиз).

#### Идеал суюқлик модели

Суюқликларнинг ҳаракати текширилганда, одатда, ҳамма кучларни ҳисобга олиб булмагани учун, уларнинг суюқлик мувозанати еки ҳаракати ҳолатига таъсири катта булганларини саклаб қолиб, таъсири кичикларини ташлаб юборамиз. Шу усул билан

суюкликлар учун идеал ва реал суюкликлар модели тузилади. Хозирги вақта 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 абсолют сикилмайдиган, исикликдан хажми узгармайдиган, чузув ва силжитувчи кучларга каршилик курсатмайдиган абстракт тушунчадаги суюкликлардир.

Реал суюкликларда эса юкорида айтилган хосалар мавжуд булиб, одатда сикилиши, исикликдан кейгайиши ва хажм узгариши жуда кичик микдорга эга. Шунинг учун бу соддалаштиришлар хисоблашда унчалик кўп хато бермайди. Идеал суюкликларнинг реал суюкликлардан ката фарқ қилишига олиб келадиган асосий сабаб, бу – силжитувчи кучга каршилик кўрсатиш хоссаси, яъни ички ишқаланиш кучи бўлиб, унинг бу хусусиятини ковушоқлик деган тушунча орқали ифодаланилади. Шунга асосан идеал суюкликларни ноковушоқ (невязкий), реал суюкликларни эса ковушоқ суюклик дейилади.

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Суюкликнинг мувозанати.
2. Суюкликнинг харакат қонунлари.
3. Реал суюклик нима?
4. Идеал суюклик нима?
5. Босим нима?
6. Суюклик тўғрисида асосий тушунчалар.
7. Суюкликнинг юзага берган босимини тушунтиринг.
8. Суюкликларнинг мувозанат ва харакат қонунларини тушунтиринг.
9. Суюклик тўғрисидаги асосий тушунчаларни айтинг.
10. Суюкликларда босим қандай булади?
11. Зичлик, солиштирма оғирлик, суюклик массаси.
12. Суюкликни исиклик кенгайиши, суюкликни босим остида хажм ўзгариши.
13. Суюкликнинг ишқаланиши, суюкликнинг қаршилиги.
14. Солиштирма оғирлик ва солиштирма хажм ҳақида тушунтиринг.

### 2 – МАЪРУЗА

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

Ўқув модуль бирликлари:

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

#### **Таянч сўз ва иборалар:**

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

#### **Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ**

1. Суюкликка ботирилган жисмга қандай кучлар таъсир этади?
2. Жисмлар суюкликда қачон сузади?

### 3. 1.1-расмдаги жисмга қандай кучлар таъсир этаяпти

## ГИДРОСТАТИКА

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

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

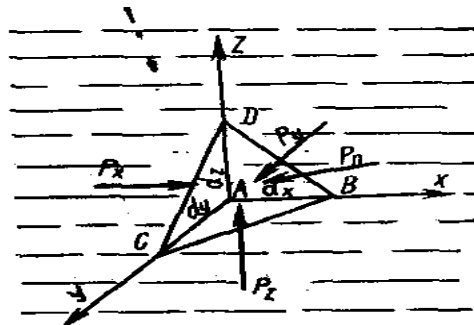
### Тинч турган сууюқликдаги босимнинг хоссалари

Тинч турган сууюқликдаги 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. Сууюқлик 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 сууюқлик ичида томонлари  $dx, dy, dz$  га тенг бўлган тетраэдр ажратиб оламиз. Тетраэдрнинг қия юзасига  $P$  куч таъсир қилсин.  $U$  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  $\alpha$ ,  $Oy$  ўқи билан  $\beta$ ,  $Oz$  ўқи билан  $\gamma$  бурчак ташкил қилса, у ҳолда  $dS$  юзага таъсир қилаётган куч ( $pdS$ ) нинг ўқлардаги проекциялари  $pdS \cos \alpha$ ,  $pdS \cos \beta$ ,  $pdS \cos \gamma$  ларга тенг. Оғирлик кучи эса

$$G_k p g dV_k \frac{1}{6} p g dx dy dz$$

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

$$\frac{1}{2} p_x dydz - p dScos \alpha \kappa 0$$

Оу ўқи бўйича

$$\frac{1}{2} p_y dydz - p dScos \beta \kappa 0$$

Оz ўқи бўйича

$$\frac{1}{2} p_x dydz - p dScos \gamma - \frac{1}{6} p g dx dy dz \kappa 0$$

$dS$  юзанинг проекциялари қуйидагиларга тенг:

$$Scos \alpha \kappa \frac{1}{2} dydz, Scos \beta \kappa \frac{1}{2} dx dz, Scos \gamma \kappa \frac{1}{2} dx dz$$

Юқоридаги тенгламалар қисқартирилгандан кейин қуйидагича ёзилади:

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

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

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

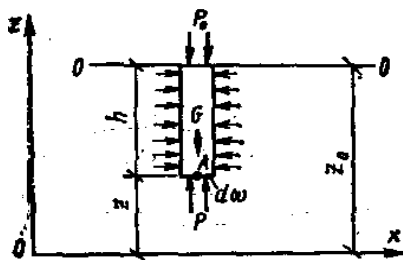
Шундай қилиб, барча йўналишларда таъсир қилувчи босим кучли тенг эканлиги исботланади. Бу эса иккинчи хоссанинг тўғрилигини кўрсатади.

### 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:

$X \kappa 0; Y \kappa 0; Z = g$



5.1-расм. Гидростатиканинг асосий тенгламасига доир чизма.

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

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

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

$$dp_x - \rho g dz$$

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

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

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

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

ёки

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

Бу гидростатиканинг асосий тенгламаси деб аталади ва суюқликнинг ихтиёрий 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 ( $\rho g h$ ) йиғиндисига тенг.*

### **Абсолют, манометрик, вакууметрик ва атмосфера босимлари.**

#### **Босим ўлчов бирликлари**

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

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

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

$$p - p_a = \rho g h \quad (5.3)$$

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

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

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

$$p_a - p = \rho g h \quad (5.4)$$

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

Босим ўлчаш учун техникада турли бирликлар иштиради:

1. Куч бирликларининг юза бирликларига нисбати, масалан,

$$Н/м^2; кГ/м^2; кГ/см^2.$$

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

3. Бирлик юзага тўғри келган берилган куч миқдорига нисбати ёки суюқлик устунинг берилган баландлиги миқдорлари, масалан, техник атмосфера (ат) (1 ат  $\approx 1 \text{ кГ/см}^2 \approx 10^4 \text{ кГ/м}^2 \approx 735,6 \text{ мм сим.уст.}$ ) бар (1 бар  $\approx 10^5 \text{ Н/м}^2$ ) ва ҳаказо.

1. Чегирма босим юқоридаги бирликларда ўлчанади ва атиларда ҳисобланади.

### Босим ўлчаш асбоблари

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

1. Суюқлик асбоблари:

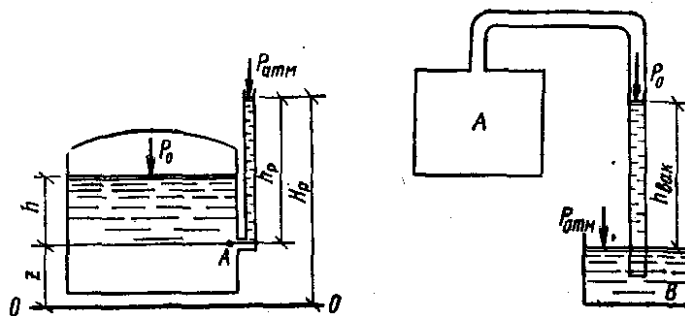
а) *презометрлар* - идишдаги босим унга уланган шиша найчадан текширилайтган суюқликнинг кўтарилишига қараб аниқланади. Идишдаги босимнинг катта ёки кичиклигига қараб презометр (шиша найча) да сувнинг сатҳи  $h_n$  баландликка кўтарилади. Текширилайтган А нуқтадаги босим  $p_a$  идишдаги эркин сатҳдаги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

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

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

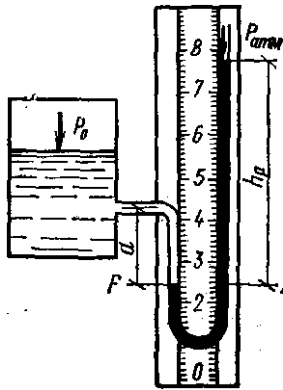
$$h_n - h_n = \frac{p_A - p_a}{\gamma}$$

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



5.2. расм. Презометр 5.3-расм. Вакуумметр

#### 5.4. расм. U-симон манометр.



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

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

$$p_a K \gamma h_1$$

Симобли найчадаги қийматлар орқали эса

$$p_a K \gamma_{cm} \cdot h_{cm}$$

Бу икки тенгликдан  $p$  ни топамиз:

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

Бундай манометрлар ҳар бир босимни ўлчаш ярамайди.

в) Дифференциал манометрлар - икки идишдаги босимлар фарқини ўлчаш учун ишлатилади. Босимларни  $p_0$  ва  $p_1$  га тенг бўлган икки идиш симобли U-симон найса орқали туташтирилган. Бу ҳолда С нуктадаги босим орқали қуйидагича ифодаланади:

$$p_c K \gamma h_1$$

Иккинчи идишдаги босим орқали эса

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

У ҳолда идишлардаги босимлар фарқи

$$p_a - p_b K (\gamma_{cm} - \gamma) h$$

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

$$p_c \gamma h \sin \alpha \quad (5.8)$$

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

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

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

у ҳолда

$$p_c K \gamma_{cm} h_{cm} = p_a \quad (5.9)$$

симоб устунининг пасайиши идишдаги босим ва  $p_a$  орқали қуйидагича ифодаланди:

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

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

а) *Пружинали манометр* ичи бўш 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 чиқаринг.
9. Абсальют, манометрик вакууметрик босим
10. Атмосфера босим.
11. Босим улчов бирликларини тушунтиринг.

### 3 – МАЪРУЗА

**МABЗУ:** 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, ҳажм йўналиши, суюқликка таъсир этувчи ташқи кучлар, суюқлик ички кучлари.*

Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ

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

## Сууюқликлар мувозантининг Эйлер дифференциал тенгламаси

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

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

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

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

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

Шунинг учун элементар ҳажмининг  $Oy$  ўқи бўйича мувозанат шarti қуйидагича бўлади:

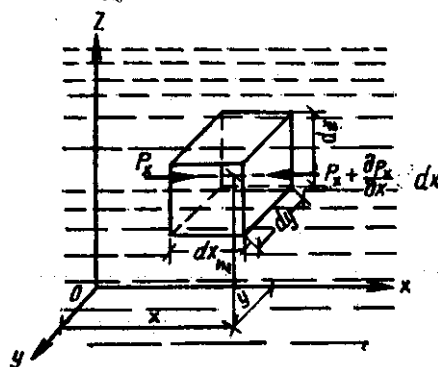
$$p dx dz - (pK \frac{\partial p}{\partial y} dy) dx dz - p y dx dy dz \approx 0$$

Шунингдек,  $Oz$  ўқи бўйича

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

кучлар таъсир қилади ҳамда уларнинг мувозанат шarti қуйидагича бўлади:

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



### 4.1-расм. Сууюқликлар мувозанатининг Эйлер тенгламасига доир чизма.

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

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial x} &= \rho X \\ \frac{\partial p}{\partial y} &= \rho Y \\ \frac{\partial p}{\partial z} &= \rho Z \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

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

### Паскаль қонуни

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

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

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

Агар поршени  $\Delta l$  масофага силжитсак, у ҳолда суюқлик эркин сиртидаги босим  $\Delta p$  га ўзгаради. Суюқликнинг солиштирма оғирлиги босим ўзгариши билан деярли ўзгармайди. Шунинг учун А, В ва С нукталардаги босим қуйидаги бўлади:

$$\begin{aligned} p'_A &= p_0 + \rho g \Delta h_A \\ p'_B &= p_0 + \rho g \Delta h_B \\ p'_C &= p_0 + \rho g \Delta h_C \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} p'_A - p_A &= \rho g \Delta h_A \\ p'_B - p_B &= \rho g \Delta h_B \\ p'_C - p_C &= \rho g \Delta h_C \end{aligned}$$

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

### 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:

$$X_{q0}, Y_{q0}, Z_{q-g} \quad (4.3)$$

бўлади. Бу қийматларни (4.2) га қўйсак,  $gdz = 0$  га эга бўламиз. Уни интегралласак  $gz = const$  бўлади. Бу эса горизонтал текисликнинг тенгламасидир. Шундай қилиб,

тинч турган суюқликлар учун ҳар қандай горизонтал текислик босими тенг сиртдан иборат. Унинг ҳаво билан чегараланган сирти ҳам горизонтал бўлиб, у эркин сирт бўлади. Эркин сиртда босим  $p_0$  эканлигини ҳисобга олсак, (4.2) тенгламадан куйидаги муносабат келиб чиқади:

$$p_{\kappa} \gamma h_{\kappa} K_{\rho_0} \quad (4.4)$$

Бу тенглама тўғрисида кейинчалик алоҳида тўхталиб ўтамиз.

### б) Текис тезланувчан ҳаракат қилаётган идишдаги суюқлик

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

$$X_{\kappa}-a, Y_{\kappa}0, Z_{\kappa}-g \quad (4.5)$$

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

$$axKgz\kappa const \quad (4.6)$$

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

$$\alpha_{\kappa} \arctg \frac{a}{g}$$

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

$$p_{\kappa} \rho a x_{\kappa} \gamma z_{\kappa} K_{\rho_0} K_{\kappa} C$$

### в) Айланаётган идишдаги суюқлик

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

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

Унинг проекциялари эса куйидагича топилади:

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

Шунинг учун бирлик масса кучлар куйидагиларга тенг:

$$X_{\kappa} \omega^2 x; Y_{\kappa} \omega^2 y; Z_{\kappa} -g$$

Буларни (2.4) га қўйсак, қуйидаги тенгламани оламиз:

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

Уни интегралласак

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

бўлади.

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

$$\frac{\omega^2 r^2}{2} - g z = \text{const} \quad (4.7)$$

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

#### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

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

#### 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. Абсолют, манометрик, вакууметрик ва атмосфера босимлар.
3. Босим ўлчов бирликлари.

**Таянч сўз ва иборалар:**

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

## Муаммоли вазият, савол ёки топширик

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

## Сууюқликлар кинематикаси ва динамикаси асослари Сууюқликларда ҳаракат турлари

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

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

### Гидродинамиканинг асосий масаласи.

#### Ҳаракат турлари

Сууюқлик 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 сууюқ заррачага таъсир қилаётган босим ва тезлик вақт ўтиши билан ўзгариб боришини табиатда кузатиш мумкин.

