

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА УРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

НИЗОМИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ
ПЕДАГОГИКА УНИВЕРСИТЕТИ



Н.А.МУСЛИМОВ, У.Қ.ТОЛИПОВ, Р.Г.ИСЯНОВ, Р.Б.ДАМИНОВА.

ГИДРАВЛИКА ВА ГИДРАВЛИК МАШИНАЛАР

(ўқув қўлланма)

ТОШКЕНТ - 2004

АННОТАЦИЯ

Гидравлика ва гидравлик машиналар фанидан ўқув қўлланма педагогика олий ўқув юртлари «Меҳнат таълими» ва «Касб таълими» йўналишлари ўқув дастурлари асосида ёзилган.

Ўқув қўлланмада суюқликларнинг физикавий хоссалари, гидростатика, гидродинамика асослари, ҳажмий ва куракчали насослар, насосларнинг тавсифномалари, гидроузатмалар ва гидроэлектростанциялар ҳақида маълумот берилган.

Ўқув қўлланма педагогика олий ўқув юртлари бакалавр таълим йўналишлари учун ёзилган бўлиб, касб - ҳунар коллеж ўқувчилари ва магистрантлар ҳам фойдаланишлари мумкин.

МУҚАДДИМА

Педагогик олий ўқув юртлири касбий таълим факультети талабаларини замонавий ишлаб чиқариш асосларини, техникавий таълимни ташкил этиш усулларини, меҳнат ва касб таълими тарбиясини, мактабда, касб-хунар коллежида ўқувчиларга хунар техника ўргатиш усулларини чуқур билишларига аҳамият бермоги ва ўқув жараёнини шу талабда ташкил этишлари зарур.

«Гидравлика ва гидравлик машиналар» фани «Машинашунослик» билан қаторида бўлганлигидан техниканинг тор соҳасини қамраб олмасдан, кенг қўламда ишлаб чиқариш ва автоматлаштириш соҳаларида улаанилади. Бу фанни касбий таълим факультетларида урганиганида, талабалар замонавий ишлаб чиқариш тараққиётининг бош йуналиши илан танишуви, амалиётда ишлаётган юксак унумдорликка эга бўлган прогрессив машиналар, роботлар, манипуляторлар, эгилувчан автоматик истемаларда турли-туман гидравлик қурилмаларнинг кенг улаанилаётганлиги билан танишади, улар ҳақида тушунча ва асаввурларга эга бўлади. Бу эса ёш ўқитувчининг мактаблар ва касб-хунар коллежларида касбий таълим тамойилларини жорий қилишга ярадам беради.

Мазкур қўлланманинг биринчи қисмида гидравликанинг назарий асослари, мувозанатдаги ва ҳаракатланаётган суюқлик қонунлари ритилган бўлиб, бу қонунларнинг айрим техникавий масалалар ечимини ониши, қўлланилиши баён этилади.

Иккинчи қисми гидравлик машиналарнинг турли хилларининг узилишини ва ишлаш принципини урганишдан ташқари, машиналарнинг амалдаги тадбиқи ҳам ёритилган. Бу қисмга киритилган татнини урганиш талабаларнинг автомобиль, трактор, турли хил теталарга кезиб ишлов берувчи дасттоҳлар, қишлоқ хўжалиги ва бошқа урда машиналарнинг тузилишини чуқурроқ урганиши осонлашади. Шунинг билан, илмий-техникавий жадаллаштиришнинг замонавий қарама-қаршиликларининг боришини, фандараро узвий боғланишнинг таъжудлигини билади, бу эса булажак ўқитувчи учун унинг мактабда, касб-хунар коллежида қийналмасдан ишлашига имкон яратади.

БИРИНЧИ ҚИСМ

ГИДРАВЛИКА

I боб

ГИДРАВЛИКАГА КИРИШ

I.I. "Гидравлика ва гидравлик машиналар" фанининг

мақсад ва вазифалари

Гидравлика ҳаракатланаётган ва мувозанатдаги суюқлик қонунларини ва бу қонунларнинг аниқ муҳандислик амалиёт масалаларини ечишга тадбиқ этиш усулларини ўрганадиган фандир. Гидравлика фани билан турли-туман гидравлик машиналарни (насослар, турбиналар, гидравлик узатма ва юритма) яратиш, тадбиқ этиш ва фойдаланиш соҳалари фанлари билан боғланган. Бу машиналар назариясини, уларнинг тузилишини ва ишлаш принципларини баё қилиш купчилик ҳолларда, "Гидравлика ва гидравлик машиналар" думумлаштирилган ҳолда келтирилади.

"Гидравлика" юнонча *hydor* – сув ва *aulos* – най сўзларида олинган қўшма сўзdir. Ҳозир бу тушунча анчагина кенгайган гидравлика нафақат трубадан (найда) ҳаракатланаётган суюқликни ўрганибгина қолмасдан, ҳар қандай турдаги ҳаракатларини ҳам ўрганади. Гидравлика фани бошлангич тараққиётида фақат назарий фан бўлган в суюқликлар мувозанати ва ҳаракатининг механикасини ўрганган. Бу фан мураккаб математик аппаратларни қўллаб, суюқликнинг физик хоссаларига нисбатан айрим фаразларни шартли қабул этиб, суюқлик ҳаракатини соддалаштирилган схемалар асосида қараб чиққан. Шунда булсада, бу фан методлари бир қатор муҳандислик амали масалаларининг ечимини топмаган. Шу сабабли фанинг муҳандислик амалий қисми – суюқликнинг техникавий механикаси, тараққий эти бошлаган. Натижада муҳандислик масалаларни ечишда гидравлик ҳодисаларга соддалаштириш усулини қўллаб, тажрибаларда аниқланган натижаларни назарий тенгламаларга мослаштириш учун уларни коэффициентлар киритиш йўли билан ечими топилган.

Ҳозир гидравликанинг айрим масалаларини ечишда бирдангина ҳа назарий, ва ҳам техникавий гидромеханика усулларидан фойдаланиш тўғри келяпти. Шу сабабли ягона фанинг иккита тармоғи орасидаги фарқ аста-секин йўқолиб бораёпти. Замонавий гидравлика фан мустақил, шаклланган илм тармоғи ва у техниканинг турли-туман соҳаларида қўлланилади. Масалан, нефть қазиб олишда, сув таъминотида суторишда ва ерларни мелiorациялашда гидравлика қонунлари асосид кўпгина муҳандислик масалалари ечилади.

Гидравлика қонунлари кўпроқ ўз тадбиқини магнитасозликда топди. Замонавий металл кесувчи дастгоҳ конструкциясини, темирчилик ва пресслаш асбоб-ускуналарини, металл ва пластмассадан деталларни қуйма усулда тайёрлашда қўлланиладиган қуйиш машиналарини металлургиядаги магнитогидродинамикани, гидравлик системаларини тасаввур этиш қийин. Замонавий автомобиллар, тракторлар, қишло хўжалиги ва йул қурилиши машиналарида ёқилгани, тоғутичиши в

ойловчи мойларни босим остида узатишда гидравлика қонунларидан енг фойдаланилади.

Гидравлик системалар замонавий чорвачилик ва паррандачилик ермаларида, агросаноат комплексининг ишлаб чиқариш булинмаларида енг тадбиқини топган.

1.2. Гидравлика тараққиётининг қисқача тарихи.

Инсон ҳаёти ва унинг фаолиятини ҳамма даврлари сув билан алоқадор бўлган. Қадим-қадим замонларда одамлар дарё ва энгизлардан алоқа йўллари сифатида фойдаланган ҳамда ерларни уғориш билан шугулланганлар. Куп йиллар муқаддам Урта Осиё ва Ингойда, Миср ва Месопотамияда, Рим ва Юнонистонда сувни кутариш ва узатиш узун тули хил гидротехника иншоотлар қурилган (каналлар, ўзгичлар, ер ости сув йўллари ва осма қувур (акведуки)). Археологик адиқотлардан маълумки, Троян даврида биргина Римда узунлиги 436 км бўлган 9 сув қувури бўлган. Аммо бу гидро иншоотларнинг гидравлик ҳисоб-китоблари бизгача етиб келмаган.

Гидравлика соҳасидаги биринчи илмий асар қадим юнон математиги ва механиги Архимед (тақ. 287-212 й.б.э.қ)нинг «Сузиб берган жисмлар ҳақида» трактати бўлиб, у эраимиздан тақрибан 250 йил муқаддам ёзилган. Суюқликка ботирилган жисмнинг мувозанати қонуни Архимед қонунидан очилган бўлиб, кейинчалик бу қонун кемаларнинг сузиши ва уларнинг устиворлиги ҳақидаги назариянинг асосини ташкил этди.

Буюк ўзбек олими, математиги, астрономи, физиги, философи Абу Райҳон Беруний (973-1048) суюқ ва қаттиқ моддалар зичликларини аниқлаган. Дарё узанларидаги суюқлик ҳаракатларини ўрганган.

Гидравлика, кейинчалик XIV-XVII асрларда тараққий этди. Италиялик буюк олим ва мўйқалам соҳиби Леонардо да Винчи (1452-1519) дарё ва каналлардаги суюқлик ҳаракати механизмларини, суюқликнинг гешик ва қувурлардан оқиб чиқиш жараёнини ўрганган, гидротехникавий иншоотларни қуриш билан шугулланган, гидравлик пресси ишлаш принципини исботлаган, марказдан қочма насосни ахтиро этган ва бошқа купгина гидравлик ҳодисаларни ўрганган. Бу даврга голландиялик инженер С.Стевин (1548-1620) ишлари ҳам мансуб: у текисликка суюқликнинг берган босимини аниқлади ва гидравлик қарадоксни таърифлаб берди.