**Тезлик ва босим майдонлари.** Сууюқлик ҳаракат қилаётган фазонинг ҳар бир нуқтасида ҳаёлан тезлик ва босим вертикаллари кўриб чиксак, кўриляётган 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 сууюқлик параметрлари функция кўринишида ёзилади.

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

тезлик проекциялари ҳам функциялардир;

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

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

**Ҳаракат турлари.** Ҳаракат вақтида сууюқлик 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

$$\begin{aligned} & p_{\text{қf11}}(x,y,z) \\ & u_{\text{қf21}}(x,y,z) \end{aligned} \quad (3.2)$$

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 оқимида 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 чиқаринг.
8. Абсальют, манометрик вакууметрик босим
9. Атмосфера босим.
10. Босим улчов бирликларини тушунтиринг.

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, ҳажм, суюқликларни идиш деворига босими, суюқликни идиш тубига босими, гидромултипликатор, гидростатик ғайритабиийлик, оғирлик маркази, босим маркази, инерция моменти.*

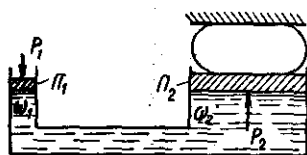
*Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ*

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

### Гидростатик машиналар

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

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



#### 1.7. расм. Гидропресснинг схемаси.

Айтилган усулдан фақат жисимларни кўтаришда фойдаланилса, у ҳолда конструктив схемада  $D$  девор бўлмайди. Бу ҳолда бизнинг машина гидростатик

кўтаргичга айланади. Энди, гидропрессларда кучларнинг муносабатини топамиз.  $OAB$  ричагининг  $B$  учига  $Q$  куч қўйилган бўлсин. У ҳолда куч моменти учун қуйидаги тенгламани оламиз:

$$Q(aKb)_{\kappa} P_1 b$$

Бу тенгламадан кичик поршенга таъсир қилувчи кучни топамиз:

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

У ҳолда кичик поршень остидаги суюқлик босими

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

га тенг бўлади. Катта поршень остидаги босим эса

$$p_{\kappa} \gamma h \kappa \frac{a+b}{b} \frac{4Q}{\pi d_1^2} K \gamma h \quad (2.20)$$

Бу ерда  $h$  поршенларнинг остки сиртлари орасидаги геометрик масофа.

Натижада катта поршен таъсир қилувчи куч қуйидагича топилади:

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

Кўпгина ҳолларда гидропрессларда гидростатик босим жуда катта бўлгани учун  $\gamma h$  на ташлаб юборсак ҳам бўлади, яъни:

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

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

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

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

б) **Гидроаккумуляторлар.** Гидравлик системаларда босим ва суюқлик сарфининг ортиб кетиши ва камайиш ҳоллари бўлади. Босим ва сарфни нормаллаштирилиши учун мана шу ҳолларда гидроаккумуляторлардан фойдаланилади. Улар суюқлик сарфи ёки босим ортиб кетганда юқори босимли суюқликнинг бир қисмини ўз ичига олиб, системада босим ва сарфни камайтирилса, тескари ҳолда ўзидаги суюқликни системага бериш йўли билан босимни ва сарфни оширади. Гидроаккумуляторлар гидротормозларда, кўтаргичлар, пресслар, чибырлар 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 кўтарди, босим камайганда эса плунжер пастга тушиб суюқлик системадан пастга қараб оқади. Натижада босимнинг ўзгариши текисланади.

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

Диафрагмани ҳаракатга келтирувчи куч:

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

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

$$p_k = \frac{(p_1 - p_2)S + F_2}{S} \quad (2.25)$$

Бу ҳолда ҳақиқий бадарилган иш

$$A_x = \eta A_k \eta \int p_s h dh, \quad (2.26)$$

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

$$p_3 = p_1 \left( \frac{D_1}{d_3} \right)^2 \eta \cdot \eta_{\text{мех}} \quad (2.27)$$

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

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

Текис сиртга таъсир қилувчи босим

а) Гидростатик ьайритабийлик (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:

$$p_A = \rho g h_A; \quad p_B = \rho g h_B; \quad p_C = \rho g h_C$$

Суюқлик тубидаги босим кучи эса

$$P_k = \rho g h S$$

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

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

Бу ҳолда идиш тубига бўлган босим кучи идишларда

$$P_{a\kappa}\gamma h S; P_{b\kappa}\gamma h S; P_{c\kappa}\gamma h S; P_{e\kappa}\gamma h S; \quad (2.28)$$

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

$$P_{\kappa}\gamma h S$$

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

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

Бу ходиса гидростатик ғайритабiiйлик 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 ходисалар гидростатик ғайритабiiйликнинг 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. Унинг горизонт билан  $\alpha$  бурчаг ташкил этган қия сиртида  $S$  юзага тушадиган босим кучи аниқлаймиз. Оу ўқини қия сирт йўналиши бўйича,  $Ox$  ўқини эса унга тик йўналишда деб қабул қиламиз. Бу ҳолда  $S$  сиртдаги кичгина  $dS$  сиртгача бўлган босим қуйидагича аниқланади:

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

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

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

агар  $h_{\kappa} \sin \alpha$

эканлигини ҳисобга олсак:

$$P_{s\kappa} \gamma \sin \alpha \int_{(S)} y dS \kappa p_0 \int_{(S)} dS \quad (2.30)$$

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

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

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

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

демак

$$P_{s\kappa} S (\gamma h_{o.m} \kappa p_0) \quad (2.31)$$

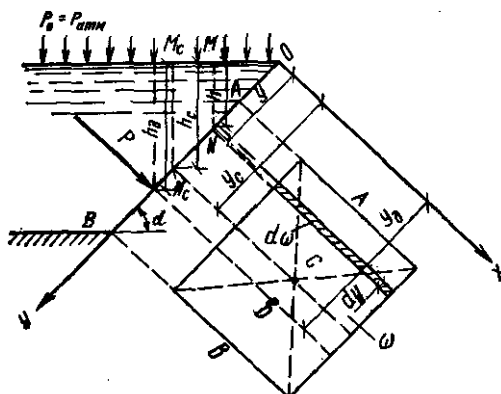
Агар тўлиқ босим кучини атмосфера босими ва чегирма босимдан иборат десак

$$P_{s\kappa} P_4 \kappa P_a$$

бўлади, бу ерда чегирма босим кучи қуйидагига тенг:

$$P_{\text{к}} \gamma h_{\text{о.м}} S \quad (2.32)$$

Демак, қия юзага тушадиган босим кучи шу юза сирти билан унинг оғирлик марказига таъсир қилувчи босимнинг кўпайтмасига тенг бўлиб, гидростатик босим кучи  $P_{\text{ақ}} P_{\text{о}} S$  ва чегирма босим кучи  $P_{\text{к}} \gamma h_{\text{о.м}} S$  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 қўйилиш 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  $y_{\text{б.м}}$  га тенг деб ҳисоблаб,  $S$  сиртга таъсир қилаётган моментни аниқлаймиз:

$$P \cdot y_{\text{сқ}} \int_{(S)} dP_{\text{уқ}} \int_{(S)} \gamma h dS \cdot y \quad (2.33)$$

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

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

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

У ҳолда (2.34) дан босим марказини топамиз:

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

Инерция momentини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$I_x \gamma I_{\text{о.м}} \gamma S \cdot y_{\text{о.м}}^2 \quad (2.36)$$

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

### Жисмларнинг суюқликда сузиши.

#### Сузувчанлик

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

$$R_{\text{к}} P_1 K P_2 - G_{\text{к}} - \gamma H_1 S K \gamma H_2 S - \gamma_1 V$$

ёки

$$R_{\kappa} \gamma (H_2 - H_1) S - \gamma_1 V$$

Бу кучни кўтарувчан куч деб аталади.

$\Delta H_{\kappa} H_2 - H_1$  ва  $\Delta H \cdot S_{\kappa} V$  эканлигини ҳисобга олсак, тенг таъсир этувчи кўтарувчи куч

$$R_{\kappa} (\gamma - \gamma_1) V \quad (2.45)$$

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  $\gamma \kappa \gamma_1$  бўлса, яъни жисм билан суюқлик солиштирма оғирликлари тенг бўлса, у ҳолда  $R_{\kappa} 0$ , яъни жисм суюқлик ичида сузиб юради.

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

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

Сузувчанлик запаси  $P_c$  билан белгиланади ва қуйидагича топилади:

$$P_{c\kappa} \frac{R}{\gamma} = \frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma} V$$

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

Сузиб юрувчи жисм ҳақида яна қуйидаги тушунчаларни келтирамиз.

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

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

3. *Сузаётган жисмнинг оғирлик маркази*.

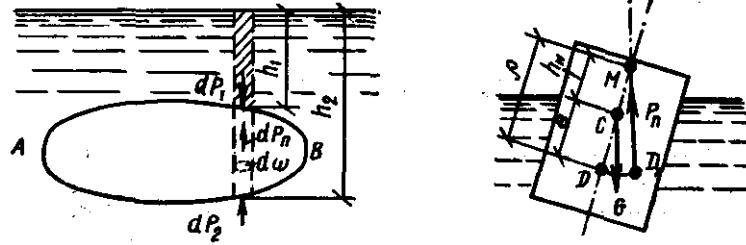
4. *Сув сиёими маркази ёки босим маркази*. Бу ерда сув сиёими - жисмнинг сувга ботган қисми. Сув сиёими маркази жисмнинг суюқликка ботган қисмига таъсир этувчи босимнинг тенг таъсир этувчиси қўйилган нуқта бўлиб, у сувга ботган қисмнинг оғирлик марказига жойлашган.

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

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

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



### 1.9-расм. Сузиб юрвчи жисмларнинг турли ҳолатлари.

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

- 1) агар метамарказ оғирлик марказидан юқорида бўлса  $G$  ва  $P$  кучларнинг моменти жисмни нормал ҳолатга қайтади, яъни жисм туръун ҳолатда бўлади;
- 2) агар метамарказ оғирлик марказидан пастда бўлса,  $G$  ва  $P$  кучларнинг моменти жисмни аъдаришга ҳаракат қилади, яъни жисм нотуръун ҳолатда бўлади;
- 3) агар метамарказ оғирлик маркази устига тушса, у ҳолда суюқликда сузаётган жисм ҳолати туръунликка боғлиқ бўлмайди (масалан, шар учун). Туръунликка боғлиқ бошқа масалалар устида тўхталиб 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. Гидропресс хақида тушунчангиз.
9. Гидроаккумуляторларда босим ва суюқликлар қандай ҳолатларда булади.
10. Архимед қонунларини айтинг.

МАНЗУ: Сууюқлик ҳаракатининг икки хил тартиби  
Ўқув модуль бирликлари::

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

Таянч сўз ва иборалар

*Текис ҳаракат, босимли ҳаракат, юза, кўндаланг кесим, радиус, хўлланган периметр, барқарор ҳаракат, беқарор ҳаракат, троектория, оқим чизиги, оқим найчаси, элементар оқимья, ҳаракат кесими, сууюқлик сарфи, хртача тезлик*

**Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ**

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

**Сууюқликлар кинематикаси ва динамикаси асослари**  
**Сууюқликларда ҳаракат турлари**

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

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

**Гидродинамиканинг асосий масаласи.**

**Ҳаракат турлари**

Сууюқлик 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 сууюқ заррачага таъсир қилаётган босим ва тезлик вақт ўтиши билан ўзгариб боришини табиатда кузатиши мумкин.

**Тезлик ва босим майдонлари.** Сууюқлик ҳаракат қилаётган фазонинг ҳар бир нуқтасида ҳаёлан тезлик ва босим вертикаллари кўриб чиқсак, кўриляётган 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 белгиляймиз ва уни содда қилиб босим деб атаймиз. Тезликни эса  $u$  билан белгиляймиз.  $U$  ҳолда тезликнинг координата ўқларидаги проекциялари  $u_x, u_y, u_z$  бўлади.

Юқорида айтиб ўтилганга асосан сууюқлик параметрлари функция кўринишида ёзилади.

$$p, \rho f_1(x, y, z, t)$$

$$u_{\kappa}f_2(x,y,z,t) \quad (3.1)$$

тезлик проекциялари ҳам функциялардир;

$$u_x \kappa f_3(x,y,z,t)$$

$$u_y \kappa f_4(x,y,z,t)$$

$$u_z \kappa f_5(x,y,z,t)$$

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

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

$$\begin{aligned} p_{\kappa} f_{11}(x,y,z) \\ u_{\kappa} f_{21}(x,y,z) \end{aligned} \quad (3.2)$$

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 оқимида 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 бўлмади (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.**

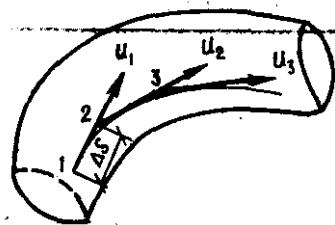
#### **Оқим чизиғи, оқим найчаси ва оқимча. Суюқлик оқимлари**

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 кўриладиётган вақт учун қураимиз. Шу векторнинг давомида кичик  $dl_1$  масофадаги В нуқтада ҳаракатдаги суюқлик заррачасининг В нуқтага тегишли тезлик вектори  $u_B$  ни қураимиз. Ҳосил бўлган янги векторнинг давомида кичик  $dl_2$  масофадаги С нуқтада шу нуқтага тегишли заррача тезлигининг вектори  $u_C$  ни қураимиз.  $u_C$  векторнинг давомида  $dl_3$  масофадаги D нуқтада шу нуқтага тегишли заррача тезлигининг  $u_D$  векторини қураимиз ва х.к. Натижада  $ACBDE$  синиқ чизиқни ҳосил қиламиз. Агар  $dl_1, dl_2, dl_3$  ларни чексиз кичрайтириб бориб, нолга интилтирсак,  $ABCDE$  ўрнида бирор эгри чизиқни оламиз. Бу эгри чизиқ **оқим 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 ҳолати вақт ўтиши билан ўзгармагани учун траектория билан оқим чизиғи устма-уст тушади.

**Оқим найчаси ва элементар оқимча.** Энди, суюқлик ҳаракатланаётган соҳада 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 ҳосил 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 қўнғдаланг кесими чексиз бўлгани учун бу кесимдаги барча нуқталарда суюқлик заррачаларининг тезлиги ўзгармасдир.