Италиялик олим Г.Галилей (1564-1642) гидростатиканинг асосий қонунларини системалаштирди ва илк бор гидравлик қаршилик суюқлик эркин тезлигига ва зичлигига боғлиқлигини курсатди. Унинг ватандоши Э.Торричелли (1608-1647) эса суюқликнинг оқиб чиқиш тезлигини ҳисоблайдиган формуланинг математик ифодасини берди. Француз физиги ва математиги Б.Паскалнинг илмий ишлари гидравлика учун катта аҳамият кашф этади. Ташқи босимнинг суюқлик орқали узатилиш қонунини кашф этди ва бу қонун Паскаль қонуни деб юритилади.

Айниқса, буюк инглиз физиги, математиги, механиги ва астрономи И.Ньютон (1643-1727)нинг ишларини эътиборга олиб утинлар. Илк бор,

И.Ньютон суюқликнинг қовушқоқлиги тушунчасини фанга киритди гидродинamik ухшашликлар назариясига асос солди.

Бу даврдаги илмий тадқиқотларнинг ҳаммаси назарий руҳда тарқоқ ишлар эди. Фақат, XVIII асрнинг иккинчи ярмидаги йирик оли механиклари ва математикларидан энг аввало, Д.Бернулли ва Л.Эйлер илмий ишлари назарий гидромеханика ва гидравликанинг асоси бўлди.

Д.Бернулли (1700-1782) суюқлик ҳаракатининг асоси тенгламаларини чиқарди.

Д.Эйлер «Суюқлик ҳаракатининг умумий принциплари» асарини мувоzanатдаги ва ҳаракатдаги идеал суюқликнинг дифференци тенгламаси келтириб чиқарган.

Улуғ рус олими М.В.Ломоносов (1711-1765) физиканинг умуми муаммолари билан шугулланган бўлсада, суюқлик ва газлар ҳаракат масалаларига ва гидравликанинг амалий тадқиқоти катта эътибор берди. Ҳозирги замон гидравликасининг асосида М.В.Ломоносов томонида кашф этилган масса ва энергиянинг сақланиш қонуни ётади.

XVIII асрнинг иккинчи ярми ва XIX асрнинг боши sanoat ишлари чиқаришининг ўсиши ва техниканинг шиддатли ривожланиши билан характерланади. Гидравлика соҳасида яратилган илмий ишлар салмо муҳандислик масалаларини ечиш учун етарли булмаганидан ре суюқликнинг хоссаларини ҳисобга олувчи янгича илмий тадқиқотлар зарур бўла бошлади. Айни шу давр, тақрибан гидравлика тараққиётининг иккинчи даври – унинг амалий фанга айланиши ҳисобланади. Техникавий гидродинamikанинг шаклланишида франциялик олимлардан инженер-гидротехник А.Пито (1695-1799) узининг катта ҳиссасини кўчди. У кўпчиликка маълум ихтироси «Пито труба» билан танилган.

А.Шези (1718-1798) ҳаракатланаётган суюқлик тезлигини аниқлайдиган формулани исботлаб берди; Ж.Борда (1733-1799) эса оқ кескин кенгайганида суюқлик дамнининг йўқолишини (пасайишнинг ҳисоблайдиган тенгламани топишга муваффақ бўлди; италиялик профессор Д.Вентури (1746-1822) учлик найдан суюқликнинг оқиб чиқиш жараёнини ўрганди; Д.Вентури билан буюк немис олими Д.Вейсбах (1801-1871)нинг суюқлик ҳаракати бўйича яратган назарий ва амал (экспериментал) тадқиқотлари ҳозирги кунга қадар ҳам уз аҳамиятини йўқотмаган; инглиз олими О.Рейнольдс суюқлик ҳаракатидаги ик турдаги оқимни кашф қилди ва гидродинamik ухшашлик критериясини яратди; А.Прандтль (1875-1953) суюқликнинг тарбуле оқими назариясини тадқиқ этди.

Петербург фанлар Академиясининг фахрий аъзоси П.П.Мельник 1836 йил илк бор рус тилидаги гидравлика дарслиги «Амалий гидравлика асослари»ни нашр эттирди.

Атоқли рус инженери, Петербург фанлар Академиясининг фахр аъзоси, профессор Н.П.Петров (1836-1920) Ньютоннинг гипотеза асосида машиналарни гидродинamik мойлаш назариясини асослаб берди.

Гидравликанинг ривожига Н.Е. Жуковский (1847-1921) техникавий аэродинамика соҳасидаги ишлари билан салмоқли ҳисса қўшди ва гидравлик зарб ҳақида»ги илмий асарини 1899 йилда эълон қилди.

XX аср бошида гидравлика соҳасида турли хил ихтисослашган улашидаги тадқиқотлар шакллана бошлади. Бу даврда тадқиқотларнинг коллектив бўлиб олиб борилиши ва илмий мактабларнинг пайдо бўлиши, унга ҳос хусусиятлардан ҳисобланади.

Истеъдодли инженер ва олим В.Г.Шухов (1853-1939) нефть қузури (тефтепровод)ни ҳисоблаш усулини талқин қилди ва нефтни юқорига ўтарувчи ажойиб қурилма – эрлифтни ихтиро қилди. Н.Н.Павловский (1884-1937)нинг илмий тадқиқотлари гидравлик иншоотлар назариясини ва ҳисобини яратишда етакчи роль ўйнади.

Олимлар аҳли Москва, Оқ денгиз-Болтиқ, Волга-Дон, Фарғона, Имолий ва Жанубий Мирзачул каналлари; зарафшон, Қайроққум, Амбирравот, Чорвоқ, Сурхон, Каттақўрган, Чимқўрган, Қўйимозор, Гачкамар, Тошкент, Чорвоқ, Каркидон, Косонсой, Қоровултепа сув эмборлари, Волга, Днепр, Амударё, Сирдарё, Енесей каби улкан дарёлар заанларида туғонли ГЭСлари қурилди ва улар қишлоқ хўжалигини, ааноатни сув ва электр энергияси билан таъмишламоқдалар.

Гидроэнергетика тараққиётининг асосий таянчи мамлакатларда ашқил этилган кучли энергетик гидромашинасозлиги бўлди. Гидромашинасозлигининг юқори унумдорликка ва босимга эга булган насосларни, ҳажмий гидроюритмани ҳамда гидродинамик узатмачи тадқиқ этиб, уларни яратиш фан-техника амалиётида улкан суваффақиятлардан биридир.

Юқорида баён қилинган қисқагина тарихий тадқиқотлар натижалари асосида чиқарилган хулосадан «Гидродинамика»нинг ҳамма масалалари ўз ечимини тошган экан деган хулосага келиш нотўғри бўлади. Чунки узлуксиз муҳит – суюқликда кечадиган физикавий, механикавий ўрганилмаган жараёнлар ҳали талайгина. Ҳурматли ўқувчиларимиз ва тадқиқотчиларимиз ўз изланишларини давом эттиради ҳам янги хулоса, қонун устида ишлаб, фанга ўз ҳиссаларини қўшадилар.

1.3. Суюқлик ва унинг физикавий хоссалари

Табиятдаги моддалар агрегат ҳолатига кўра, қаттиқ, суюқ ва газсимон ҳамда плазма ҳолатида бўлиши мумкин. Бу моддалар ташқи температура таъсирида бир агрегат ҳолатидан иккинчисига ва аксинча ҳолатларга ўтиши мумкин. Қаттиқ жисм заррачалари зич жойлашганлиги сабабли улар кичик мусбат ёки манфий температураларда геометрик шакл ўзгартирмайди. Суюқликларнинг ҳам зарралари (молекулалари) зич жойлашган бўлса ҳам улар ташқи ҳарорат таъсирида ўзларининг агрегат ҳолатларини ва эгаллаган ҳажминини ўзгартиради.

Суюқлик-агрегат ҳолатларини маълум температура ва босимда ўзгартирадиган, шаклсиз, яидиш ҳажмида тўлдирадиган, оқувчанлик хоссасига эга булган ва сиқилмайдиган физикавий моддадир. Молекулаларининг тинч жойлашуви жиҳатидан қаттиқ жисмлар

ўхшасада, унинг молекулалари, ҳар доим битта нуқтада қўзғолмас ҳолда турмайди, у қўзғолувчан. Молекулаларнинг хаотик (бетартиб) ҳаракатланиши жиҳатидан суюқлик газларга ўхшаб кетади. Реал суюқлик жуда ҳам оз миқдорда сиқилади.

Суюқликларнинг айрим хоссаларини қисқагина қараб чиқамиз.

1. Солиштирма оғирлик. Ҳажм бирлигидаги модда оғирлик суюқликларнинг солиштирма оғирлиги деб аталади ва грекча γ харфи билан белгиланади. Юқорида айтилган таърифга асосан : формула 1.1.

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad (1.1)$$

бу ерда V - суюқлик ҳажми (бирлиги m^3) G - оғирлиги (бирлиги N) Солиштирма оғирликнинг ўлчов бирлиги СИ системасида

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

техник системада эса $\frac{кг}{м^3}$ бўлиб, улар ўзаро қуйидагича боғланган.

$$1 \frac{кг}{м^3} = 9,80665 \frac{H}{M^3}$$

Солиштирма оғирлик ҳажми аввалдан маълум бўлган идишдаги суюқликларнинг оғирлигини ўлчаш учун усули билан ёки ореометрлар ёрдами билан аниқланади.