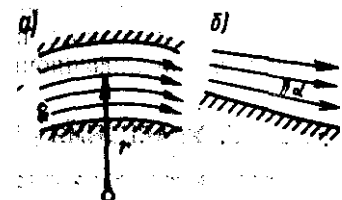
Энди бирор S юза олиб, уни чексиз кўп  $dS_1, dS_2, dS_3$  элементар юзаларга ажратиш мумкин. Шунинг учун юзадан оқиб ўтаётган суюқлик оқмаси чексиз кўп элементар оқимчалардан ташкил топган бўлади ва ҳар бир элементар оқимчада суюқлик тезлиги бошқа элементар оқимчалардагидан фарқ қилади.

### Оқимнинг асосий гидравлик элементлари

Суюқлик оқимининг текширишда оқим қонунларини математик ифодалаш учун уни гидравлик ва геометрик нуқтаи назардан характерловчи: 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 нуктасидан оқим чизиғи нормал бўйича йўналган бўлади. Умумий ҳолда ҳаракат кесими эгри сирт бўлиб, параллел оқимчали ҳаракатлар учун текисликнинг бўлагидан иборат (яъни текис сиртдир).

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



### 1.11-расм. Ҳаракат кесими оид чизма

Вақт бирлигида оқимнинг берилган ҳаракат кесими орқали оқиб ўтаётган суюқлик миқдори **суюқлик сарфи** деб аталади. Сарф  $Q$  ҳарфи билан белгиланади ва л/с, м<sup>3</sup>/с, см<sup>3</sup>/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. Трубада тезликнинг энг катта қиймати унинг ўтасида бўлса, каналга эркин сиртга яқин ерда бўлади. Ихтиёрий элементар оқимча учун элементар сарф  $dQ_{қи} \cdot d\omega$  га тенг. Оқим чексиз кўп элементар оқимчалардан ташкил топгани учун элементар сарфларнинг йиғиндиси, яъни бутун оқимнинг сарфи интеграл кўринишда ифодаланади:

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

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

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

Бу ҳолда суюқлик сарфи ўртача тезлик орқали қуйидагича ифодаланади.

$$Q_{қи} V \cdot w$$

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

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

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

диаметрнинг тшртан бирига тенг:  $R = \frac{d}{4}$ .

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Суюқлик ҳаракатини тушунтиринг.
2. Суюқлик ҳаракат йўналишини тушунтиринг.
3. Суюқликнинг кўндаланг кесими.
4. Гидравлик радиус нима?

5. Элементар оқимча.
6. Элементар оқимча ҳаракати.
7. Жонли кесим.
8. Ҳаракат турларини тушунтиринг.
9. Оқимчалик ҳаракат хоссалари.
10. Оқимнинг асосий гидравлик элементларини тушунтиринг.

## 8 - МАЪРУЗА

МАНЗУ: Гидравлик қаршиликлар  
Ўқув модули бирликлари:

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

Таянч сўз ва иборалар

*Идеал суюқлик, пьезометрик баландлик, гидравлик баландлик, ҳолат баландлиги, тезлик берган баландлик, суюқлик кўнадаланг кесим юзаси, потенциал энергия, кинетик энергия, дифференциал тенглама, Бернулли тенгламаси*

**Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ**

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

### **Элементар оқимча учун Бернулли тенгламаси**

Юқорида келтирилган тенгламалар системаларини ечиш йўли билан суюқлик ҳаракатланаётган фазонинг ҳар бир нуқтасидаги тезлик ва босимни топиш мумкин.

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

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

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

(3.21) муносабатдан кўриниб турибдики,  
 $dx \frac{du_x}{dt}; dy \frac{du_y}{dt}; dz \frac{du_z}{dt}$

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

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

лекин

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

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

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

(3.30) нинг ўнг томонидаги  $Xdx + Ydy + Zdz$  бирор куч потенциалининг тўлиқ дифференциалидир. Агар шу потенциални  $F(x, y, z)$  билан бегиласак, у ҳолда қуйидагига эгамиз

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

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

$$F = -m \cdot g \cdot z \quad (3.34)$$

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

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

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

$$\frac{1}{2} d(u^2) + \frac{1}{\rho} dp + dz = 0$$

Ушбу тенгламанинг интеграллаш шартлари 1-1 ва 2-2 шартлари бўлиб, уларнинг ҳисоб қилиниши қуйидагича:

$$\frac{u_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + g z_1 = \frac{u_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + g z_2 \quad (3.36)$$

Агар бу тенгламани интеграллаш шартлари қўйиб, унинг ҳисоб қилиниши қуйидагича:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 \quad (3.37)$$

Ушбу тенгламанинг 1738 й. Арагоннинг оғирлик кучи ҳисоб қилиниши, шунингдек унинг ҳисоб қилиниши қуйидагича:

$$\frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} = \text{const} \quad (3.38)$$

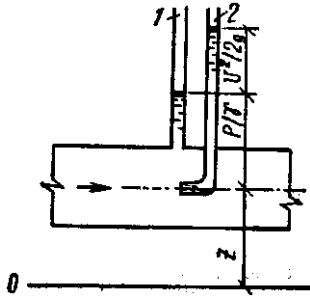
Ушбу тенгламанинг ҳисоб қилиниши, Арагоннинг оғирлик кучи ҳисоб қилиниши, шунингдек унинг ҳисоб қилиниши қуйидагича:

Ушбу тенгламанинг ҳисоб қилиниши, Арагоннинг оғирлик кучи ҳисоб қилиниши, шунингдек унинг ҳисоб қилиниши қуйидагича:

Ушбу тенгламанинг ҳисоб қилиниши, Арагоннинг оғирлик кучи ҳисоб қилиниши, шунингдек унинг ҳисоб қилиниши қуйидагича:







**1.13-δὰñì. Ἀὰδίοεεε δὰίᾱεαìᾱñεíεᾱ ᾱñìᾱòðεε, ὕᾱðᾱòðεε ᾱ ᾱ δεçεε ἱὰçíoíεᾱðεεᾱ ᾱñεð ÷εçìᾱ.**

Ó÷ε ὕᾱεεᾱᾱί øεøᾱ ἱᾱε÷ᾱεᾱðᾱᾱ суюқлик ἱᾱρçìᾱòðεᾱðεᾱᾱεᾱᾱ ὕᾱðᾱᾱᾱᾱᾱ ᾱᾱεᾱᾱᾱᾱᾱ ἔὑòᾱðεεᾱᾱε. Ἀóíεᾱ ᾱᾱᾱᾱε øíoíᾱᾱεε, ó÷ε ὕᾱεεᾱᾱί øεøᾱ ἱᾱε÷ᾱεᾱðᾱᾱ ὀíεᾱ ὕᾱεεᾱᾱί ó÷ε суюқлик ὕᾱðᾱεᾱòðε ἔὑᾱᾱεεøεᾱᾱ ᾱᾱεᾱᾱ, ᾱεᾱðἱᾱεᾱᾱᾱεᾱ ᾱñεᾱᾱᾱ ὕὑøεᾱᾱ÷ᾱ суюқлик òçεεεᾱᾱᾱ ᾱñεᾱᾱᾱ ᾱᾱεᾱᾱᾱ ᾱñεᾱᾱ ἱᾱεᾱᾱ ᾱᾱεᾱᾱε. Ἀóíᾱᾱ суюқлик çᾱððᾱ÷ᾱεᾱðεᾱᾱᾱ ἔᾱððøεᾱ ἔó÷ε ὕὑøεᾱᾱ÷ᾱ ᾱñεᾱᾱᾱ ᾱᾱᾱᾱ ᾱᾱεᾱᾱε. Ó÷ε ὕᾱεεᾱᾱί øεøᾱ ἱᾱε÷ᾱεᾱðᾱᾱᾱε ᾱᾱεᾱᾱᾱεε ὕòεεᾱᾱεᾱðᾱᾱ ὀᾱᾱᾱ:

$$h \cdot \frac{p_1}{\gamma} K \frac{u_1^2}{2g}, h \cdot \frac{p_2}{\gamma} K \frac{u_2^2}{2g}; h \cdot \frac{p_3}{\gamma} K \frac{u_3^2}{2g}$$

Ἱᾱρçìᾱòðεᾱᾱε суюқлик ᾱᾱεᾱᾱᾱεεᾱε ᾱεεᾱᾱí ó÷ε ὕᾱεεᾱᾱί øεøᾱεᾱðᾱᾱᾱε ᾱᾱεᾱᾱᾱεεε ὀᾱðᾱᾱε

$$h \cdot \frac{u_1^2}{2g}; h \cdot \frac{u_2^2}{2g}; h \cdot \frac{u_3^2}{2g}$$

εᾱðᾱᾱ ὀᾱᾱᾱ ᾱᾱεᾱᾱε ᾱᾱ òçεεε ᾱᾱεᾱᾱᾱεᾱᾱε ᾱᾱεεεᾱᾱε.

Øíoíᾱᾱε ὕεεᾱᾱ, ᾱñìᾱòðεε ἰóὑòᾱε ἱᾱçᾱðᾱᾱᾱ Ἀὰδίοεεε δὰίᾱεαìᾱñεíεᾱ ὕᾱᾱεᾱðε ὕòεεᾱᾱᾱε÷ᾱ ᾱòᾱεᾱᾱε:

$$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g} - \text{суюқликíεᾱ ὀᾱᾱεøεε εᾱñεᾱᾱεᾱðεᾱᾱᾱε òçεεε ᾱñεᾱᾱε (ᾱᾱεᾱᾱᾱεᾱε):}$$

$$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma} - \text{ἱᾱρçìᾱòðεε ᾱᾱεᾱᾱᾱεεεᾱð;}$$

$z_1, z_2, z_3$  - ᾱñìᾱòðεε ᾱᾱεᾱᾱᾱεεᾱᾱð (ὀᾱᾱεøεε εᾱñεᾱᾱεᾱðíεᾱ ἱᾱεðεεε ἱᾱðεᾱçε 0-0 ὀᾱεεñεεᾱεᾱᾱᾱ ὕᾱᾱᾱ÷ᾱ ᾱᾱεᾱᾱᾱεᾱᾱ ὀòðεøεᾱᾱε ἔὑðñᾱòᾱᾱε).

$\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$  - εᾱðíεᾱᾱ ᾱεðεεεᾱᾱðε ὀçíoíεεε ᾱεðεεεᾱᾱðεᾱᾱ ὀᾱᾱᾱεð. Ἱᾱρçìᾱòðεᾱðᾱᾱε суюқлик ᾱᾱεᾱᾱᾱεεεᾱðεᾱᾱε ᾱεðεᾱøòðñᾱε, ὕññεε ᾱᾱεᾱᾱί ÷εçεᾱ ἱᾱρçìᾱòðεε ÷εçεᾱ ᾱᾱεεᾱᾱε.

Ἀὰδίοεεε δὰίᾱεαìᾱñεᾱᾱᾱ òçεεε ᾱᾱεᾱᾱᾱεᾱε, ἱᾱρçìᾱòðεε ᾱᾱ ᾱñìᾱòðεε ᾱᾱεᾱᾱᾱεεεᾱðíεᾱ ὀíoíoíεε εεὑεᾱᾱεñε ὕçᾱðᾱᾱñ ἱεὑᾱᾱᾱ ᾱᾱεᾱᾱ, ó 0-0 ÷εçεᾱᾱε ᾱεεᾱᾱ ᾱᾱεᾱᾱεᾱᾱᾱε ᾱᾱ суюқликíεᾱ ᾱñεᾱᾱ (ᾱᾱᾱ) ὀᾱεεñεεᾱε ᾱᾱᾱ ᾱòᾱεᾱᾱε.

$$\text{Ἀεᾱðἱᾱεᾱᾱᾱεᾱᾱᾱ ᾱó ó÷ᾱ ᾱᾱεᾱᾱᾱεεεᾱᾱð } \frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z \text{ íεᾱᾱ εεὑεᾱᾱεñε суюқликíεᾱ ὀᾱᾱεᾱᾱᾱ ᾱñεᾱᾱε (ᾱᾱᾱ) ᾱᾱᾱ ᾱòᾱεᾱᾱε ᾱᾱ Ἱ ᾱεεᾱᾱᾱεᾱᾱᾱε:}$$

$$H_K \frac{u_2}{2g} K \frac{p}{\gamma} K_{zK} \text{const}$$

Ἀóεᾱð εᾱᾱᾱε ὕεᾱᾱᾱᾱð ἱᾱεᾱᾱεᾱð ó÷ᾱᾱí Ἀὰδίοεεε δὰίᾱεαìᾱñεᾱᾱᾱ ᾱñìᾱòðεε ἱᾱòíñεᾱᾱε ᾱεεᾱεðᾱᾱε. Óíεᾱ ὕᾱðᾱᾱòðεε ἱᾱòíñεε εεᾱᾱòðεε ὕᾱðᾱεᾱᾱᾱᾱ ὕçᾱððεø ὕñíoíoíεε ᾱᾱεε÷ᾱ ÷εὑᾱðεεεøεᾱᾱ ᾱññεᾱᾱᾱᾱᾱ. Ἀíøᾱᾱ÷ᾱ ᾱεòᾱᾱᾱᾱ, Ἀὰδίοεεε δὰίᾱεαìᾱñε суюқликεᾱð ó÷ᾱᾱí ὕᾱðᾱεᾱᾱᾱᾱ ᾱᾱᾱεᾱᾱεø ὕñíoíoíεεð. Ἀὰδίοεεε δὰίᾱεαìᾱñε (3.45) íεᾱᾱ ÷ᾱᾱí òññíεε ὕεᾱᾱᾱᾱð ἱᾱεᾱᾱεᾱᾱᾱ ὀᾱᾱᾱᾱᾱᾱε ὀᾱᾱεᾱᾱ ᾱñεεøòðεðᾱ ὕᾱðᾱεᾱᾱ ᾱᾱεᾱᾱ, ó 2-2 εᾱñεᾱᾱᾱε ὀᾱᾱεᾱᾱ ᾱñεεøòðεðᾱ ὕᾱðᾱεᾱᾱ ὀᾱᾱᾱ, εε ὀíoíoᾱᾱ ὕçᾱðᾱᾱñ ἱεὑᾱᾱᾱεð.

Ἀó ᾱðᾱᾱ ᾱñεεøòðεðᾱ ὕᾱðᾱεᾱᾱ ᾱᾱᾱ ἱεððεεε ᾱεðεεᾱεᾱᾱ ὀᾱᾱᾱðε εᾱεᾱᾱᾱ ὕᾱðᾱεᾱᾱ ἱεὑᾱᾱᾱεᾱᾱ ᾱεòᾱᾱεç. Ἀó ᾱεòεεᾱᾱᾱᾱεᾱðᾱᾱ ᾱññᾱᾱᾱ Ἀὰδίοεεε δὰίᾱεαìᾱñε ὕᾱᾱεᾱðεᾱᾱᾱ ὕᾱðᾱᾱòðεε, εε òεçεε ἱᾱòíñεε ὕòεεᾱᾱᾱε÷ᾱ ᾱᾱεᾱᾱε:

$$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g} - \text{ὕεᾱᾱᾱᾱð ἱᾱεᾱᾱᾱᾱᾱᾱᾱ - 1-1, 2-2, 3-3 εᾱñεᾱᾱεᾱðᾱ ὀᾱᾱεøεε ᾱñεεøòðεðᾱ εεᾱᾱòðεε ὕᾱðᾱεᾱᾱᾱᾱ;}$$

$\frac{P_1}{\gamma} K_{z1}, \frac{P_2}{\gamma} K_{z2}, \frac{P_3}{\gamma} K_{z3}$  -  $y\grave{e}a\grave{i}a\grave{i}o\grave{a}\delta\ \acute{i}u\grave{e}i\grave{=}a\ \acute{e}\grave{a}\grave{n}\grave{e}i\grave{e}\grave{a}\delta\grave{e}\ \acute{o}\grave{=}o\acute{i}\ \grave{n}\grave{i}\grave{e}\grave{e}\grave{o}\grave{e}\delta\grave{i}\grave{a}\ \grave{i}\grave{o}\grave{a}\grave{i}\grave{o}\grave{e}\grave{a}\grave{e}\ \acute{y}\grave{i}\grave{a}\delta\grave{a}\grave{e}\acute{y}$ ;

$\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}, \frac{P_3}{\gamma}$  -  $\acute{e}\grave{a}\grave{n}\grave{e}i\grave{e}\grave{a}\delta\grave{a}\grave{a}\ \acute{o}\grave{a}\grave{e}\grave{o}\grave{e}\grave{e}\ \acute{a}\grave{i}\grave{n}\grave{e}i\ \acute{a}\acute{e}\acute{e}\acute{a}\ \acute{e}\acute{o}\acute{i}\grave{a}\grave{a}\acute{e}\acute{a}\acute{i}\acute{o}\acute{a}\grave{=}e\ \grave{n}\grave{i}\grave{e}\grave{e}\grave{o}\grave{e}\delta\grave{i}\grave{a}\ \acute{y}\grave{i}\grave{a}\delta\grave{a}\grave{e}\acute{y}$ ;

$z_1, z_2, z_3$  - 1-1, 2-2, 3-3  $\acute{e}\grave{a}\grave{n}\grave{e}i\grave{e}\grave{a}\delta\grave{a}\grave{a}\ \acute{o}\grave{a}\grave{e}\grave{o}\grave{e}\grave{e}\ \acute{i}u\grave{e}\delta\grave{e}\grave{e}\grave{e}\ \acute{a}\acute{e}\acute{e}\acute{a}\ \acute{e}\acute{o}\acute{i}\grave{a}\grave{a}\acute{e}\acute{a}\acute{i}\acute{o}\acute{a}\grave{=}e\ \grave{n}\grave{i}\grave{e}\grave{e}\grave{o}\grave{e}\delta\grave{i}\grave{a}\ \acute{y}\grave{i}\grave{a}\delta\grave{a}\grave{e}\acute{y}$ .

$\acute{A}\grave{a}\acute{i}\acute{a}\acute{e}$ , суюқлик  $\acute{u}\grave{a}\delta\grave{a}\acute{e}\grave{a}\grave{o}\ \acute{u}\grave{e}\acute{e}\grave{a}, \acute{o}\grave{a}\acute{a}\acute{i}\acute{a}\acute{a}\ \grave{n}\grave{i}\grave{e}\grave{e}\grave{o}\grave{e}\delta\grave{i}\grave{a}\ \acute{e}\acute{e}\acute{i}\acute{a}\acute{o}\acute{e}\acute{e}\ \acute{a}\acute{a}\ \grave{n}\grave{i}\grave{e}\grave{e}\grave{o}\grave{e}\delta\grave{i}\grave{a}\ \grave{i}\grave{o}\grave{a}\grave{i}\acute{o}\acute{e}\grave{a}\acute{e}\ \acute{y}\grave{i}\grave{a}\delta\grave{a}\acute{e}\acute{y}\grave{e}\grave{a}\delta\ \acute{u}\grave{a}\delta\grave{a}\acute{e}\grave{a}\grave{o}\ \acute{a}\acute{a}\acute{i}\grave{i}\acute{e}\acute{a}\acute{a}\ \acute{u}\grave{c}\grave{a}\acute{a}\delta\grave{e}\acute{a}\ \acute{a}\acute{i}\delta\grave{a}\acute{e}\acute{e}, \acute{e}\grave{a}\acute{e}\acute{e}\acute{i}\ \acute{o}\acute{u}\acute{e}\acute{e}\acute{u}\ \grave{n}\grave{i}\grave{e}\grave{e}\grave{o}\grave{e}\delta\grave{i}\grave{a}\ \acute{y}\grave{i}\grave{a}\delta\grave{a}\acute{e}\acute{y}\ \acute{u}\grave{c}\grave{a}\acute{a}\delta\grave{i}\acute{a}\grave{n}\ \acute{a}\acute{u}\acute{e}\acute{a}\acute{a}\acute{e}$ .

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 оқимча учун Бернулли тенгламасини тузинг.
9. Идеал суюқликни тушунтиринг.
10. Идеал суюқлик учун Бернулли тенгламаси.

9 - МАЪРУЗА

МАВЗУ: Суюқликни тирқиш ва найчалардан оқиши.

Ўқув модул бирликлари::

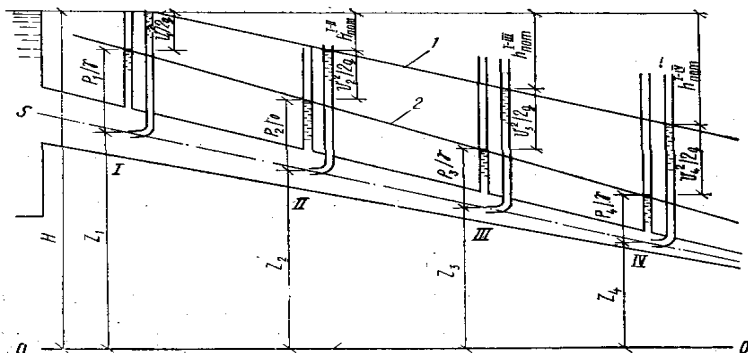
1. Тирқиш ва найча тушунчаси.
2. Суюқликни юпқа девордаги тирқишдан оқиши.
3. Суюқликни насадкадан оқиши.
4. Сиқилиш, тезлик ва сарф коэффициентлари.
5. Оқим техникаси хақида тушунча.

**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 топширик**

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



**Д\grave{a}\grave{a}\grave{e}\ \grave{n}\acute{o}\grave{r}\grave{k}\acute{e}\acute{e}\acute{e}\acute{e}\grave{a}\delta\ \acute{y}\acute{e}\acute{a}\acute{i}\acute{a}\acute{i}\acute{o}\acute{a}\delta\ \acute{o}\acute{k}\acute{i}\acute{m}\acute{c}\acute{h}\acute{a}\ \acute{o}\grave{=}o\acute{i}**

**\acute{A}\grave{a}\delta\acute{i}\acute{o}\acute{e}\acute{e}\acute{e}\ \acute{o}\acute{a}\acute{i}\acute{e}\acute{a}\acute{i}\acute{a}\grave{n}\acute{e}**

$\acute{Y}\grave{i}\acute{a}\acute{e}\ \acute{o}\grave{a}\acute{a}\acute{e}\ \text{суюқлик}\ \acute{y}\acute{e}\acute{a}\acute{i}\acute{a}\acute{i}\acute{o}\acute{a}\delta\ \acute{o}\acute{k}\acute{i}\acute{m}\acute{c}\acute{h}\acute{a}\ \acute{o}\grave{=}o\acute{i}\ \acute{A}\grave{a}\delta\acute{i}\acute{o}\acute{e}\acute{e}\acute{e}\ \acute{o}\acute{a}\acute{i}\acute{e}\acute{a}\acute{i}\acute{a}\grave{n}\acute{e}\acute{i}\acute{e}\acute{i}\acute{a}\ \acute{a}\delta\grave{a}\acute{o}\acute{e}\acute{e}\acute{e}\acute{i}\acute{e}\ \acute{=}e\grave{c}\acute{a}\acute{i}\acute{e}\grave{c}$ .



Áαδίοεεε οαίãεαíãñεää ðαçεεεεäðíε ùðòà÷à ðαçεεε v áεεαí æεíãøðεðεεääε. Áó ýñã Áαδίοεεε ðαίãεαíãñε ðíεääεαίεεεääεääí ùεñíãεäø εøεäðδεää εäòòà ùòεääεεεε ðóüãεðäãε. Áó ùíεää ýεαíãíòäð ìùεí÷à ããííãððεε äãεαíãεεεäε áúεε÷à εíòããðäε ìùεííεíã ùãðãεäò εãñεíε ìùεðεεε ìãðεãçεíεíã ããííãððεε äãεαíãεεεεää, áíñεí áúεε÷à εíòããðäε ýñã áíã øó ããííãððεε äãεαíãεεεääãε íóúòãã ùúεεεääí áíñεíãã áεεαíããε. Ýεαíãíòäð ìùεí÷ãíεíã 1-1 äã 2-2 εãñεíεãðδεää áíñεííεíã εãíãεεεøε áúεε÷à εíòããðäε ùãí ìùεí ó÷óí áíñεííεíã ùðòà÷à εãíãεεø ìεùãíðεää áεεαíããε. Ñíεεøðεðíã εεíãðεε ýíãðãεýíεíã εíòããðäεεíε ðαçεεεéíεíã ùðòà÷à ùεéíãòε áúεε÷à εεíãðεε ýíãðãεý áεεαí æεíãøðεðñãε, óíεíã ìεùãíðε εãíãεεã ùíεããε. Εíòããðäε ÷ãεñεç εùí ìεùãíðεãðíεíã εεüεíãεñε áúεããíε ó÷óí áóíε εεüεíãεεãð εãããðãðεãðεíεíã ìεñíεεã òððãíεç. Ìãñãεãí,  $u_{1\kappa} 10i/\tilde{n}$ ,  $u_{2\kappa} 11i/\tilde{n}$ ,  $u_{3\kappa} 9i/\tilde{n}$ ,  $u_{4\kappa} 12i/\tilde{n}$ ,  $u_{5\kappa} i/\tilde{n}$  áúεñεí. Ó ùíεää ùðòà÷à ðαçεεε:

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

ðαçεεεεäð εãããðãðεãðδεíεíã ùðòà÷à ùεéíãòε

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

ùðòà ðαçεεεéíεíã εãããðãðε ýñã  $v^2 \kappa 100i^2/\tilde{n}$ . Áóíããí εùðεíεã ðóðδεããεεε, ðαçεεεεäð εãããðãðεãðδεíεíã εεüεíãεñε ùðòà÷à ðαçεεε εãããðãðεεãí εäòòà ýεãí. Øóíããε ùεεεã, ùóεεãããε ðαíãñεçεεε ðùüðε ýεãíεεãéíε εùðεø íóíεεí:

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

Áó ðαíãñεçεεεéíε εíòããðäεεεäø εùεε áεεαí ùãí εñãíðεäø íóíεεí. (Áóíããε εñãíðíε ðãεãããεãðíεíã ùçεãðε äãããðδεεεøéíε ðãεεεð ùεεãíεç). Áó ðãðííε ðóçãðεø ó÷óí Áαδίοεεε ðαíãεαíãñεíεíã áεðδéí÷ε ùããεãã α εíýððεεεãíðεíε εεðεòãíεç. Áó εíýððεεεãíð ðαçεεεéíεíã áεð ðãεεñ ìεùãíðãã áúεíãñεεãéíε εñãíðεããε äã Εíðεíεεñ εíýððεεεãíðε äãã äòãεããε. Ó ùíεää

$$\alpha_{\kappa} \frac{\int_{\omega} \frac{u_2}{2g} d\omega}{\frac{v^2}{2g} \omega}$$

Øóíããε ùεεεã, ðñíðδεãããε áεðεεããíεãðããã ãñíñãí (3.47) ðαíãεãíã ùóεεãããε εùðδéíεøãã εãεããε:

$$\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} \kappa_{z1\kappa} \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \kappa_{z2\kappa} \kappa H_{1-2} \quad (3.48)$$

áó äðãã  $\alpha_1 \alpha_2$  - áεðδéí÷ε äã εεεεí÷ε εãñεíεãðãã ðαçεεεéíεíã ìòãεεñ ðãðñãεããíεíε ùεñíããã ìεóãã÷ε εíýððεεεãíð;  $I_{1-2}$  - áεðδéí÷ε äã εεεεí÷ε εãñεíεãð ó÷óí áíñεííεíã εãíãεεεøε.

Ìùεí ó÷óí Áαδίοεεε ðαíãεαíãñεää ùíεããí áíøùã ùããεãð ýεãíãíòäð ìùεí÷ã ð÷óí Áαδίοεεε ðαíãεαíãñεää ùãíããε äòãεñã, áó äðãã ùãí øóíããε äòãεããε. Áó ðαíãεãíã ãεãðíãéíãíεεã ìãñãεãããðδéíε ùãε ùεεεøãã ýíã íóúεí ðαíãεãíã áúεεã, ó äãðñãðíð ùãðãεãðεãð ó÷óí çεεεãí äã ðαçεεε ùãðãεäò εãñεíε áúεε÷ã ùãí÷ã εãí ùçããðñã, øóí÷ã εãí ðãðíεεε äãðããε.