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

$$\frac{\rho}{\gamma} = RT, \quad 1.2.$$

Бу ерда ρ - босим ($\frac{H}{M^2}$), T - абсолют температура, R - газ доимийси

$$(R_{\text{газ}} = 287 \frac{Жс}{кг \cdot град}, R_{\text{метан}} = 518 \frac{Жс}{кг \cdot град}).$$

Суюқлик солиштирма оғирлигининг 4С даги сувнинг солиштирма оғирлигига нисбати унинг нисбий солиштирма оғирлиги бўлади. Масалан, минерал мойнинг нисбий солиштирма оғирлиги 0,9 га тенг: $\gamma_{\text{н.с.б.}} = \gamma \cdot 0,9$

$$\frac{\gamma_{\text{н.с.б.}}}{\gamma_{\text{с.}}} = \gamma \cdot 0,9$$

2. Солиштирма ҳажм. Суюқликнинг оғирлик бирлигига тўғри келган ҳажми суюқликларнинг солиштирма ҳажми дейилади ва ҳажми оғирликка бўлиш натижаси билан аниқланади.

$$v = \frac{V}{G}, \quad 1.3.$$

(1.1) ва (1.3) формулалардан кўриниб турибдики,

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

солиштирма ҳажмнинг ўлчов бирлиги СИ системасида:

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

солиштирма ҳажм ҳам солиштирма оғирлик каби босим ва температурага боғлиқ:

$$\rho v = RT \quad (1.4)$$

3. Зичлик. Суюқликнинг ҳажм бирлигига тўғри келган тинч ҳолатдаги массаси суюқликнинг зичлиги деб аталади:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1.5)$$

Бу ерда M – суюқликнинг массаси.

Зичликнинг ўлчов бирлиги қуйидагича:

$$[\rho] = \left[\frac{M}{V} \right] = \frac{H \cdot C^2}{M^3}$$

Баъзан нисбий зичлик тушунчаси киритилади. Суюқлик зичлигининг сувники 4 С температурадаги зичлигига нисбати унинг нисбий зичлиги бўлади. (1.5) ва (1.1) лардан кўришиб турибдики, зичлик билан солиштирма оғирлик ўзгариш қуйидагича боғланган:

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

У ҳолда нисбий зичлик солиштирма оғирлик орқали қуйидагича ифодаланади:

$$\rho_{\text{нисб}} = \frac{M_{\text{суюқ}}}{M_{\text{сув}}} = \frac{G_{\text{суюқ}}}{G_{\text{сув}}} = \gamma_{\text{нисб}} \quad (1.7)$$

Зичлик температурага боғлиқ бўлиб, одатда, температура ортиши билан камайди. Бу ўзгариш нефть маҳсулотлари учун қуйидагича муносабат орқали ифодаланган:

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta_1(t - 20)} \quad (1.8)$$

Бу ерда t – температура (бирлиги С); β_1 – ҳажмий кенгайиш температура коэффициентини; ρ_{20} – суюқликнинг 20 С даги зичлиги суюқликнинг зичлиги бу ҳолдан мустақил бўлиб унинг зичлиги энг катта қийматга 4°С (аниқроғи 3,98 °С)да эга бўлади. Унинг температураси бундан ошса ҳам, камайса ҳам зичлиги камайиб боради.

4. Суюқликларнинг иссиқликдан кенгайиши. Зичлик иссиқлик ўзгариши билан ўзгариб боради. Демак, иссиқлик ўзгариши билан ҳажм ҳам ўзгаради.

Суюқликларнинг бу хусусиятларидан гидравлик машиналарни ҳисоблашда ва турли масалаларни фойдаланилади. Суюқликларнинг бу хусусиятларидан фойдаланиб, суюқлик термометрлари ва бошқа турли ўлчов асбоблари яратилган.

Суюқликларнинг ҳажмий кенгайишини ифодалаш учун ҳажмий кенгайиш температура коэффициентини деган тушунча киритилиб, α билан белгиланади. Бирлик ҳажмдаги суюқликнинг температураси 1 С га ошгандаги кенгайиш миқдорига унинг ҳажмий кенгайиш температура коэффициентини дейилади ва қуйидаги формула билан ифодаланади.

$$\beta_1 = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1.9)$$

Бу ерда $V = V - V_0$ – Қиздирилгандан кейинги ва бошланғич ҳажмлар айрмаси; $t = t - t_0$ – температуралар айрмаси.

5. Суюқликларнинг сиклиши. Техникада ва табиатда босим жуда ката ҳолда учрайди. Бунда суюқликнинг умумий ҳажми катта бўлса, ҳажмининг ўзгариши сезиларли миқдорга эга бўлади ва ҳисобга олинади.

Суюқликларнинг сиклишини ҳисоблашда ҳажмий сиклиш коэффициентини деган тушунча киритилади ва у β_2 билан белгиланади. Ҳажмдаги V билан

белгиланади) босимни бир бирликка оширганда суюқликнинг ҳажм бирлигини камайган миқдорни ҳажмий сиқилиш коэффициентини дейилади ва у қуйидаги формула билан ҳисобланади.

$$\beta_p = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta P} \quad 1.10$$

бу ерда $\Delta\rho = \rho - \rho_0$ ўзгарган ва бошланғич босимлар айирмаси β_p ҳам β_v каби кичик миқдор бўлиб ($t = 20^\circ\text{C}$ да сув учун $\beta_p = 4,9 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2 / \text{мн}$, минерал мойла учун $\beta_p = 6 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2 / \text{мн}$) кўп ҳолларда ҳисобга олинмайди.

Қовушоқлик ҳодисаси суюқликлар ҳаракатланаётганда намоён бўлади ва заррачаларининг ҳаракатланишига қаршилиқ кўрсатади. Қовушоқлик қанча юқор бўлса бу қаршилиқни енгиш учун сарфланадиган куч ҳам шунча катта бўлади. Қовушоқлик даражаси қовушоқлик коэффициентини деб аталувчи катталиқ билан ифодаланади ва у икки хил бўлади. Аниқланиш усулига қараб динамик ва кинематик қовушоқлик коэффициентлари деб аталади.

Суюқликни юзаси катта 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 пластинканинг F куч таъсирида олган тезлиги u бўлса, у билан ёнма – ён турган заррачалар ҳам у тезликка эга бўлади. Суюқликнинг қалинлиги бўйича бир қанча юққа қатламлар бор деб фарз қилсак, ҳар бир қатламда заррачалар тезлиги ҳам 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 асосидан u_1 масофада, устки сирти эса u_2 масофада бўлган суюқлик қатламини кўз олдимизга келтирсак юқорида айтилган сабабларга қўра унинг пастки сиртида тезлик u_1 юқори сиртида эса u_2 бўлади. Шундай қилиб олинган қатламнинг қалинлиги y бўйича суюқлик тезлиги $u_2 - u_1 = u$ миқдорга ўзгаради (яъни қатламнинг юқори сирти пастки сиртига нисбатан силжийди ва қатлам расмда кўрсатилгандек деформацияланади).

Силжиш бурчагини деб белгиласак силжиш катталиги $\tau_g \alpha = \frac{\Delta u}{\Delta y}$ бўлади. Қатлам қалинлигини чексиз кичрайтириб дифференциал белгилашга ўтсак, у ҳолда юқоридаги нисбат тезлик градиенти $\frac{\Delta u}{\Delta y}$ ни беради.

Суюқлик сиртидаги пластинкага қўйилган куч қанча катта бўлса силжиш шунча кўп бўлади бу эса қўйилган куч билан тезлик градиенти орасидаги боғланишни кўрсатади. Шундай қилиб, суюқликлардаги ички ишқаланиш кучи тезлик градиентига боғлиқ.

1686 йили И.Ньютон ана шу боғланишни чизиқли боғланишдан иборат деган гипотезани олдинга сурди. Бу гипотезага асосан, икки ҳаракатланувчи қатламлари орасидаги ишқаланиш кучи F қатламларнинг тегиб турган сирти S га ва тезлик градиенти $\frac{du}{dy}$ га пропорционал, яъни

$$F = \pm \mu \cdot S \cdot \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (1.11)$$

пропорционаллик коэффициенти μ динамик қовушоқлик коэффициенти деб қабул қилинган. Ҳақ бўлган ишқаланиш осонлаштириш учун ишқаланиш кучини бирлик юзига келтириб катталигига ёки гидравликада уришма кўрсаткичи

(ишқаланиш кучидан ҳосил бўлган зўриқиш) деб аталган катталikka ўтиш зарур бўлади. Бу катгалик грекча τ ҳарфи билан белгиланади:

$$\tau = \frac{F}{S} = \pm \mu \frac{du}{dy} \quad (1.12)$$

бундан мусбат ва манфий ишора тезлик градиентининг йўналишига қараб танланади.

(1.12) формуладан кўринадики ишқаланиш кучидан ҳосил бўлган зўриқиш тезлик градиенти (ёки тезликнинг нормал ҳосиласи) га тўғри пропорционалдир. Қовушоклик коэффициентининг бирлиги СИ системасида куйидагича бўлади:

$$[\mu] = \frac{[F]}{\frac{du}{dy}} = \frac{H \cdot C}{M^2}$$

СГС системасида эса $\frac{\text{дина} \cdot \text{с}}{\text{см}^2}$ билан ўлчанади.

Гидравликада кўпчилик ҳисоблаш ишларида μ нинг „ ρ “ га нисбати билан ифодаланувчи ва кинематик қовушоклик коэффициентини деб аталувчи катталикдан фойдаланиш қулайдир. Бу миқдор грекча ν ҳарфи билан белгиланади:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.13)$$

нинг СИ даги бирлиги $\frac{M^2}{C}$, СГС системасида $\frac{\text{см}^2}{C}$ билан ифодланади.

Сирт таранглиги.

Капиллярлик. Суюқлик сиртида жойлашган молекулаларнинг узаро тутуниш кучлари таъсирида кучланиш пайдо қилиш ҳодисасини сирт таранглиги деб қабул қилинган. Сирт таранглиги ҳар турли суюқликларда турлича ва у ташқи таъсирларга боғлиқ бўлади. Ташқи кучлар таъсири энг кичик бўлганида суюқлик кам энергия талаб этадиган сферик сирт ҳосил қилади. Сирт таранглик кучининг ташқи муҳит (идиш деворлари ва атмосфера ҳавоси) таъсирида ўз сиртининг геометрик (ботиқ ёки қавариқ) шаклини ўзгартиради.

Эгриланган суюқлик сирти остидаги босимнинг сирт таранглигига ва суюқликнинг радиусига боғлиқлигини Лаплас урганган.

$$P = P_0 + \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = P_0 + 2\sigma H$$

бунда σ - сирт таранглик коэффициентини, н/м; R_1 ва R_2 - бош эгрилик радиуслари, м; P_0 - суюқлик сирти текис бўлганида пайдо бўладиган босим, Па; $2\sigma H$ - қўшимча босим, Па. Суюқликларнинг сирти таранглик коэффициентини $\sigma = 0,07$ оралигида бўлади.

Физика курсидан маълумки, суюқлик молекулалари орасидаги узаро тутуниш кучлари идиш девори зарралари орасидаги кучдан катта бўлса, суюқлик идиш деворини ҳўлламайди ва уни сирти қавариқ, аксинча ҳолатда - ботиқ бўлади. Шу кучлар катталикларига қараб мос равишда суюқлик муҳитни ҳўллайди ёки ҳўлламайди.

Ўта тор цилиндрик найчалардаги суюқликлар баландликлари бир хил шароитда турлича бўлади ва туташ идишлардаги суюқлик баландлигидан катта бўлади. Ҳўллайдиган суюқликлар баландроқ, аксинча ҳўлламайдиغانлари пастоқ баландликка кўтарилади. Суюқликларнинг тор

цилиндрик найларда кўтарилиш ҳодисасини капиллярлик дейилади ва унинг баландлиги Жюрен формуласи билан ҳисобланади

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{R\rho g} \quad \text{ёки} \quad h = \frac{2\sigma \cos\theta}{\rho g d}$$

бунда h – суюқликнинг капиллярдаги баландлиги; R – найча рад ички радиуси, м; ρ – суюқлик зичлиги, кг/м^3 ; d – найча деворининг қалинлиги, м; g – эркин тушиш тезланиши, м/с^2 ; θ – чегаравий бурчак.

Ташқи кучлар – ўрганилаётган (тадқиқ этилаётган) ҳажмдаги суюқлик заррасига шу ҳажмни ураб турган суюқлик зарралари томонидан (кўрсатилаётган таъсирдир) қўйилган кучдир. Ташқи кучлар учта гуруҳга бўлинади:

Масса кучлари – Ньютоннинг II қонунига мувофиқ суюқлик массасига (ёки бир жинсли суюқлик ҳажмига) пропорционал кучдир. Бунга тезланиш билан тушаётган идишдаги нисбий мувозанатда бўлган суюқликнинг оғирлик ва инерция кучлари киради.

Сирт кучлари – тадқиқ этилаётган суюқлик ҳажми билан чегараланаётган сиртта йўналтирилган ва шу сирт майдонига пропорционал бўлган катталиқ. Масалан, суюқлик ичкарасидаги ҳажмга таъсир этаётган гидростатик босим ва суюқликнинг эркин сиртига йўналган атмосферанинг босим кучларидир; суюқлик ҳажми билан чегараланган идиш деворларининг реакция кучи; ҳаракатланаётган суюқликдаги ишқаланиш кучларини мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

Чизиқли кучлар – суюқлик ва газларнинг чегаравий нуқталарида пайдо бўладиган кучларни сирт таранглиги кучлари дейилади. Сирт таранглиги кучи суюқлик сиртига уринма бўлиб йўналган, шу суюқлик контурига эса перпендикуляр таъсир этади. Чизиқли кучлар асосан капиллярлик ҳодисаларида пайдо бўлади; уларни ўрганиш бу курсда қараб чиқилмайди.

Масса ва сирт кучлари гидромеханикада, одатда айрим ҳоллардагина қаралади, яъни мос келган бирликларда. Масса кучларини ўлчовчи масса ўлчови бирлигида, сиртники эса – майдон ўлчовига таалуқдир. Чунки масса кучи массанинг тезланишга кўпайтмасига тенг бўлганлиги аниқки, бирлик масса кучи ўз навбатида сон қиймати жиҳатидан унга мос келувчи тезланишга тенгдир. Бирлик сиртта тўғри келадиган сирт кучининг сон қиймати босим кучланганлигига тенг. Уни нормал ва уринма кучланганликларга ажратиш мумкин.

ГИДРОСТАТИКА АСОСЛАРИ

2.1. Суюқликка таъсир этувчи кучлар

Гидростатика – гидравлика фанининг бир бўлими бўлиб, суюқликларнинг мувозанати қонунларини ва шу қонунларнинг амалиётдаги тадбиқини урғанади.

Назарий механикадагидек, гидравликада ҳам суюқликка таъсир этадиган барча кучларни ташқи ва ички турларига ажратилади.

Ички эластиклик кучи – суюқлик зарралари орасидаги ўзаро таъсирланиш кучлари. Суюқликни узлуксиз муҳит деб қараганимизда суюқликнинг заррасини элементар ҳажм деб фарз этиш мумкин.

Таъсирларни шартли равишда боғланиш реакциялари билан алмаштирамиз. Бу реакциялар кучини гидростатик босим кучи дейилади. Гидростатик босим кучини аниқлаш учун суюқлик ичидан кичкинагина майдончани ажратиб оламиз (2.1- расм, а) ва шу майдон сиртига таъсир этаётган тенг таъсир этувчи кучларга бўлиб, ўртача гидростатик босим ифодасини топамиз:

$$P_{\text{урт}} = P/S \quad (2.1.)$$

булда P – куч, H ; S – юза, m^2 .

Агар S майдон нолгача камайганида P/S нисбати бирор чегаравий ҳадгача интилади:

$$P = \lim (P/S) \text{ чунки } S \rightarrow 0 \quad (2.2.)$$

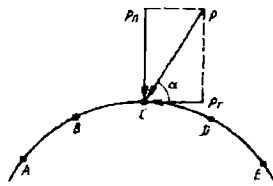
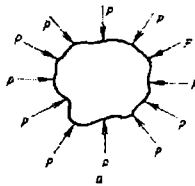
Бу нуқтадаги босим кучланганлигини гидростатик босим кучи ёки оддийроқ қилиб гидростатик куч дейилади.

Нуқтадаги гидростатик босимнинг абсолют қиймати босимнинг ўрта қийматига мос келади, яъни оғирлик маркази A нуқтасида бўлган урганилаётган майдоннинг майдон бирлигига тўғри келадиган босимдир. Ўртача қовушқоқликни ҳам идеал, ҳам реал суюқликнинг гидростатик босимининг учта хоссасини кўриб чиқамиз.

1 хоссаси. Гидростатик босим кучи ҳар доим ўзи таъсир этаётган майдончани перпендикуляр йўналишда сиқади ва суюқлик ҳажмининг ичкарисига йўналган бўлади.

Бу фикрни исботлаш учун 2.2-расмдан фойдаланамиз. Фараз қилайлик, $ABCDE$ эгри сиртининг C нуқтасига нормал йўналишида бўлмаган, аксинча α - бурчак остида йўналган, ҳамма кучларнинг тенг таъсир этувчиси бўлган P босим кучи таъсир этсин. Унда бу кучни икки ташкил этувчига ажратиш мумкин бўлади: нормал (P_n) ва уринма (P_τ) Маъаумки, суюқлик сиқилмайди, P_n – нормал кучининг сиртга таъсири суюқлик мувозанати шартини бузмайди. Ўз навбатида (P_τ) ташкил этувчи кучи эса C нуқтадаги суюқлик зарраларининг текисликка уринма йўналишида силжишга мажбур этади ва натижада суюқликни мувозанат ҳолатидан чиқариши ҳам мумкин.

Мувозанатдаги суюқликка уринма кучлари бўлиши мумкин эмас. Бундай ҳолат гидростатика шартига зиддир, демак, бу турдаги ташкил этувчи $P_\tau = 0$ демак, суюқлик фақат P_n кучи таъсир этади.



2.1-расм. Гидростатик босимни куриб чиқишга доир. а-суюқлик ҳажми ва ундаги реакция кучлари.

2.2-расм. Гидростатик босим-нинг биринчи хоссасияни куриб чиқишга доир.

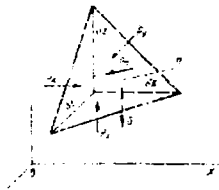
Энди, P_n кучини суюқлик ҳажмининг ичкарасига йўналганлигини исботлаймиз. Исботни тескарасига амалга оширамиз. Фараз қилайлик, вектор кучлари нормаль бўйича ABCDE сиртидан чиқаётган, яъни ташқарига вертикал йўналган бўлсин. Бунда суюқлик зарралари бу чўзувчи кучлар таъсиридан силжиши ва суюқликни мувозанатдан чиқариши мумкин. Мувозанатдаги суюқлик зарраси ташқи кучлар таъсирисиз ўз-ўзидан тинч ҳолатидан чиқмайди. Демак, юқоридаги бу фикр гидростатика шартига зиддир. Шунинг учун ABCDE сиртига нормаль йўналишда фақат P_n нормал кучи таъсир этади ва суюқлик ҳажмининг ичкарасига йўналган бўлади.

II хоссаси. Суюқликнинг исталган нуқтасидаги гидростатик босими майдонча ориентацияси (бурилиши)га боғлиқ эмас, яъни у ҳамма йўналишда бир хил қийматга эга.

Бу хоссани исботлаш учун x, y, z координата ўқларига қирралари параллел жойлашган, томонлари d_1, d_2, d_3 бўлган тетраэдр шаклидаги элементар ҳажми эгаллаган мувозанатдаги суюқликни қараб чиқамиз (2.3-расм). Координата ўқлари O_x, O_y, O_z йўналишида тетраэдр қирраларига нормаль таъсир этувчи гидростатик босимни, мос равишда P_x, P_y, P_z ва ds юзали қия қиррага таъсир этувчи гидростатик босимни P_n билан белгилаймиз. Унда тетраэдр қирраларига таъсир тувчи гидростатик босим кучи қуйидагига тенг бўлади:

$$dP_x = \frac{1}{2} P_x d_1 d_2, \quad dP_y = \frac{1}{2} P_y d_1 d_2, \quad dP_z = \frac{1}{2} P_z d_1 d_2, \quad (2.3.)$$

$$dP_n = P_n ds$$



2.3-расм. Гидростатик босимнинг иккивчи координатли урганишга доир.