### Реал газлар оқими учун Бернулли тенгламаси

Одатда, ҳаракат йўналиши бўйича босим камайиб боради. Суюқликларда ҳажмий сиқилиш коэффициенти  $\beta_p$  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 кўнгалданг кесими бўйича тезлик деярли ўзгармайди. Шунинг учун газларда  $\alpha \approx 1$  бўлади. Газлар учун тезлик, босим, соолиштирма оғирлик

тез ўзгаргани учун биринчи ва иккинчи кесим орасидаги масофани чексиз кичик  $\Delta l$  деб оламиз. У ҳолда Бернулли тенгламаси дифференциал кўринишда қуйидагича ёзилади:

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

бу ерда

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

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

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

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

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

Бу тенгликда биринчи, иккинчи ва тўртинчи интегралларни ҳисоблаш осон:

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

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

бўлади. Бу тенгликдан  $\gamma = p^{\frac{1}{2}} \frac{\gamma_0}{1}$

$\frac{1}{p_0^n}$

бу ерда  $n$  - политропия кўрсаткичи;  $\gamma_0$  - бошланғич ҳолатдаги солиштирма оғирлик;  $p_0$  - бошланғич ҳолатдаги босим. Охири муносабатдан фойдаланиб ва  $\gamma_0$ ,  $p_0$  ўзгармас эканлигини ҳисобга олиб, иккинчи интегрални қуйидагича ҳисоблаймиз:

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

дан яна бир марта фойдалансак, қуйидагини оламиз:

$$\int \frac{dp}{\gamma} = \frac{p^{\frac{1}{2}}}{\gamma} \frac{1}{1 - \frac{1}{n}}$$

Натижада (3.40) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

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

Тенгламани иккита кесим учун ёзамиз:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{n}{n-1} \frac{p_1}{\gamma_1} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{n}{n-1} \frac{p_2}{\gamma_2} + z_2 + h_{1-2} \quad (3.53)$$

Бу тенглама реал газлар оқими учун Бернулли тенгламасидир. Суюқлик учун Бернулли тенгламаси учта қиймат  $v$ ,  $p$ ,  $z$  ни боьлаган бўлса, бу тенглама тўртта

қиймат  $v$ ,  $p$ ,  $z$ ,  $\gamma$  ни боълайди. 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 маносини тушунтиринг.
5. Бернулли тенгламасини энергетик маносини тушунтиринг.
6. Реал суюқлик нима?
7. Реал суюқликлар учун Бернулли тенгламаси.
8. Геометрик. Пьезометрик ва тезлик баландликларини чизинг.
9. Кориолик коэффициентини топинг.
10. Газлар учун Бернули тенгламасини тузинг.

### 10- МАЪРУЗА

МАВЗУ: Қувурларни гидравлик ҳисоби.

Ўқув модуль бирликлари::

1. Содда ва мураккаб қувурлар ҳақида 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 қиялик, гидравлик қиялик, маҳаллий қаршилик, узунлик бҳйича йҳқотиш, сарф, тезлик, Вентури сарф ҳлчагичи, текис ҳаракат, Пьезометрик чизик, босим чизиги, ишқаланиш 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 чизигининг узунлик бирлигига тўғри келган пасайиши гидравлик қиялик деб аталади.

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

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

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

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

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

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

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

Перзаметрик қиялик  $I_p$  перзаметрик чизиқ эгри чизиқ бўлганда дифференциал кўринишда аниқланади:

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

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

### Гидравлик йўқотиш ҳақида тушунча.

#### Гидравлик йўқотишнинг турлари

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

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

- 1)  $P_1 \kappa p_1 \cdot S$  ва  $P_2 \kappa p_2 \cdot S$  - босим кучлари;
- 2)  $G \kappa \gamma S l$  - оғирлик кучи;
- 3)  $T \kappa \tau \pi D l$  - ишқаланиш кучидир.

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

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

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

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

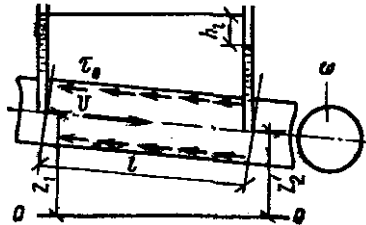
Бундан текис ҳаракат учун Бернулли тенгламаси келиб чиқади.

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

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

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

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



1.15-расм. Гидравлик йўқотиш тушунчасига доир

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

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

Умумий гидравлик йўқотиш бу икки йўқотишнинг йиғиндисига тенг

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

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

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

### Тезлик ва сарф ўлчаш усуллари ҳамда асбоблари

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

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

$$Q_K = \frac{V}{T}$$

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

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

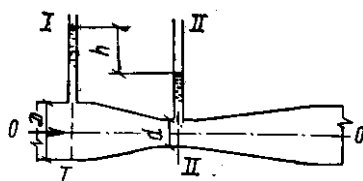
$$G_K = \frac{GV}{T}$$

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

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

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

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



1.16-расм. Вентури сув ўлчагичи

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

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

бундан

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

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

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

Узилмаслик тенгламаси (3.14) га асосан

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

у ҳолда

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

бундан 2-2 кесимдаги тезликни топамиз:

$$v_2 \kappa \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^2}} \quad (3.58)$$

У ҳолда сууюқлик сарфи қуйидагича аниқланади:

$$Q_{\kappa v_2 S_2 \kappa S_2} \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}} \quad (3.59)$$

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

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

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

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

бу ерда

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

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

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

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

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

$c_1$  коэффициент ҳар бир диафрагма учун тажриба асосида аниқланади.

5. **Вертушка** вал 2 га ўрнатилган айланма куракчалар 1 га эга бўлган билдирак бўлиб, асосий корпусга маҳкамланади. Вертушка сув оқимига тўғри йўналтирилиши учун корпус 4 га қанотча ўрнатилган. Вертушкadan ўтказгичлар 3 электр кўньи роқ отилган бўлиб, куракчалар айланганда электр занжирини туташтиради ва кўньи роқ жиринглайди ёки махсус сётчик айланиш сонини автоматик ҳисоблайди. Сувга туширилган вертушкаларнинг куракчалари сувнинг тезлигига қараб секинроқ ёки тезроқ айланади. Шунинг учун суюқликнинг тезлиги сётчикнинг кўрсаткичи ёки вақт бирлигида кўньи роқнинг жиринглаш сонига қараб аниқланади. Каналларда суюқлик сарфини топиш учун уларнинг кўнгдаланг кесимини  $\Delta S_1, \Delta S_2, \Delta S_3 \dots$  элементар юзаларга бўлиб чиқамиз. Бу юзаларнинг геометрик марказларида тезликларни вертушка ёрдамида ўлчаб, уларни юзаларга кўпайтирсак, ҳар бир кесим бўйича сарф келиб чиқади:

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

Каналда оқётган суюқлик сарфи бу сарфларнинг йиғиндисига тенгдир;

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

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  $h\kappa \frac{v^2}{2g}$ . Бундан тезликни топиш формуласи келиб чиқади:

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

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

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

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

Пито найчаси очик сиртли оқимларда тезликни ўлчаш учун қўлланилади.

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

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

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

$$v\kappa a \sqrt{2gh \left( \frac{\gamma_1}{\gamma} - 1 \right)} \quad (3.66)$$

бу ерда  $h$  - дифманометр найчаларидаги сатҳлар фарқи;  $\gamma_1$  ва  $\gamma$  - дифманометрдаги ва текшириляётган (оқаётган) суюқликлар солиштирма оғирликлари;  $a$  - тажрибадан топиладиган қиймати 1 дан 1,04 гача ўзгарувчи коэффициент. Прандтлр найчаси ёрдамида суюқлик оқими кесимининг ҳар хил нуқталарида тезликни ўлчаб, бу кесим бўйича тезликнинг ўзгаришини ва сарфини топиш мумкин.

Суюқлик ҳаракатининг тартиблари ва гидродинамик ўхшашлик асослари

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

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 хақида тушунча беринг ва гидравлик йукотишнинг турларини айтинг.**
10. **Маҳаллий қаршилик қандай вужудга келади.**
11. **Вентури сарф ўлчагич хақида тушунча беринг.**

МАВЗУ: Гидравлик зарба ходисаси.

Ўқув модуль 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 ҳаракат, турбулент ҳаракат, Рейнольдс сони, гидравлик радиус, диаметр, ёпишқоқлик, тартибли ҳаракат, уюрмли ҳаракат, Рейнольдс тажрибаси, критик Рейнольдс сони, критик тезлик.***

**Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.**

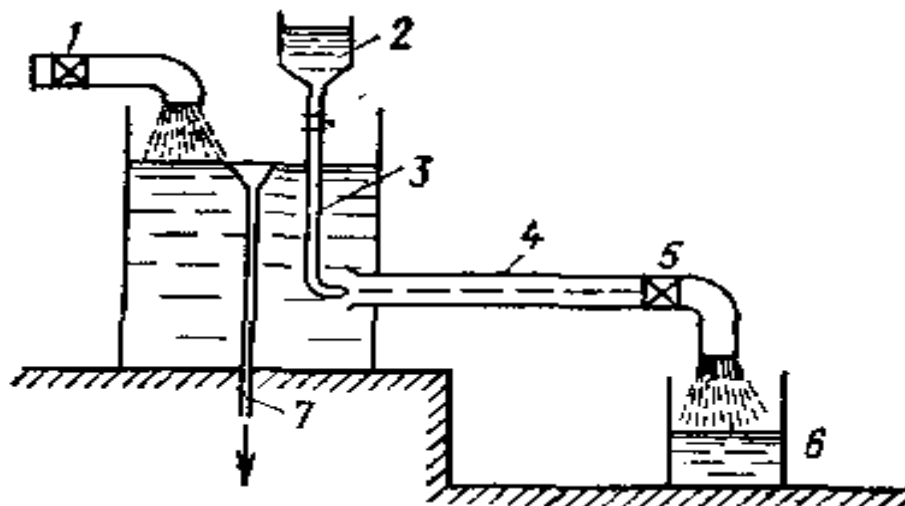
1. Сууюқлик ҳаракит тартибини аниқлаш нима учун зарур?
2. Рейнольдс критерийсини аниқлашнинг мақсади нима?
3. Турбулент ҳаракатда гидравлик қаршилик қандай ўзгаради?
4. Рейнольдс тажрибасини тушунтиринг?

### **Сууюқлик ҳаракатининг икки тартиби. Рейнольдс критик сони**

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

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

Агар ҳаракат фазосида бирор А нуқта танлаб олсак, шу нуқтада албатта сууюқликнинг бирор заррачаси бўлади. Ҳаракат натижасида бу заррача А нуқтадан силжиб унинг ўрнини учинчи заррача эгаллайди ва ҳоказо. Энди А нуқтага биринчи келган заррача ҳаракатланиб, бирор 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 чизиғи 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 трубаинг бошланғич кесимида шиша найча орқали рангли суюқлик келтириб кўшиб юборсак, ранг суюқликда аралашмасдан тўғри чизиқ бўйича оқим кўринишида кетади.

Агар суюқликнинг тезлигини ошириб юборсак, ҳаракат тартиби ўзгариб боради. Тезлик маълум бир чегарадан ўтганидан кейин, заррачалар кинетик энергияси кўпайиб кетиши натижасида, улар кўнгаланг йўналишда ҳам ҳаракат қила бошлайди. Натижада заррачалар ўзи ҳаракат қилаётган қаватдан кўшни 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 нуктадан ўтаётган зарраларни кўрсак, биринчи заррача В нуктага текис чизиқ билан эмас, қандайдир эгри-бугри чизиқ бўйича келади. Хатто у нуктага 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 турбулент ҳаракатда ихтиёрий А нуктадан ўтувчи ҳар бир суюқлик заррачаси В нуктага ўзига хос эгри чизиқ билан келади, баъзи заррачалар В нуктага келмаслиги ҳам мумкин. Юқорида айтилган усул билан трубада оқаётган суюқлик оқимининг бошланғич кесимида ранг кўшиб 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 ҳаркатиининг тезликнинг оқим ўлчамига кўпайтмасининг қовушқоқлик кинематик коэффицентига нисбатидан иборат ўлчовсиз миқдор характерлар экан. Бу миқдор олимнинг ҳурматида *Рейнолрдс сони* деб аталади ва формулаларда  $Re$  билан белгиланади. Цилиндрик трубалардаги оқим учун Рейнолрдс сони қуйидагича ҳисобланади:

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

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

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

бу ер  $d$  - трубанинг ички диаметри;  $d_{\text{экв}}$  - ўзан ёки ноцилиндрик трубанинг эквивалент диаметри:  $d_{\text{экв}} \approx 4R$ ;  $R$  - 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  $Re$  ошиши учун ё тезлик, ёки труба диаметри ортиш, ёки бўлмаса қовушқоқлик кинематик коэффициентлари камайиши керак.

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

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  $Re_{\text{кр.ю}} \approx 10000$  га тенг бўлади. Бу сонга қиёс қилиб, юқорида келтирилган критик сон Рейнолрдс қуйи критик сони  $Re_{\text{кр.к}} \approx 2320$  деб аталади. Рейнолрдс сони  $Re_{\text{кр.к}}$  дан кичик бўлганда барқарор ламинар ҳаракат бўлади, у  $Re_{\text{кр.ю}}$  дан катта бўлганда эса турбулент ҳаракат барқарорлашган бўлади. Агар Рейнолрдс сони бу икки миқдор ўртасида, яъни  $Re_{\text{кр.к}} < Re < Re_{\text{кр.ю}}$  бўлса, турбулент 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  $Re < 2320$  да

ўткинчи тартиб  $2320 < Re < 10000$  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 қаршилиқлар ҳам ҳаракат тартибига қараб ҳар хил ҳисобланади. Тажрибаларнинг кўрсатишича, ламинар ҳаракат вақтида босимнинг пасайиши ўртача тезликнинг биринчи даражасига

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

турбулент ҳаракатда эса унинг  $n$  - даражасига пропорционал бўлади.

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

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

## НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

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

## 12 - МАЪРУЗА

МАВЗУ: Гидромашиналар ва насослар, уларни гурухланиши ва ишлаш принципи  
Ўқув модул бирликлари::

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

### **Таянч сўз ва иборалар**

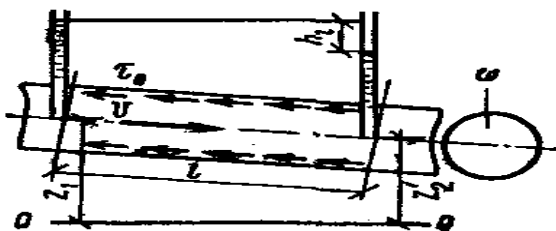
*Суюқликнинг текис ҳаракати, ўртача тезлик, ламинар ҳаракатда босимнинг камайиши, турбулент ҳаракатда босимнинг камайиши, гидравлик ишқаланиш коэффициентини, Шези формуласи, Блаузус формуласи, Дарси-Вейсбах формуласи, Алтишулр формуласи, Шевелёв формуласи, Шиф-ринсон формуласи.*

### **Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.**

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

### **Суюқликнинг текис (тенг уловчи) ҳаракатида босимнинг йўқолиши**

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



17-расм. Оқимга таъсир этувчи кучлар.