Унда dS майдончасига таъсир этувчи P_n босим кучининг координатга текислигига проекцияси қуйидагига тенг:

$$P_n \cos(\hat{n}, \hat{x}) ds = \frac{1}{2} P_n d_1 d_2$$

$$P_n \cos(\hat{n}, \hat{y}) ds = \frac{1}{2} P_n d_1 d_2$$

$$P_n \cos(\hat{n}, \hat{z}) ds = \frac{1}{2} P_n d_1 d_2 \quad (2.4.)$$

Фараз қилайлик, урганилаётган суюқлик ичкарасидаги ҳажмгача бирлик масса кучлари таъсир этаётган, уларнинг ташкил этувчилари X , Y , Z ва N булсин. Тетраэдрнинг сгирлик кучини G билан белгилаймиз. Унда координатга уқларига ва нормал йўналишига мос келувчи G_x , y , z ва G_n ни сгирлик кучининг x , y , z уқларига ҳамда нормал n га проекциялари орқали ифодаланса, улар суюқлик зичлиги ρ ни ҳажмга $dv = dx dy dz$ га ва бирлик масса кучининг ташкил тувчилари кўпайтмаларига тенг бўлади:

$$G_x = \frac{1}{6} \rho d_1 d_2 d_3 \cdot X = \frac{1}{6} \rho dx x;$$

$$G_y = \frac{1}{6} \rho d_1 d_2 d_3 \cdot Y = \frac{1}{6} \rho dx y; \quad (2.5)$$

$$G_z = \frac{1}{6} \rho d_1 d_2 d_3 \cdot Z = \frac{1}{6} \rho dx dz;$$

$$G_n = \frac{1}{6} \rho d_1 d_2 d_3 \cdot N = \frac{1}{6} \rho dx dv_n;$$

Масса кучларининг x, y, z координатга уқларига мос келувчи проекциясини тенг ташкил этувчи кучи сифатида G_n (2.5) тенгламага киритилан.

Координатга уқларига таъсир этувчи кучлар проекцияларининг йўлгиндилари, суюқликнинг мувозанатлик шартига мувофиқ полга тенг ва уларни шунинг учун мувозанатлик тенгламалари орқали ифодаланнади:

$$\frac{1}{2} P_n dS_x - \frac{1}{2} P_n dS_y + \frac{1}{6} \rho dS_x = 0$$

(2.6.)

бунда $dS_x = dy dz$, $dS_y = dx dz$, $dS_z = dx dy$ бўлиб, тетраэдрнинг учта узаро қарама-қарши томоилари юзаларининг координатга уқларига проекцияларини ифодалайди; $\frac{1}{6}$ ва $\frac{1}{2}$ каср сонлари ҳамма кучларнинг тетраэдр олти томонини бирга прсекияланаётганлигини (олтита олтидан бир суммаси бирга тенг) ва икки қарама-қарши томонларнинг бирида бу

кучлар ўрганилаётганлигини (иккита иккигадан бир суммаси бирга тенг) билдиради. Шунинг учун (2.6) тенгламани координата ўқларига мос равишда, $\frac{1}{2}dS_x, \frac{1}{2}dS_y, \frac{1}{2}dS_z$, га қисқартириб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$P_x - P_n + \frac{1}{3}\rho X d_1 = 0$$

$$P_y - P_n + \frac{1}{3}\rho Y d_1 = 0$$

$$P_z - P_n + \frac{1}{3}\rho Z d_2 = 0$$

(2.7.)

агар тетраэдр томонларини, яъни унинг ҳажмини $dx dy dz = dv$ нолга ингилтирсак, (2.7.)ни қуйидагича ифодалаш мумкин.

$$P_x - P_n = 0; P_x = P_n \quad (2.8.)$$

$$P_y - P_n = 0; P_y = P_n$$

$$P_z - P_n = 0; P_z = P_n$$

Бундан $P_x = P_y = P_z = P_n$ тенглигидан гидростатик босимнинг иккинчи хоссаси исботланганлигини куринади.

III хоссаси. Нуқтадаги гидростатик босим унинг фазодаги координатасига боғлиқ. Нуқтавий ҳолатдаги суюқликнинг бу хоссасини исботлаш шарт эмас. Чунки, уз-ўзидан аниққи, нуқтани суюқлик тубига қараб чуқурроқ тушурган сайин, унинг устидаги гидростатик босими ортади ва аксинча, уни юқорига, яъни суюқлик сиртига томон кўтарсак, босим камаяди. Гидростатик босимнинг бу хоссасини математик усулда қуйидаги тенглама билан ифодেলাйди: $P = f(x, y, z)$

2.3. Суюқлик мувозанатининг дифференциал тенгламаси (Эйлер тенгламаси).

Ўрганилаётган мувозанатдаги суюқлик ичкарисидан параллелепед шаклидаги ҳажмчасини ажратамиз. Бу параллелепед қирралари dx, dz, dy ва томонлари x, y, z координата ўқларига параллел бўлсин. Параллелепед диагоналлари кесишган А нуқтада унинг огирлик маркази жойлашсин, ундаги босим P га тенг бўлсин. Ўрганилаётган жисм ичидаги суюқлик босими узлуксиз ўзгариб туради ва суюқликнинг учинчи хоссасига мувофиқ x, y, z координаталарига боғлиқ бўлади. Шунинг учун параллелепед қирралари марказларидаги босимлар ҳам мос равишда А нуқтадагидан $\frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial x} dx; \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial y} dy; \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial z} dz$ га кам бўлади. Ундаги

босим градиентлари x, y, z ўқлари йўналишида $\frac{\partial p}{\partial x}; \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial y}; \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial z}$ тенг бўлади.

Қирралар марказидаги гидростатик (P_1) босим, P -босимдан катта ёки кичик ($P_1 > P > P_1$) бўлиши қайси қиррани ўрганишимизга боғлиқ координата бошидан узоқ ёки унга яқинлик билан белгиланади. Ҳар бир қирра марказидаги гидростатик босим кучи қирранинг огирлик марказига қўйилган бўлиб, параллелепедни ураб турган суюқлик

таъсирини алмаштира олади ва суюқликнинг биринчи хоссасига мувофиқ бу куч ҳажм ичкарасига йўналган бўлади. Бу босим кучларини координата ўқлари йўналиши бўйича ва унга қарама-қарши бўлганида қўйидаги тенгликлар орқали ифодалаш мумкин:

$$dP_x = \left(p - \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dydz \quad (2.9.)$$

$$dP_x' = \left(p + \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dydz$$

$$dP_y = \left(p - \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial y} dy\right) dx dz$$

$$dP_y' = \left(p + \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial y} dy\right) dx dz$$

$$dP_z = \left(p - \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial z} dz\right) dx dy$$

$$dP_z' = \left(p + \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial z} dz\right) dx dy$$

Координата ўқлари йўналишига қарши йўналган босим кучлари векторларининг ишорасини манфий ва мос тушувчиларини эса мусбат деб қабул қилинган.

Ўрганилаётган ҳажм ичкарасига ташкил этувчилари X,Y,Z бўлган тенг таъсир этувчи оғирлик dG кучи таъсир кўрсатади. Бу оғирлик dG кучининг координата ўқларига проекцияларини қўйидагича ёзиш мумкин:

$$dG_x = \rho X dx dy dz \quad (2.10.)$$

$$dG_y = \rho Y dx dy dz$$

$$dG_z = \rho Z dx dy dz$$

Суюқликнинг мувозанатлик шартига мувофиқ ҳар бир координата ўқидаги ҳамма кучлар йигиндисининг проекциялари яъни (2.10.) ва (2.9.) алгебраик йигиндиси нолга тенг:

$$\left(p - \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dydz - \left(p + \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dydz + \rho X dx dy dz = 0 \quad (2.11.)$$

$$\left(p - \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial y} dy\right) dx dz - \left(p + \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial y} dy\right) dx dz + \rho Y dx dy dz = 0$$

$$\left(p - \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial z} dz\right) dx dy - \left(p + \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial z} dz\right) dx dy + \rho Z dx dy dz = 0$$

Юқоридаги (2.11.) тенглик қавсларини очиб, ихчамлаб ва уларнинг ҳар бир ҳадини координата ўқларига мос равишда, параллелепипед ҳажмидаги суюқлик массаси $\rho dx dy dz$ бўлиб, суюқлик мувозанатлигини ифодаловчи дифференциал тенгламалар системасини ҳосил қиламиз:

$$X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0; \quad (2.12.)$$

$$Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0;$$

$$Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0.$$

Бу дифференциал тенгнамаларни Л.Эйлер 1755 йили (48 ёшида) исботлаган бўлиб, унинг номи билан юритилади.

Суюқлик мувозанатлигини асосий дифференциал тенгнамасини топиш учун (2.12.) тенгнамалар системасини, координата ўқларига мос равишда, унинг ҳадларини dx , dy , dz кўпайтириб уларнинг алгебраик йиғиндисини оламиз ва соддалаштириб қуйидаги кўринишга келтирамиз:

$$Xdx + Ydy + Zdz - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) = 0. \quad (2.13.)$$

Мувозанатдаги суюқлик босими бир-бирига боғлиқ бўлмаган учта ўзгарувчан x, y, z координаталар функцияси бўлганлигидан (2.13.) тенгнаманинг чап томони $p = f(x, y, z)$ функциясининг тўла дифференциаллигига тенг. Шунинг учун (2.13.) тенгнамани қуйидагича ёза оламиз:

$$Xdx + Ydy + Zdz - \frac{1}{\rho} dp = 0 \quad (2.14.)$$

ёки

$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz).$$

Тенглик (2.14.)ни суюқлик мувозанатининг асосий дифференциал тенгнамаси дейилади.