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

$$T \text{ қт } x \text{ l}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$V_1 = V_2 \quad \text{дан}$$

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

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

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

Труба ичидан радиуси  $Y$  га тенг ва узунлиги бўлган цилиндрик хажми ажратиб олайлик. Доиравий кесим учун гидравлик радиус  $R \approx Y/2$

$$\text{У холда } h_{mp} = \frac{\psi}{\rho g} \cdot \frac{2l}{Y}$$

Хусусий холда агар  $z_1 \approx z_2$  бўлса

$$h_{mp} = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{2\tau l}{\rho g Y} \quad (7)$$

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

$$\tau = \frac{\Delta P \cdot Y}{2l}$$

Уринма кучланиш  $\tau$  ўзгаришини чизикли эканини ҳисобга олсак  $U_{\text{к0}}$  да  $\tau_{\text{0к0}}$  ва труба деворида  $U_{\text{кг}}$  да  $\tau$  энг катта қийматга эга бўлади. Бундан  $\tau_r = \frac{\Delta P \cdot r}{2l}$  (7) тенгламадан кўринадики  $\frac{\tau}{\rho g}$  - ҳақиқий йўқолган энергияни ташкил этади.

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

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

Бунинг учун бир нечта эмперик формулалар мавжуд:

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

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

$$\frac{h_{1-2}}{l} = i \quad (i - \text{гидравлик қиялик}) \quad \text{эканини ҳисобга олсак} \quad (10)$$

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

Шези формуласи.  $C$  – Шези коэффиценти;

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

$\lambda$  - гидравлик ишқаланиш коэффиценти дейилади.

### Суёқликнинг турбулент ҳаракатидаги гидравлик қаршилик

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

Бундай ҳаракатларни эмперик ёки ярим эмперик формулалар ёрдамида ифодалаб келинади.

### Турбулент ҳаракатда гидравлик қаршилик топиш учун коэффиценти эмпериқ боғланишлар

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

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

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

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

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

Силлик трубалар учун яна Ибатулов ва Шишенколар ҳам узларининг қуйидаги  $Re$  қ 2500 – 5000 оралик учун формуласини чиқаришган

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

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

$$\lambda = \frac{1}{(0,81 \lg Re + 1,5)^2} \quad (4)$$

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

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

бу ерда  $Kэ$  – гадир будурликнинг эквивалентлик коэффиценти.

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

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

Шевелев Ф.А. ишқаланиш қаршилиқ коэффиценти  $\lambda$  учун қуйидаги формуларни таклиф этади (гидравлик силлик труба учун):

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

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

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

агар  $V < 1,2$  м/с бўлса

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

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

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

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

### ЛАМИНАР ХАРАКАТДА БОСИМНИНГ КАМАЙИШИ

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

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

$$dS_y = 2\pi Y dY$$

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

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

- ламинар ҳаракатда тезликни тарқалиш тенгламаси, стокс тенгламаси дейилади.  
Суюқликнинг халқадан утаётган элементар сарфи:

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

Трубанинг тўла кесимдан утган сарф:

$$(3)$$

(3) ни буклаб интегралласак

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

(4) тенгламанинг кавс ичидаги биринчи ифода нолга тенг, яъни  $U_{qr}$  да  $V_r \neq 0$ , у холда

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

Кучланишни тарқалиш қонунидан

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

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

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

(7) ни (5) га қуйсак

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

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

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

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

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

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

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

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

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

тенгламани Дарси-Вейсбах тенгламаси билан солиштирсак

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

### Назорат учун саволлар:

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

### 13 - МАЪРУЗА

**МАНЗУ:** 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 тарайиш, маҳаллий қаршилик коэффиценти и, Борд формуласи, Алртиул формуласи, диффузор, конфузор, диафрагма, Иделрчик формуласи, Вейсбах формуласи, бурилиш.*

**Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.**

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

Реал суяқлик ҳаракатида оқим узунлиги бўйича йўқолган напордан ташқари маҳаллий қаршиликлар бўйича ҳам босимни камайиши бўлади.

Маҳаллий қаршиликлар қуйидаги ҳолларда пайдо бўлади.

1. Суяқликни тезлиги ўзгарган 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

$$\text{ёрдамида хисобланади: } \Delta h_{\text{мк}\xi} \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

бу ерда  $\xi$  - маҳаллий қаршилик коэффициенти дейилади;

асосан  $\xi$  - тажриба бўйича аниқланади.

Алртшулр  $\xi$  ни аниқлаш учун қуйидаги эмпирик формулани таклиф қилади.

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

бу ерда  $\xi_k$  - турбулент ҳаракатининг квадратик зонаси учун маҳаллий қаршилик коэффициенти

**C – маҳаллий қаршиликнинг турига боғлиқ бўлган коэффициент.**

	C		C
Кескин кенгайиш	30	Пробкали қран	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 ҳаркат учун ҳозирча тўла ўрганилмаган. Турбулент ҳаркат учун хусусий ҳолларда ўрганилган ҳозир биз бир нета хусусий ҳолларни куриб чиқамиз.

1. Оқимнинг кески кенгайиши:

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

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

1. 1-1 ва 2-2 кесимларга тезлик текис таксимлашган бўлсин, яъни  $\alpha_1 \alpha_2 \kappa_1$ .
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.

$$p_1 \kappa p_1 s_1; p_2 \kappa p_2 s_2$$

$$t_1 \kappa Z_z \kappa 0$$

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

Суяқликнинг ҳаракат миқдорини ўзгариши  $\rho Q dt (v_2 \kappa v_1)$  (а)

Ишкалашни кучириш хисобга олмасак импулрс кучининг суяқлик ҳаракати йўналиши бўйича олинган проекциялари йиғиндиси

$(p_1 - p_2)S_2 dt$  (б) бўлади.

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

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

Бу ерда  $Q = S_2 \cdot v_2$  эканини ҳисобга олиб тенгликни  $\rho g$  га бўлсак

$$v_2 S_2 (v_2 v_1) / g K S_2 (p_1 - p_2) / \rho g$$

Яна  $S_2$  га қисқартирсак

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

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

Буни индекслар бўйича группаласак

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

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

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

(5) – Борд формуласи (1766 й).

Бу ерда  $v_1$   $s_1$  қ  $v_2$   $s_2$  эканини ҳисобга олиб

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

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

эканини топамиз: ёки

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

### Оқимининг аста-секин кенгайиши (диффузор)

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

$$\xi_{диф} = k \left(\frac{s_2}{s_1} - 1\right)^2$$

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

Бу ерда  $k$  - конуслик коэффиценти дейилади ва  $\alpha$  бурчакка боғлиқ бўлади. Масалан  $\alpha$  қ 0 да  $k$  қ 0;  $\alpha$  қ 30 да  $k$  қ 0,71;  $\alpha$  қ 60 да  $k$  қ 1,12;  $\alpha$  қ 90 да  $k$  қ 1,07.

Диффузор учун  $\xi$  коэффицент қуйидаги формуладан ҳам ҳисобланади

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

Бу ерда  $\alpha$  - ишқаланиш қаршилик коэффиценти:  $n$  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:

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

бу ерда  $\xi_0$  - кичик кесимга киришдаги ишқаланиши ҳисобга олувчи коэффициент;

$v_c$  - сиқилган кесимдаги суяқлик тезлиги.

Амалиётда купинча қуйидаги И.Е.Иделрчик формуласидан фойдалинади.

$$\xi_{к.т} = \frac{1}{s_1} \left(1 - \frac{s_2}{s_1}\right) / 2 \left(1 - \frac{n}{2}\right) \quad (9)$$

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

## Трубопроводник аста торайиши (конфузор)

Бу ерда ҳам қаршилик диффузордан кам бўлади.

$$h_{кон} = \frac{k}{2} \left(1 - \frac{s_2}{s_1}\right) \frac{v_2^2}{2g} = \xi_{кон} \frac{v_2^2}{2g} \quad (10)$$

бу ерда  $k_1$  - конфузор учун маҳаллий қаршилик коэффициентини

$\alpha$  - конуслик коэффициентини бўлиб бурчакка боғлиқ бўлади.

Конфузор учун қуйидагича ҳисобланади

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

3. Диафрагма

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

И.Е.Иделрчик формуласи

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

бўлса  $\xi \approx 0,5$  трубага кириш жойи эгри (киррали эмас) чизикли бўлса  $\xi \approx 0,04 - 0,1$  (ўртача  $\xi \approx 0,08$ )

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

7. Бурилиш.

Диаметри унча катта бўлмаган, кескин бурилишида:

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

эгри чизикли силлик бўлиши.

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

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.

**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.

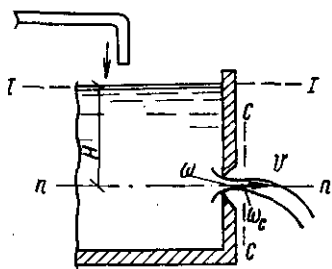
**Таянч сўз ва иборалар**

Сиқилувчанлик коэффиценти, тезлик коэффиценти, сарф коэффиценти, цилиндрик найча, конусли найча, коноидал найча, Бернулли тенгламаси, ўзгармас босим, сиқилиш коэффиценти, 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 коэффицентлари Рейнолрдс сонига қандай боғлиқ?
3. қайси найчада сарф коэффиценти катта бҳлади?
4. Суюқликни оқиб чиқишига ўзгарувчан босимнинг таъсири қандай?

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



**18-расм. Ўзгармас босимда суюқликнинг оқиб чиқиши.**

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

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

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

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

$$H_0 + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = (\alpha_2 + \xi) \frac{v_1^2}{2g}$$

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

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

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

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

$$v_2 \mu_2 \sqrt{2gH} \text{ ёки } v \mu_2 \sqrt{2gH} \quad (4)$$

агар  $P_1 < P_2$  бўлса  $H_0 = v \mu_2 \sqrt{2gH_0}$

Сууюқлик сарфи эса

$$Q = v \cdot S_c \cdot E S_0 \sqrt{2gH} = \mu \cdot S_0 \sqrt{2gH} \quad (5)$$

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

$\varphi$  ва  $\mu$  лар сууюқлик оқиб чиқаётган тиркишнинг турига ва идеал хол учун қурилган  $Re_d$  сонига боғлиқ бўлади.

Сууюқлик идеал бўлса  $\alpha_2 = 1$ ;  $\xi_2 = 0$ ;  $\varphi = 1$  бўлса

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

Идеал сууюқлик учун  $v \mu_2 \sqrt{2gH}$  - Торчелли формуласи

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

Ёпишқоклиги кам сууюқликлар учун  $R_{eu}$  етарли катта бўлади, шунинг учун  $E_k = 0,62 - 0,66$ ;  $\varphi = 0,96 - 0,98$ ;  $\mu_k = 0,60 - 0,64$ ;  $\xi_k = 0,068$

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

$R_e < 25$  бўлса  $E_k = 1$ ;  $\varphi_k$  бўлади

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

$$z_1 + \frac{zP}{\gamma} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + Eh = z_1 + \frac{P_2}{\gamma} + (\xi + \alpha_2) \frac{V^2}{2g}$$

Нок  $z_1 - z_2$  бўлса

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

$$\text{бу ерда } V = \frac{1}{\sqrt{\xi + \alpha}} \cdot \sqrt{2gH} = \varphi \sqrt{2gH} \quad (9)$$

Сууюқлик сарфи

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

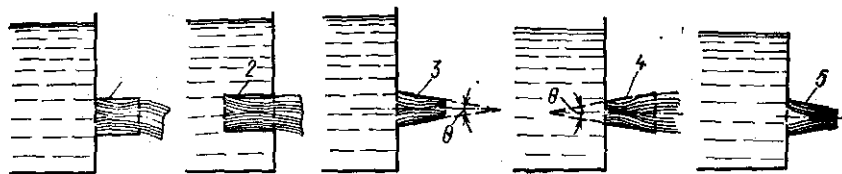
### Ўзгармас босимда сууюқликнинг найча орқали оқиб чиқиш

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

1) цилиндрик найчалар – ташқи цилиндрик ва ички цилиндрик

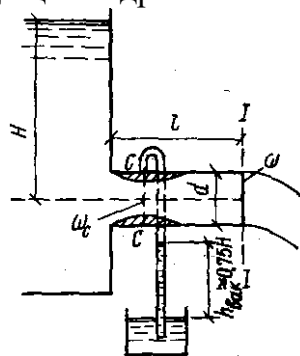
2) Конусли найчалар: конусли торайувчи ва конусли кенгайувчи найчалар

3) Коноидал найчалар



19-расм. Найча турлари

Ташки цилиндрик найчани кўрайлик



20-расм. Сукликнинг найчадан оқиб чиқиши.

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

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

марта куп бўлар экан. 1-1 ва 2-2 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзайлик:  $z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + \Sigma h_{1-2}$  бўлса

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

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

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

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

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

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

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

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

$$v_{кв} \sqrt{2gH}; v^2_{кв} 2gH$$

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

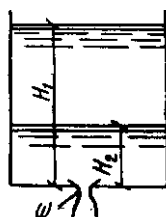
Агар  $u \approx 0,8$ ;  $E \approx 0,63$  деб олсак

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

Сарф коэффициенти

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

### Суюқликнинг ўзгарувчан (дам) босимда тешик ва найча орқали оқиб чиқиши



21-расм. Суюқликнинг босимда оқиб чиқиши.

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

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

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

Агар идишдаги суюқлик сатҳини бирор  $H$  масофадан  $H_1$  масофагача камайишини аниқламоқчи бўлсак

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

(16) тенгламани  $H$  дан  $H_1$  гача интегралласак

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

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

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

$$\text{ёки } t = \frac{2W}{Q}$$

#### Назорат учун саволлар:

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

6. Идишнинг бўшаш вақтни аниқлаш.
7. Сикилиш коэффициенти нима?
8. Суюкликнинг узгармас босимда окиб чиқишидаги тезлиги ва сарфи.
9. Узгармас босимда суюкликнинг найча орқали окиб чиқиши.
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 характеристикаси, талаб қилинган босим.

#### **Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.**

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

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

Қисқа трубопроводлар бед маҳаллий қаршилиги сезиларки бўлган трубопроводларга айтилади. Бундай трубопроводларга насоснинг сургли қисмидаги сурувчи трубопровод, двигателни совиниши учун суюклик узатилаётган трубопроводлар ёки ҳар хил машиналарни ёглаш учун ишляяпландиган ёғ узатувчи трубалар.

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

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

Узун трубопроводлар содда ва мураккаб трубопроводларга бўлинади.