2.4. Гидростатиканинг асосий тенгнамаси

Суюқлик мувозанатининг асосий дифференциал тенгнамасидан кўринадики, суюқлик фақат шу вақтдагина мувозанатда бўлар экан, агарда массавий кучлар потенциал билан тавсифланса.

Суюқликнинг эркин сирти ёки қатламлари орасидаги текис сиртидаги босим ўзгариши ($P_1 - P_2 = dP = 0$) нолга тенг бўлганида $P = \text{const}$ бўлади. Унда (2.14.) тенглама $\rho \neq 0$ ҳолат учун қуйидагича ёзилади:

$$(Xdx + Ydy + Zdz) = 0 \quad (2.15.)$$

Бу суюқликнинг тенг босимли сирт тенгнамаси. Суюқликнинг ҳамма йўналишлардаги масса кучлари бир хил бўла олмайди, чунки масса кучлари бу огирлик кучидир. Тезланиш бу эркин тушиш тезланиши - g . Шунинг учун танланган координата системасидаги бирлик масса кучининг ox , oy , oz ўқларига проекцияси қуйидагича тенг:

$$X = 0; Y = 0; Z = -g$$

Унда (2.16.) тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$-\rho g dz = 0 \quad (2.17.)$$

Демак, суюқликнинг исталган қалинликдаги горизонтал текислигидаги, яъни x ва y ўқи йўналишлари бўйича, босим $P = \text{const}$ бўлади.

Сууюқлик қалинлиги буйича, Z уқи йўналишидаги босимни аниқлаш (2.18.) шартидан фойдаланиб (2.15.)ни қайта ёзамиз:

$$dP = \rho z dz = -\rho g dz \quad (2.18.)$$

Бу шартдани интеграллаб ҳосил қиламиз:

$$P = \rho g z + C \quad (2.19.)$$

Сууюқликнинг эркин сирти учун Z ва P қийматларини, яъни $Z = Z_0$ ва $P = P_0$ қуйиб интеграллашнинг ўзгармас қиймати C ни аниқлаш мумкин бўлади. Унда $G = P_0 + \rho g Z_0$ бўлганлиги асосида (2.19.)ни қайтадан ёзамиз:

$$P = -\rho g z + P_0 + \rho g z_0 = p_0 + \rho g (z_0 - z) \quad (2.20.)$$

ёки

$$P = P_0 + \rho g h = p_0 + \gamma h$$

чунки $Z_0 - Z = h$

Чиданган (2.20.) ифода гидростатиканинг асосий тенгламаси бўлиб, у мувозанатдаги сууюқликда гидростатик босим тақсироти қонуниятини ифода қилади.

Юқоридаги (2.20.) тенгламани қайтадан гуруҳларга ажратиб ва ρg га бўлиб гидростатиканинг асосий тенгламасини бошқачароқ кўринишда яъни сууюқликнинг исталган чуқурликлари учун ёзиш мумкин:

$$Z + \frac{P}{\rho g} = z_0 + \frac{P_0}{\rho g} = \text{const} \quad (2.21.)$$

ёки

$$Z + \frac{P}{\gamma} = z_0 + \frac{P_0}{\gamma} = \text{const}$$

Бунда Z – геометрик баланглик;

ρ/γ – пьезометрик баланглик;

$z + P/\gamma$ – гидростатик дам (напор).

Тенглик (2.20.) ва (2.21.) дан маълумки, сууюқликнинг исталган нуқтаидаги босими унинг эркин сиртига таъсир этаётган атмосфера босими P_0 ва сууюқлик устуни ҳосил қилган гидростатик босимларининг йиғиндисидан тенг экан. Атмосфера босими P_0 сууюқликнинг исталган нуқтаида бир хил катталиқда таъсир этади ва ҳамма йўналишда бир хил узатилади (Паскаль қонуни).

Сууюқлик идиш деворларига нисбатан нисбий мувозанатда бўлсада, идиш билан биргаликда ҳаракатда бўлиши мумкин. Масалан, автомобиль бакедаги ёки карбюратордаги бензин у билан биргаликда ҳаракатланади, цистерна ёки айланма ҳаракатланаётган идишдаги нефть махсулоти ва ш.к. нисбий мувозанатдаги сууюқлик ҳисобланади.

Хусусий ҳоллар учун сууюқлик сатҳининг баланглигини жойлашувини кўриб чиқамиз: 1) Фараз қилайлик, зичлиги бўлган сууюқлик билан тўдирилган цистерна а тезланиш билан горизонтал ҳаракатланаётган бўлса (2,6 – расм). Бундай ҳолатда бирлик огирлик кучлари прорекциялари қуйидагига тенг бўлади:

$$X = -a; Y = a; Z = -g$$

Бу ҳолат учун суюқликнинг тенг босимли сирт тенгламаси (2.16) қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$-adx - g dz = 0$$

Интеграллагандан сўнг ҳосил қиламиз.

$$-ax - gz = c \quad (2.22)$$

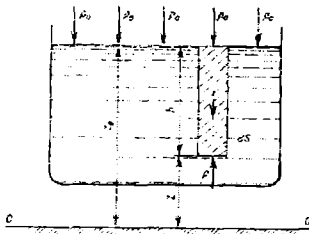
интеграллаш доимийсини (2.22) тенглигига чегаравий қийматларини $z = h$ ва $x = 0$ қўйиб, ундан топамиз. Унда, $C = gh$ сабабли $ax + gz = gh$ бўлади. Бундан

$$z = h - \frac{a}{g}x \quad (2.23)$$

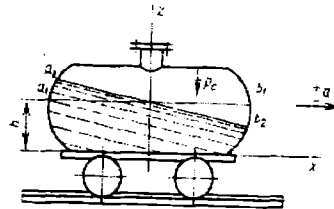
Бу (2.23) тенглиги суюқликнинг қия сатҳ ёки эркин сирт тенгламаси деб аталади.

Ҳаракат бошида, цистерна текис тезланиш билан ҳаракатланганида ичидаги суюқлик, унинг орқа деворлари томонига силжийди (2.6-расмга қаранг). Ҳаракатдаги цистернани тормозлаганимизда юқоридагининг акси бўлади, яъни олдинги деворга қараб суюқлик силжийди.

2) Устки қисми очиқ булган идишга бирор турдаги суюқликни маълум баландликкача қўйиб, уни идиш билан биргаликда узгармас ω бурчак тезлиги билан айлантирамиз (2.7-расм).



2.5-расм. Гидростатиканинг асосий қонуини ўрғанишга доир



2.6-расм. Идиш билан текис тезланучан ҳаракатланаётган суюқликнинг эркин сатҳининг кўриниши

Маълумки, идишнинг айланма ўқидан бирор g масофада жойлашган суюқликнинг m массали заррасига $m\omega^2 r$ марказдан қочма кучи ва mg оғирлик кучи таъсир қиладилар.

Бирлик оғирлик кучларининг координата ўқларига проекцияларини, урганилаётган ҳолат учун, қуйидагича ёзиш мумкин:

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

Бу ҳолат учун суюқликнинг тенг босимли сирт тенгламаси (2.16), қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\omega^2 x dx + \omega^2 y dy - \omega^2 g dz = 0 \quad (2.24)$$

ёки

$$\omega^2(xz + yz) - \rho z = 0$$

Келтирилган расмдин кўрinishи: гурибдики. $ax + ydy = r dz$ булган шайги учун (2.24.) қайтадан ёзамиз:

$$\omega^2 r dz - \rho dz = 0 \quad (2.25.)$$

Бу тенгликни интеграллаб ҳосил қиламиз:

$$\frac{\omega^2 r^2}{2} - gz = 0 \quad (2.26.)$$

Алар $r=0, z=0$ шарти бажарилса, интеграллаш доимийси $C=0$ булади. Унда $r = \omega^2 r^2 / 2g$ парабола тенглэмаси ҳосил булади, яъни узгармас бурчли тезлиги билан айланган суюқлик сатҳининг қундаланг кесими парабола шаклида булар экан. Тула сатҳ сирти қозон шаклида булади.

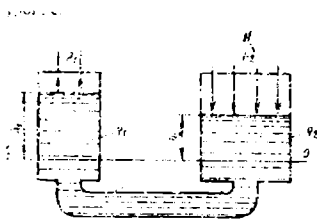
Шундай қилиб суюқликни эркин сиртининг исталган зарраси айланма ҳаракатланганида у узининг ҳолатини парабола қонунига мос равишда ўзгартиради

3) Устки қисми очиқ идишга суюқлик туладириб ўзи вертикал Z ўқи бўйича а тезланнш билан ҳаракатлантирамиз (2.7.а). суюқликнинг тенг босимли сиртини эниқлашда (2.16.) тенглигидан бирлик масса қуёқликнинг координата ўқларига проекцияларини оламиз:

$$0 = -g \pm a$$

Тезланиш а олдидаги «-» ва «+» ишоралари мос равишда идиш билан суюқлик юқорига ва пастга қараб текис тезланувчан ҳаракатланаётганини билдиради. Берилган ҳолат учун тенг босимли сирт тенглэмаси қуйидагича ифодаланлади:

$$(-g \pm a) dz = 0 \quad (2.27.)$$



2.8-рас. м. Идиш билан вертикал ҳаракатланаётган суюқликнинг эркин сатҳининг кўрinishи.

Чунки, $x=y=0$ Демак, $a \neq g$ шарти урилли булганлиги учун суюқлик айлангани узгармайди, яъни $dz=0, z=const$. Суюқлик сирти текис ҳолатни эгаллайди, чунки суюқлик сиқилмайди. Суюқлик идиш билан биргаликда вертикал текис тезланувчан ҳаракатланганида суюқликнинг асосий дифференциал тенглэмаси қуйидаги кўрinishга келади:

$$dp = \rho(-g \pm a) dz \quad (2.28.)$$

Урғунлаётган ҳолат учун: ёзилган суюқликнинг асосий дифференциал тенглэмаси (2.28) ни интеграллаймиз:

$$p = \rho(-g \pm a)z + c \quad (2.29.)$$

Эркин сиртнинг чегаравий шартлари $z = z_0$ ва $P = P_0$ асосида интеграллаш доимийси топилади. унинг катталиги тенгламага қўйилади ва соддалаштириб ҳосил қиламиз:

$$P = P_0 + \rho g (1 \pm \frac{a}{g}) (z_0 - z) \quad (2.30.)$$

Топилган тенглама (2.30.)дан кўринадики, суюқлик идиши билан вертикал текис тезланувчан ҳаракатланганида, яъни $a = const$ суюқлик босимининг тақсимоти чизиқли қонуният билан ифодаланади.

4) Ҳазаро аралашмайдиган суюқликлар битта идишга қўйилиб мувозанатлаштирилганда уларнинг эркин ёки чегаравий сиртлари, суюқликлар зичликларига мос равишда $\rho_1 < \rho_2 < \rho_1 < \dots < \rho_n$ юқоридан пастга қараб жойлашади. Зичлиги энг кам ρ_1 суюқлик идишнинг юқорисида ва зичлиги энг катта ρ_{n-n} - пастда қатлам ҳосил қилиб жойлашади. Чунки суюқлик узининг потенциал энергияси энг кам бўлган баландликда жойлашади. Шунда унинг оғирлик маркази идиш тубига яқин бўлади. Аралашмайдиган уч хил суюқликни қараб чиқамиз ва зичликларини мос равишда $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ деб қабул қиламиз.

Аралашмайдиган суюқликларнинг сиртлари баландлиги, оғирлик кучлари таъсиридан, Ҳазаро параллел текисликлар ҳосил қилади. Бу ҳолатни тенг босимли сирт тенгламаси (2.16.) таҳлиладан ҳам тушунса бўлади.

Бу аралашмайдиган суюқликлар (2.9-расм)нинг ҳар бирини ҳосил қилган босимини, яъни чуқурлик бўйича босим тақсимотини, гидростатиканинг асосий тенгламаси (2.20.)га мувофиқ, суюқликнинг эркин сиртига нисбатан жойлашган чуқурлигига боғлиқлигидан аниқлави мумкин. Демак, берилган учта турдаги суюқликлар учун қуйидагиларни ёза оламиз:

$$P_1 = P_0 + \rho_1 g h_1; \quad P_2 = P_0 + \rho_2 g h_2; \quad P_3 = P_0 + \rho_3 g h_3 \quad (2.31.)$$

Умумий босим

$$P = P_0 + \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3} g (h_1 + h_2 + h_3) \quad (2.32.)$$

тенг бўлади.

2.5. Босимни ўлчиш. Абсолют ва манометрик босим. Вакуум.

Атмосфера босимининг киймати босим ўлчанадиган нуқтанинг қандай баландликда жойлашувига боғлиқ ва у ер юзасидан узоқлашган сайин камайиб боради. Бу босимни барометр асбоби билан ўлчанганлиги сабабли гоҳо барометрик босим деб юритилади. Нормал атмосфера босими 98100 Па тенг.

Энг содда суюқлик барометри 2.9-расмда кўрсатилган. Бу ичидан ҳавоси сўриб чиқарилган ва бир учи кавшарланган шиша найчадир. Ичидаги суюқлиги ва учи очиқ томони билан суюқликка (симобга) ботирилади. Шиша трубага ботирилган суюқликнинг очиқ сиртига атмосфера босими таъсир этганлиги натижасида суюқлик (симоб) трубагани ичидан юқорига h баландликка кўтарилади. Суюқликнинг маълум баландликка кўтарилишини қуйидаги нисбатдан аниқланади:

$$h = P_{\text{ман}} / \rho \cdot g = P_{\text{ман}} / \gamma, \quad (2.33)$$

Агар шунча найча симоб билан тўлғазилган булса нормал атмосфера босимида ундаги симоб баландлиги қуйидагича бўлади:

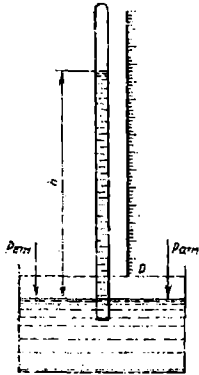
$$h_{\text{сим.н}} = 98100 / 133 \cdot 30,0 = 0,735 \text{ м. сим. уст.}$$

Найча сув билан тўлғазилганда эса:

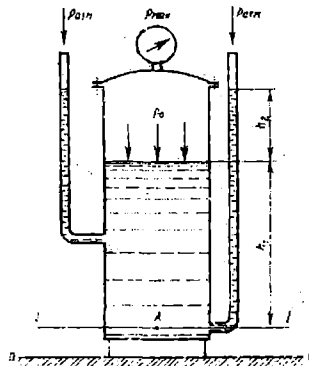
$$h_{\text{св}} = 98100 / 9810 = 10 \text{ м. сув. уст.}$$

Техникага гоҳо босимни ўлчада ўлчов бирлиги системасига киририлман ўлчов бирлигидан ҳам фойдаланади. Ўлчов системалари оралигидаги ўзаро нисбатларни (2% хатолик билан) тақрибан қуйидагича ифодалаш мумкин:

1 техник атмосфера = 1 кгс/см² = 10⁴ кгс/м² = 10⁵ Н/м² = 10⁵ Па = 10 бар. = 735 мм. сим. уст. = 10.000 мм. сув. уст. (2.34)



2.9-расм. Суюқликли содда барометр схемаси.



2.10-расм. Пьезометрлар билан босимни ўлчаш.

Гидростатик босимни ўлчада турли хил асбоблар ишлатилади. Уларни шаклий равишда икки гурпуга ажратиш мумкин: суюқликли ва механикавий. Энг содда суюқликли асбоб – пьезометрdir. Пьезометр икки томони ҳам очиқ шиша-найча бўлиб, унинг бир томони босим ўлчанадиган идишга уланади. Иккинчи очиқ томони эса атмосферага чиқарилади (2.10-расм).

Агар суюқликнинг эркин сиртига P_0 босим таъсир этаётган булса, 1-1 кесимида ётган ихтиёрий а нуқтасидаги босимни аниқлаш учун мувозанатлик тенгламаларини чизамиз. Идишдаги босим $P_1 = P + \rho h$ тенг бўлади. Пьезометрдаги босим эса $P_1 = P_0 + \gamma(h_1 + h_2)$ тенг бўлади. Бу тенгламаларни биргаликда ечиб яъни, гидростатиканинг асосий тенгламасини ҳосил қиламиз.

Пьезометрдаги суюқликнинг кўтарилган баландлиги идишдаги ошиқча босимни кўрсатади ва пьезометрик баландлик дейилади. Ошиқча босим (атмосфера босимидан ортиги)ни манометрик босим ҳам деб атайди. Ошиқча босимни ўлчайдиган пьезометр суюқликли энг содда манометрdir.

Атмосфера (барометрик) ва манометрик босимлар йигиндиси (сумма)ни абсолют босим дейилади.

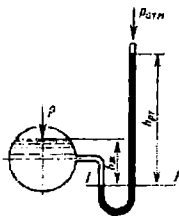
$$P_{\text{абс}} = P_{\text{бар}} + P_{\text{ман}} \quad (2.35.)$$

Пьезометр - ута аниқ ва сезгир асбоб бўлиб, катта бўлмаган (то 0,5 атм.) босимларни ўлчайди. Ошиқча босимни пьезометр билан ўлчаш ҳамма вақт ҳам мумкин эмас, чунки катта босимларни ўлчаш зарур бўлганида шиша трубача жуда ҳам узун бўлади ва уни ишлатиш анча қийинлашади. Шунинг учун катта босимларни ўлчашда суюқлик манометрлари ишлатилади. Уларда ошиқча босим, оғирроқ булган суюқлик, кўпинча симоб билан тенглаштирилади. Симобнинг солиштирма оғирлиги сувникидан 13,6 марта катта, шунинг учун ҳам симобли манометрнинг шиша найчаси пьезометрникига нисбатан тақрибан 13,6 мартага қисқароқ бўлиши мумкин.

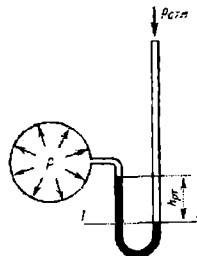
Сув тўлдирилган трубопроводни қараб чиқамиз. Шу трубопроводга U шаклидаги симобли шиша трубача уланган. 2.11-расм. Трубопроводдаги суюқликнинг P босими таъсиридан U шаклидаги шиша трубачанинг чап елкасидаги симоб трубача тирсагини ўнг елкасига оқиб ўтади. Расмда курсатилган 1-1 кесимидаги суюқликнинг мувозанати шартини қараб чиқамиз. Тирсакли трубанинг чап елкасини 1-1 кесимдаги босимни $P_1 = P - \gamma_c h_c$, ўнг елкасидаги босимни эса $P_2 = P_{\text{атм}} + \gamma_{\text{сим}} h_{\text{сим}}$.