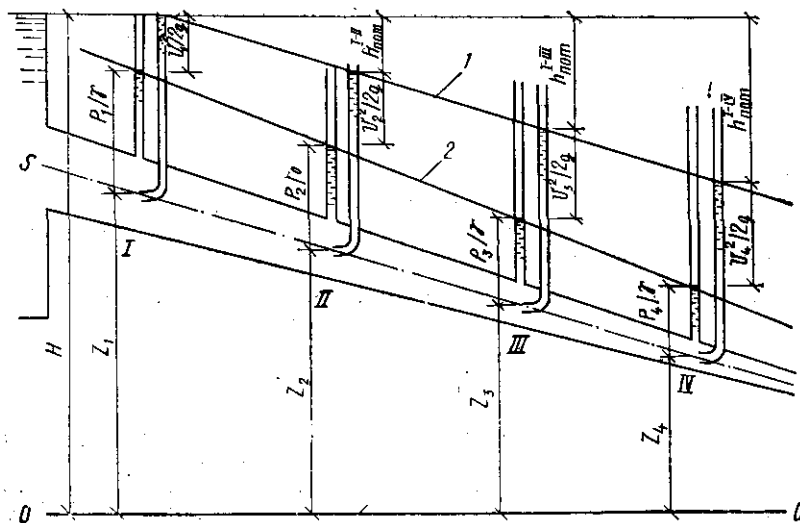
Содда трубопровод деб, тармоқлашган ва кесим юзаси ўзгармаган трубопроводларга айтилади.

Мураккаб трубопровод деб, тармоқланмаган кесим юзаси ўзгарган ёки тармоқланган 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.

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \Sigma h \quad \text{ёки}$$

$$\frac{P_1}{\rho g} = z_2 - z_1 + \frac{P_2}{\rho g} + \Sigma h \quad (1)$$

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

$$H_{m.k} = \frac{P_1}{\rho g} \text{ бу ерда } \Delta z = z_2 - z_1 \text{ десак}$$

$$H_{m.k} = \Delta z + \frac{P_2}{\rho g} - \text{сататик напор бўлади}$$

$$\Sigma h = K \cdot Q^m$$

бу ерда  $K$  – трубопроводнинг қаршилиги дейилувчи қиймат.  
 $m$  – даража кўрсаткичи бўлиб, суюқликнинг ҳаракат тажрибига қараб ҳар хил қийматига эга бўлади.

$$H_{k.t} = K_{ст} K_{к} \cdot Q^m \quad (2)$$

Агар маҳаллий қаршилиқни эквивалент узунлик билан алмаштирсак

$$l_{расч} = K_{к} l_{эқв}$$

у ҳолда ламинар ҳаракат учун

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

Демак

$$K = \frac{128 \nu l_{расч}}{\pi g d^4} \quad \text{мк1}$$

Турбулент ҳаракатли оқим учун

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

Демак

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

## Кетма-кет уланган трубопроводларнинг ҳисоблаш

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

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

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

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

$\alpha$  қ1 деб қабул қилсак

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

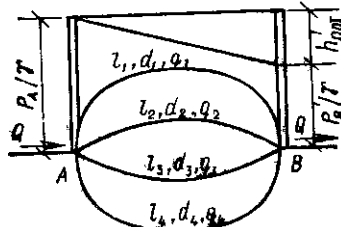
бу ерда

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

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

## Параллел уланган трубопроводларни ҳисоблаш

Трубопроводлар параллел уланганда суюқлик сарфлари йибилади, босимлари камайиши ҳар бир трубада бир хил бўлади.



23-расм. Параллел уланган трубалар

$$\left\{ \begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ \Sigma h_1 &= H_M - H_N \end{aligned} \right.$$

$$\Sigma h_2 = H_M - H_N$$

$$\Sigma h_3 = H_M - H_N$$

(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 трубопроводларда сарфлар кўшилади

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

М-М кесим ва охириги кесим учун Бернулли тенгламасини ёзсак

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

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

Худди шу каби

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

Юқорида кўрган 4 та тенгламада 4 та номаълум мавжуд

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

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

Назорат учун саволлар:

1. Оддий трубопроводлар ва мурқаб 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 қилинган босим.
9. Кетма-кет уланган трубопроводларни ҳисоблаш.
10. Параллел уланган трубопроводларни ҳисоблаш.
11. Трубопроводларнинг гидравлик характеристикаси.

## 16 - МАЪРУЗА

### **МABЗУ: Поршенли ва плунжерли насослар**

Ўқув модуль бирликлари::

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

#### **Таянч сўз ва иборалар**

Циркуляцияли трубопроводлар, насос, сҳрвчи геометрик баландлик, хайдовчи геометрик баландлик, сифон, талаб қилинган босим, характеристика, суюқлик сарфи, тезлик, қаршилиқ коэффициенти, Бернадо формуласи.

**Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.**

1. Насоснинг сҳрувчи ва босимли трубалари қандай ҳисобланади?
2. Ёпиқ циркуляцияли трубопроводларда нима учун кенгайтирувчи бак қўйилади?
3. Идишдан труба орқали хавога оқиб тушишида босим йўқолиши 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 ( $\alpha$  қ 1 деб олсак)

$$\frac{P_0}{\rho g} = H_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + \Sigma h_{0-1} \quad (10)$$

2-2 ва 3-3 кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзсак

$$\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} = H_2 + \frac{P_3}{\rho g} + \Sigma h_{2-3} \quad (11)$$

(11) тенгламанинг напор тарафи бирлик массага берилган суюқлик энергиясини ифодалайди.

Худди шу каби суюқлик энергияси насосга киришда (10) тенгламадан

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_0}{\rho g} - H_1 - \Sigma h_{0-1} \quad (12)$$

Насосда суюқлик энергиясини ўзгаришини қўйидагича ёза оламиз.

$$H_{нас} = H_{нас2} = H_{нас1} = \left( \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} \right) - \left( \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} \right) = H_1 + H_2 + \frac{P_3 - P_0}{\rho g} + \Sigma h_{0-1} + \Sigma h_{2-3}$$

ёки

$$H_{нас} = \Delta z + \frac{P_3 - P_0}{\rho g} + KQ^m$$

деб олсак

$$H_{нас} = \Delta z + \frac{P_3 - P_0}{\rho g}$$

$$H_{нас} = H_{СТ} + KQ^m$$

$$H_{нас} \approx H_{ТК}$$

Турбулент ҳаракатли ҳажмий насос учун характеристика

Ёпиқ система учун  $z$  қ 0 ва  $V_1 \approx V_2$  у ҳолда

$$H_{ТК} = \Sigma h = \frac{P_2 - P_1}{\rho g}$$

Ёпиқ циркуляцияси системада албатта кетайтирувчи бак бўлиши керак, бу бак насосдан олдим минимал босим бўлган жойга уналади.

Кетайтирувчи бак ҳисобига

$$P_1 = P_0 + H_0 \rho g$$

**Суюқликнинг бир идишдан иккинчи идишга оддий трубопровод орқали оқиб ўтиши**

Иккита А ва В катта хаттали идишлар (резервуар) берилган бўлсин

Бу идишлар узунлиги ва диаметри бўлган трубопровод орқали тупаштирилган. Энди шу трубопроводдан утаётган суюқликнинг сарфини ва тезликни топиш учун А ва В кесимлар учун О-О кесимча нисбатан Бернулли тенгламасини тузамиз.

$$z_a + \frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_a^2}{2g} = z_b + \frac{P_b}{\rho g} + \frac{V_b^2}{2g} + \Sigma h_{ab} \quad (1)$$

агар  $V_a$  ва  $V_b$  тезликларни бошқа параметрларга нисбатан жуда кичик деб олсак  $V_a \ll 1$  ва  $V_b \ll 1$  бўлади, бундан

$$\frac{V_a^2}{2g} \approx \frac{V_b^2}{2g} = 0$$

$$\Delta z = z_a - z_b$$

$$\Delta z + \frac{P_a - P_b}{\rho g} = \Sigma h_{a-b}$$

$$H = \Delta z + \frac{P_a - P_b}{\rho g} = \Sigma h_{ab}$$

Бу ерда  $\Sigma h_{a-b} = \Delta h_l + \Delta h_M$

$$\Delta h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$\Delta h_M = \Sigma \zeta \frac{V^2}{2g}$$

$$\Sigma h_{a-b} = \left( \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

(3) тенгламани (2) га куйсак

$$H = \left( \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

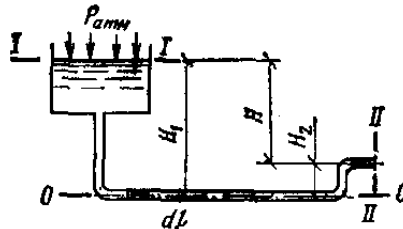
бу ерда трубопроводдаги суюқлик тезлиги V

$$V = \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH} \quad (4)$$

суюқлик сарфига эса

$$Q = \frac{S}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

### Суюқликнинг трубопровод орқали хавога оқиб чиқиши



24-расм.

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

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

Агар  $z_1 < H$  бўлса  $V_1 < 1$  бўлса яъни  $\frac{V_1^2}{2g} > 0$ ,  $V_2 < 0$ ,  $z_2 < 0$  бўлса, у холда

$$H + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

$$H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V^2}{2g} + \Sigma h_{1-2}$$

$$\Sigma h_{1-2} = \left( \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

У холда

$$H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V^2}{2g} + \left( \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g} = \left( 1 + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{V^2}{2g} \quad (7) \text{ дан}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{\left( H + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} \right) 2g} \quad (8)$$

агар  $P_1 < P_2 < P_{атм}$  бўлса у холда

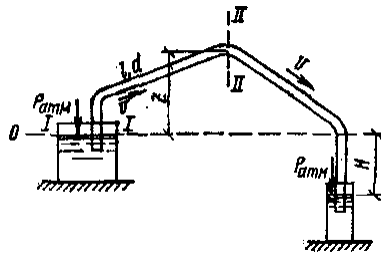
$$V = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

суюқлик сарфи эса

$$Q = VS = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \cdot \sqrt{2gH}$$

## Сифонли трубопроводнинг гидравлик ҳисоби

«Сифон» - сузи грекча бўлиб «трубка» – деган маънони англатади. Сууюқликнинг сатҳидан баландга трубопроводда сууюқликни қўтарилишга сифон дейилади.



25-расм. Сифонли труба

Агар  $n-n$  кесимида сууюқликнинг тинч ҳолатда деб фараз қилсак ва кесимининг чап тарафида  $P_1$  босим, уни тарафида  $P_2$  босим бўлади.

$$P_1 \leq P_0 K(-h \cdot \gamma)$$

$$P_2 \leq P_0 K(-h \cdot \gamma)$$

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. Сууюқликнинг бир идишдан иккинчи идишга трубопровод орқали оқиб ўтишини ҳисоблаш.
5. Сууюқликнинг трубопровод орқали очиқ ҳавога оқиб чиқиши.
6. Сифонли трубопроводлар.
7. Сурувчи (босимли) трубопроводларни ҳисоблаш
8. Хайдовчи (босимли) трубопроводларни ҳисоблаш.
9. Бир идишдан иккинчи идишга утувчи трубопроводларни ҳисоблаш.
10. Насосли трубопроводларни ҳисоблаш.

## 17 - МАЪРУЗА

МАНЗУ: Гидродинамик узатмалар

Ўқув модул бирликлари::

1. Гидродинамик узатмалар тушунчаси.
2. Гидроузатмаларни ишлаш принципи.
3. Гидроузатмаларни гурухланиши.
4. Гидроузатмаларни қўллаш соҳалари.

Таянч сўз ва иборалар

**Гидравлик зарб, тхлқин, тхлқин тезлиги, босимни ортиши, босимни камайиши, зичлик, гидравлик таран, сууюқлик тезлиги, зарб тхлқини, зарб босими, эластиклик босими, зарб босими, Жуковский формуласи, Гук қонуни, эластиклик модули.**

**Муаммоли вазият, савол ёки топшириқ.**

1. Гидравлик зарбни ҳосил бўлиши қайси омилга боғлиқ?
2. Гидравлик зарб труба материали ва девор қалинлигига қандай боғлиқ?
3. Гидравлик зарбнинг зарари ва ундан қандай сақланиш мумкин?
4. Гидравлик зарбдан қандай фойдаланилади?

## Гидравлик зарба ҳодисаси

Трубаларда гидравлик зарба ҳодисаси деформациялануви трубалардаги кам сиқилувчисуюқликнинг тезлиги ёки босими кескин ўзгарганида ҳосил бўладиган тебранма ҳаракатдан иборатдир. Бу ҳодиса тез содир бўлиб, босимнинг кескин ортиши ва камайиши билан характерланиди. Босимнинг бундай ўзгариши суюқликнинг ва труба деворларининг деформацияланиши билан боғлиқдир.

Гидравлик зарба кўп ҳолларда жўмрак ёки оқимнинг бошқарувчи бирор бошқа қурилманинг тез очилиши ёки ёпилиши натижасида содир бўлади. Унга бошқа ҳодисалар ҳам сабаб бўлиши мумкин. Трубалардаги гидравлик зарбани биринчи марта проф. Н.Е.Жуковский назарий асослаган ва тажрибада текшириб кўрган ва унинг «О гидрлическом ударе, номли асариди (1899 й.) эолон қилинган. Суюқлик  $v_0$  тезлик ва  $p_0$  босим билан ҳаракат қилаётган трубанинг охиридаги кран жўмрак «Ж» бир онда ёпилсин дейлик. У ҳолда кран (ёпилганидан сўнг) биринчи етиб келган суюқлик заррачаларининг тезлиги сўниб уларнинг кнетик энергиялари трубанинг деворларини ва суюқликни деформациялаш ишига айланади. Бу ерда гидравликнинг аввал кўрилган бўлимларидаги каби суюқлик сиқилмайди деб ҳисобламай, унинг сиқилиши оз миқдорда бўлса ҳам ҳисобга олишга тўғри келади, чунки шу сиқилиш катта ва чекли миқдордаги зарба босими  $\Delta p_3$  ни вужудга келтиради. Шундай қилиб жўмрак олдида ҳосил бўлган  $\Delta p_3$  қўшимча босимга мос равишда труба деворлари чўзилиб, суюқлик сиқилади. Жўмрак олдида тўхтатилган суюқлик заррачаларига қўшни бўлган заррачалар ҳам етиб келади ва уларнинг ҳам тезликлари сўнади.

Натижада босим ошиш чегараси (а-а кесим) жўмракдан таъминловчи идиш томонга, зарба тўлқинининг тезлиги деб аталувчи а тезлик билан силжиб боради. Босими  $\Delta p_3$  га ўзгарган соҳанинг ўзи эса зарба тўлқини деб аталади. Бу тўлқин идишга етиб борганда эса, суюқлик бутун труба бўйича тўхтаган ва сиқилган бўлиб, труба деворлари эса бутунлай чўзилган бўлади. Босимнинг зарбали ортиши  $\Delta p_3$  эса труба бутунлай тарқалган бўлади. Лекин трубадаги суюқлик кенг вазнли ҳолатда бўлмайди. Босимлар фарқи  $\Delta p_3$  таъсирида суюқлик трубадан идишга ооқа бошлайди. Бу оқим идишнинг бевосита олдида турган зарралардан бошланиб, унинг ченгараси (а-а кесим, тескари йўналишда) кран томонга а тезлик билан ҳаракат қилади ва кетида тикланган  $p_0$  босимли  $v_0$  тезликка эса суюқлик оқимин қолдиради. Суюқлик ва труба деворлари эластик деб қаралиб,  $p_0$  босими тикланиши билан ўз ҳолига қайтади. Деформация иши қайта кнетик энергияга айланиб, суюқлик яна аввалги  $v_0$  тезлигига эса бўлади ва тескари йўналишда оқа бошлайди. Суюқлик устуни ана шу тезлик билан оқишда давом этиб, жўмракдан узилишга интилади. Натижада крандан идишга а тезликда ҳаракат қилувчи манфий зарра тўлқини вужудга келади ва у босимни  $\Delta p_3$  га камайтириб, труба деворини торайтириб, суюқликни кенгайтиради. Суюқликнинг кинетик энергияси эса яна деформация ишига айланади, лекин бу иш энди манфий бўлади. Бу ҳаракат давом этиб бориб, манфий зарра тўлқини ҳам идишга етиб келади. Мусбат зарба тўлқинидаги бу каби ҳолат ҳам тенг вазнди бўлмайди ва натижада трубада яна босим тиклана бошлайди, суюқлик эса  $v_0$  тезликка эришади. Идишдан қайтган зарба тўлқини жўмракка етиб бориши билан жўмрак ёпилгандагина ўхшаш ҳодиса яна вужудга келади. Шундан сўнг бутун цикл такрорланади.

Н.Е.Жуковский тажрибаларида бундай циклнинг 12 марта такрорланиши қайд қилинган, лекин ҳар бир навбатдаги циклда, ишқаланиш кучи ва энергиянинг идишдаги суюқликка ўтиши натижасида  $\Delta p_3$  камайиб борган. Гидравлик зарбанинг вақт давомида ўтиши 50-расмда диаграмма кўринишда тасвирланган. Диаграмма жўмрак бир онда ёпилган деб қараб, жўмракнинг олдидаги к нуктадаги босимнинг назариядаги ўзгариши  $\Delta p_3$  туташ чизиқ билан тасвирланган. 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  $\Delta p_3 = 0$ ) ва шу ҳолда тескари тўлқин етиб келгунча  $\frac{l}{a}$  вақт сақланади.

Босимнинг ҳақиқий ўзгариши ҳам бўлиб, у пнуктир чизик билан ифодаланган. Бундай кўринадики ҳақиқий босим графиги тик ўзгаргани билан, бу ўзгариш кескин эмас. Бундан ташқариш, тебраниш сўниб боради, яъни унинг амплитудаси энергиянинг сарф бўлиш ҳисобига камайиб боради.

Гидравлик зарба вақтида бўладиган ўзгаришларни ва зарба кучини ҳисобга олиш учун зарба босими  $\Delta p_3$  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  $\Delta l$  бўлаги зарба таъсирида сиқилган бўлсин. У ҳолда суюқликка идиш томонидан  $P_1 \rho_0 S$  босим кучини, қран томонидан эса  $P_2 \rho_0 S \Delta p_3 \cdot S$  кучи  $dt$  вақт таъсир қилади. Суюқликнинг зарба етиб келмаган қисмининг ҳаракат миқдори  $\rho v_0 dx$ , зарба таъсири остидаги қисмининг ҳаракат миқдори  $\rho s \cdot Q \cdot dx$  бўлади. Шундай қилиб, кўрилатган ҳолда ҳаракат миқдорининг ўзгариши ҳақидаги теорема қўлланган мувозанат тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$(\rho_0 K \Delta p_3) S dt - d_0 S dt \rho v_0 dx$$

Бу тинглиқдан

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

ёки

$$\Delta p_3 \rho v_0 \frac{dx}{dt}$$

Бу ерда  $\frac{dx}{dt}$  - зарба тўлқининг тарқалиш тезлиги.

$$a \rho \frac{dx}{dt}$$

дан иборат ва охириги тенглама қуйидагича ёзилади:

$$\Delta p_3 \rho \cdot v_0 a$$

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 тўлқин тарқалиш тезлигини аниқласак, тезликни ўлчаб (зичлик жадвалларидани маълум), формула ёрдамида зарба босимини топа оламиз. Шунини айтиш керакки, а суюқликнинг ва трубанинг эластиклик хоссаларига боғлиқ. Бу боғлиқликни аниқлаш учун трубадаги суюқлик кнетик энергиясининг деформацияга сарф бўладиган ишга айланишини текширамиз. Радиуси  $R$  бўлган трубадаги суюқликнинг кинетик энергияси қуйидагича 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  $\Delta R$  йўлга сарф бўлган иш сифатини топамиз:

$$A_1 \kappa \frac{1}{2} \Delta p_3 2 \pi R l \Delta R$$

Гук қолнунига асосан

$$\sigma \kappa E \frac{\Delta R}{R}$$

Бу ерда  $\sigma$ -труба деворидаги нормал зўриқиш, у турабнинг қалинлиги  $\delta$  ва зарба кучи  $\Delta p_3$  билан қуйидагича боғланган:

$$\sigma \kappa \frac{\Delta p_3}{\delta} R$$

Бу муносабатлардан фойдаланиб трубани деформациялаш ишини қуйидагича ёзимиз:

$$A_1 \kappa \frac{\Delta p_0^2 \pi R^3 l}{\delta E}$$

Энди трубадаги суюқликни  $\Delta l$  масофадаги (52-расм) сиқиш иши  $A_2$  ни топамиз. Бунда сиқилган суюқлик сарфи  $S \cdot \Delta l$  десак,

$$A_2 \kappa \frac{1}{2} \cdot S \Delta l \Delta p_3 \kappa \frac{\pi R^2}{2} \Delta l \cdot \Delta p_3$$

Гук қонунига ўхшаш, суюқликнинг чизикли чўзилиши харба кучи билан қуйидагича боғланган:

$$\Delta p_3 \kappa \frac{\Delta l}{l}$$

бу ерда  $K$ -суюқликнинг эластикли модули. У ҳолда

$$A_2 \kappa \frac{1}{2} \frac{\Delta p_0^2 \pi R^3 l}{K}$$

Кинетик энергия  $A_1$  ва  $A_2$  ишларнинг қиёндисига тенг, яъни

$$\frac{1}{2} \pi R^2 \rho v_0^2 \frac{\Delta p_0^2 \pi R^3 l}{\delta E} \kappa \frac{\Delta p_0^2 \pi R^2 l}{K}$$

Бу тенгламани  $\Delta p_3$  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:

$$a \kappa \frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{K} + \frac{2\rho R}{\delta E}}}$$

Бу миқдорнинг ўлчови тезлик ўлчовига тенг. Унинг физик маносини аниқлаш учун трубани деформацияланмайдиган (яъни  $E \rightarrow \infty$ ) деб қараймиз. У ҳолда илдиз остидаги иккинчи ҳад нолга айланади ва

$$a \kappa \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

бўлиб қолади. Охирги формула зичлиги  $\rho$  ва эластикли модуоли  $K$  бўлган бир жинсли суюқлик учун товуш тезлигидан иборатдир. Шундай қилиб, трубаларда гидравлик зарба тўлқинининг тарқалиш тезлиги формула ёрдамида ҳисобланади. Бц тезлик сув учун 1435 м/с, бензин 1116 м/с, ёлар учун 1400 м/с деб тахминий ҳисоблаш мумкин. Албатта, трубаинг материалига қараб у кўпроқ ёки камроқ бўлади.

### **Гидравлик зарбани сусайтириш усуллари**

Гидравлик зарба таъсирини сусайтириш турли усуллари билан амалга оширилади.

Биринчи усул - жўмракнинг кескин очилиш ёки ёпилиш вақти  $t$  ни узайтириб,  $t > \frac{2l}{a}$  га тенг етказиш йўли билан тўғри гидравлик зарбани йўқотиб,  $\Delta p_3$  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<sup>2</sup> 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 эластик элементи пружина ва газ бўлган поршенли, мембранали ва клапанли сўнгдиргичлардир. Сўнгдиргичлар, одатда, зарба туъдирувчи (жўмрак) ёки зарбадан ҳимояланувчи қисм ёнига ўрнатилади. Улар ёрдамида зарба босимининг камайиши сўнгдиргичга суюқлик оқими билан бирга келган кнетик энергиянинг эластик элементлар томонидан ютилиш ҳисобига амалга ошади. Сўнгдиргичнинг эластик элементи қанча кўп деформацияланса, ютилган энергия ҳам шунча кўп бўлади. Шунинг учун эластик элементнинг эластик характеристикаси имкон берган чегарада мумкин бўлган деформациянинг ўзгармас бўлишига ҳаракат қилиш керак бўлади. Бу эса газли сўнгдиргичларда газ бўлмасини шундай танлаб олишни тақозо қиладики, зарба тўлқининг ютилишида босимнинг ўзгариши минимал бўлиши керак. Амалда бундай сўнгдиргичларда газ бўлмасининг ҳажми трубадаги суюқликнинг икки секундлик сарфига тенг қилиб олинади, бошланғич босими эса магистралдаги максимал босимдан кўпроқ бўлиши зарур.

Поршенли сўнгдиргичларнинг камчилиги уларнинг инетлиги бўлиб, бу поршеннинг массаси ва ишқаланиш кучига боғлиқлиги ва унга труба билан сўнгдиргични туташтирувчи каналдаги суюқликнинг инертлиги кўшилади. Бу кучлар зарба тўлқининг сўнгдиргич поршенининг таъсири натижасида гармоник тебраниш вужудга келишига сабаб ва натижада сўнгдиргич ҳамда трубадаги босим тебраниши кўшилиб, каналдаги босим зарба босимидан ошиб кетиши мумкин. Натижада сўнгдиргич зарба энергиясини ютиш ўрнига кучайтириш мумкин. Инертликни 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 эластик элементга таъсирини камайтириш ва унинг яқинроқ ишлашини таъминлаш учун суюқликнинг атмосферага оқиб кетишига хизмат қилувчи қисми бўлади.

Учинчи усул - гидравлик зарба пайдо бўлиши кутирадиган трубаинг узунлигини ошириш. Бу ҳолда қаршилиқ кучининг ҳисобига энергиякамайиши ва зарба тўлқини даврининг ортиши натижасида тўбри зарбани йўқотиш йўли билан зарба тўлқининг таъсири камайтиради.

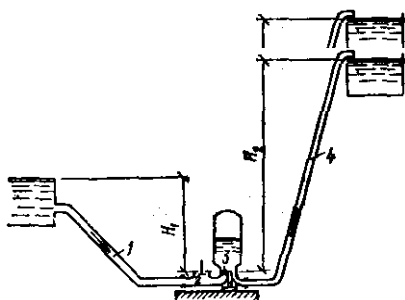
### Гидравлик зарбадан амалда фойдаланиш

Техникада баъзи ҳолларда гидравлик зарбадан ҳам фойдаланиш мумкин. Масалан, гидравлик зарба энергиясидан суюқликни юқороига кўтариш учун фойдаланилади. Шу мақсадда ишлатиладиган қурилма гидравлик таран дейилади.

Гидравлик тараннинг тузилиши жуда содда бўлиб, унинг асосий қисмлари ҳаво қалпоёи ва ҳабарчи калпандан иборатдир.

Таъминловчи идиш 1 дан труба 2 орқали оқаётган суюқлик 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 камайдик, клапан 3 пружинанинг қаршилини енгиб, тирқиш 4 ни ёпиб қўяди. Бу ёпилиш бир онда



54-расм. Гидравлик таран.

(секунтнинг кичик улушларида) бўлгани учун системада гидравлик зарба тарқалади. Гидравлик зарба босими таъсирида клапан 6 очилиб, ҳаво қалпоёига суюқлик зарб билан киради ва ундаги ҳавони сиқади. Шу билан бирга

зарба кучи суюқликнинг бир қисмини ҳайдаш труба 7 орқали қабул қилувчи идиш 8 га чиқариб беради. Гидротаран иш циклининг бу даври ҳайдаш даври дейилади. Зарба босими ҳаво қалпоёида сўниб ва труба таъминловчи идиш сатҳ баландлини  $H_1$  билан ифодаланувчи нормал бочим тикланади ёки тескари зарба ҳосил бўлиб, трубада босим камайд. Натижада клапан 3 очилиб, гидротаранда цикл яна такрорланиши учун шароит вужудга келади. Гидротаранларни ҳисоблашда фойдали иш коэффициентини аниқлаш учун Эйтелрвейн қуйидаги формулани таклиф қилган:

$$\eta_{\text{к1.12}} = 0,2 \sqrt{\frac{H_2 - H_1}{H_1}}$$

бу ерда  $H_1$ ,  $H_2$  - таъминловчи ва қабул қилувчи идишдаги суюқлик сатҳининг баландлиги.

Баъзида зарба босими  $\Delta p_3$  ни камайтиришдан кўра системанинг заиф қисмларининг мустаҳкамкамлигини оширишни афзал кўрилади.

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ:

1. Гидравлик зарбани ҳосил бўлиши.
2. Жуковский тенгламаси.
3. Гидравлик зарбадан фойдаланиш.
4. Гидравлик зарбани сусайтириш.
5. Ҳаво болишларини ҳосил қилиш.

6. Гидравлик зарбада босим фазалари.
7. Гидравлик зарбани сўниши.
8. Гидравлик зарб босимини сусайтириш.
9. Гидравлик зарб босимидан фойдаланиш хақида тушунча беринг.
10. Гидравлик зарбадан амалда 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 «Биолар ички водопроводи ва канализацияси»

В) КМК 2.04.03 – 97 «Сувоқава. Ташқи тармоқлар ва жиҳозлар»

Г) КМК 3.05.01 – 97 «Ички санитария – техник тизимлари»

Д) КМК 3.05.04 - 97 «Сув тарминоти ва сувоқава ташқи тармоқлари  
хамда 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.