Мувозанатлик $P_1 = P_2$ шартларига мувофиқ бу тенгламаларни биргаликда P нисбатдан ечганимизда ҳосил қиламиз.

$$P = P_{\text{атм}} + \gamma_{\text{сим}} h_{\text{сим}} - \gamma_c h_c \quad (2.35)$$



2.11. расм. Суюқлик (симобли манометр)



2.12. расм. Суюқлик (симобли вакуумли манометр)

Трубопровод ёки идишлардаги суюқликлар босими атмосфера босимидан кичик бўлганида уларни ўлчаш учун вакуумметрлар ишлатилади. Келтирилган 2.12-расмда симобли манометр билан вакуумни ўлчаш усули курсатилган. Бу манометрга симоб тўлғизилган U шаклидаги шиша трубачадир. Бу трубачанинг бир томони босими ўлчанадиган муҳит (резервуар, трубопровод ва ш.к.) га уланади, иккинчи очиқ томони атмосферага чиқарилади. Трубопроводга уланган елкасидаги симоб устуни билан ҳаво чегараси бўйлаб 1-1 кесимини олиб, шу кесим учун мувозанатлик тенгламасини ёзамиз: $P + \gamma_{\text{сим}} h_{\text{сим}} = P_{\text{атм}}$. Бундан

$$P = P_{\text{атм}} - \gamma_{\text{сим}} h_{\text{сим}} \quad (2.37.)$$

Демак, турбопроводдаги суюқлик босими P атмосфера $P_{\text{атм}}$ босимидан $\gamma_{\text{суюқлик}} h_{\text{суюқлик}}$ қийматга кичик экан. Атмосфера босимигача етмаган қийматни вакуумметрлик босим дейилади.

Тенгламадаги $h_{\text{суюқлик}}$ ни вакуумметрлик баландлиқ ёки вакуум баландлиги деб аталади ва уни $h_{\text{вак}}$ белгилайди. Тенглама (2.38.) дан ҳосил бўлади.

$$h_{\text{вак}} = (P_{\text{атм}} - P) / \gamma_{\text{суюқлик}} \quad (2.39)$$

Бу ҳолда абсолют босим барометрик (атмосфера) ва вакуумметрлик босимлар айирмасига тенг бўлади:

$$h_{\text{абс}} = P_{\text{бар}} - P_{\text{вак}} \quad (2.40)$$

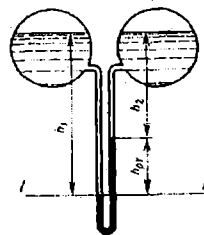
Икки идиш (трубопровод) ёки суюқлик оқимининг икки нуқталари орасидаги нуқталар фарқини зарур бўлганида дифференциал манометрик билан улчанади. Симобли дифференциал манометр ичига суюқлик (симоб) тўлдирилган U шаклидаги ингичка ва шкалали трубача булиб, унинг икки елкаси ҳам идишларга уланади. (2.13-расм.).

Шу манометрнинг чап елкасидаги симоб ва ҳаво чегараси бўйлаб ўтказилган 1-1 кесими учун суюқликнинг мувозанати тенгламасини ёзамиз: $P_1 + \gamma h_1 = P_2 + \gamma h_2 + \gamma_{\text{суюқлик}} h_{\text{суюқлик}}$

Бунда $P_1 - P_2 + \gamma(h_2 - h_1) + \gamma_{\text{суюқлик}} h_{\text{суюқлик}}$ Аммо $h_{\text{суюқлик}} = h_2 - h_1$ бўлса, $\Delta P = P_1 - P_2$; демак $\Delta P = (\gamma_{\text{суюқлик}} - \gamma) h_{\text{суюқлик}}$

Шундай қилиб $h_{\text{суюқлик}}$ улчанадиган нуқталардаги босимлар фарқини кўрстади.

Суюқлик турига мансуб асбоб-ларни, шунинг қаторида симоб-лисини, қўллаш ҳар доим ҳам мақсадга мувофиқ эмас. Бундай асбоблар, асосан лабораториялар-да, юқори даражадаги аниқлик талаб этиланида қўлланилади.



2.13-расм. Дифференциал манометр схемаси

Ишлаб чиқариш шароитида учрайдиган каттароқ босимларни ўлчашда кўпроқ механикавий манометрлар (пружинали ва мембранали) қўлланилади. Пружинали манометрлар амалий машгулотларда урганилади, шунинг учун уларни бу ерда қараб чиқилмайди. Трубасимон пружинали вакуумметр ҳам пружинали манометрга ўхшаш тузилган ва ишлайди. Трубасимон манометр ўзидан ҳавони сўриб чиқарилиши билан манометрдан фарқланади.

2.7. Ясси деворга суюқликнинг берган босими

Амалда, суюқликнинг уни ўраб турган сирт (девор)га узатган босим кучини аниқлаш зарур бўлади, масалан, резервуар деворларига узатилган

кучини горизонтта нисбатан бирор α бурчак остида жойлашган ясси деворга суюқликнинг берган босимини қараб чиқамиз (2.14-расм.). Масалан, асосан босим кучини, унинг йўналишини ва қўйилган нуқтасини аниқлашдан иборат. Координата системасини шундай танлаймизки, x ўқи девор сиртига перпендикуляр у ўқи эса сирт бўйлаб йўналган бўлади, координата ўқларини боши этиб суюқликнинг эркин сирти билан девор сиртининг кесишган нуқтаси танланади. Агар суюқлик шакли носимметрик бўлса, у ҳолда уч ўлчовли координата системасини олиш керак бўлади.

Маълумки, гидростатик босим, у таъсир этаётган майдонга нормаль йўналган бўлади. Девор сиртининг исталган нуқтасидаги гидростатик босимни гидростатиканинг асосий тенгламаси $P = P_0 + \gamma h$ га мувофиқ аниқлашни эътиборга олиб, ясси девор сиртини элементар ds юзачали булакчаларга ажратиб, шу элементар ds майдончадаги босим кучини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$dp = p ds = (p_0 + \gamma h) ds \quad (2.41.)$$

бунда h -суюқлик ичкарасидаги ds майдончанинг ботирилиш чуқурлиги (майдонча юзасининг кичиклиги сабабли, унинг қиялиги эътиборга олинмайди).

Деворнинг тўла сиртига суюқлик томонидан берилган босим кучини элементар dp кучларини қўшиб, яъни юқоридаги (2.42.) ифодасини S майдон бўйича интеграллаб аниқлаймиз:

$$P = \int_S p dS = \int_S P_0 dS + \int_S \gamma h dS = P_0 S + \gamma \sin \alpha \int_S y ds \quad (2.43.)$$

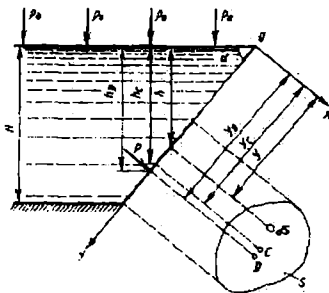
бунда y - ds майдонча координатасининг маркази; $h = y \sin \alpha$.

Назарий механика курсидан маълумки, $\int_S y ds$ ифодаси OX га нисбатан ds майдончанинг статик моменти ва S майдоннинг y_C огирлик маркази координатаси кўпайтмасига тенг, яъни $S y_C = \int_S y ds$, аммо $y_C \sin \alpha = h_C$ ўрганилаётган майдончанинг огирлик марказини жойлашган чуқурлиги.

Бинобарин, (2.43.) тенгламаси қуйидаги куринишга келади:

$$P = P_0 S + \gamma h_C S = (P_0 + \gamma h_C) S = P_C S \quad (2.44.)$$

Шундай қилиб, ясси девор сиртига суюқлик томонидан берилган тўла гидростатик босим кучининг катталиги деворнинг ҳўлланган сирт майдонини, шу сиртнинг огирлик марказидаги босим қиймати кўпайтмасига тенг.



2.14-расм. Ясси деворга берилган босим кучини аниқлашга доир.

Агар P_0 атмосфера босимига тенг бўлса ва деворнинг иккала томонидан таъсир этаётган булса, у ҳолда улар узаро компенсацияланади. Бундай ҳолатлардаги ҳисоб-китобларда P_0 қийматини эътиборга олинмайди ва (2.44.) тенгласида фақат ортиқча босим қолади, яъни суюқликнинг деворга берган босими:

$$P_{\text{орт}} = \gamma h_c \cdot S \quad (2.45.)$$

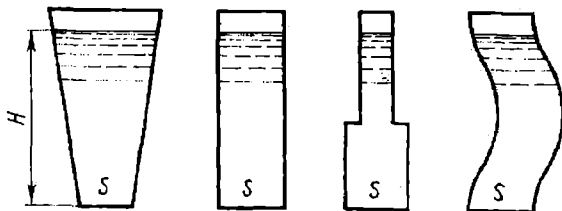
Агар идиш деворлари тик ва тўртбурчак шаклида ва баландлиги H , эни b бўлса, (2.47.) тенгласи кўйидаги кўринишга келади:

$$P_{\text{орт}} = \gamma b H \frac{1}{2} \quad (2.46.)$$

Агар суюқлик таги текис ва горизонталь ва унинг баландлиги H бўлганида, (2.48.) тенглама кўйидаги кўринишга келади:

$$P_{\text{орт}} = \gamma H S \quad (2.47.)$$

Бу тенгламадан кўринадики, суюқликнинг идиш тубига берган босими, идишнинг шаклига боғлиқ бўлмасдан, фақат суюқлик баландлигига (қалинлигига), солиштира оғирлигига ва идиш тубининг юзасига боғлиқ экан (2.15-расм.). Бундай хусусиятни гидростатик парадокс деб аталади.



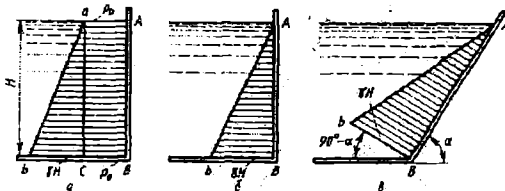
2.15-расм. Гидростатик парадоксга мисол.

Ҳоҳ кўرғазмалироқ бўлиши учун ҳўлланган сирт бўйича босим тақсимооти диаграммасини – босим эпюраларини қуришади. Биз юқорида қараб чиққан ҳолат учун босим эпюраси 2.16-расмда келтирилган. Уларни кўйидагича тартибда қурилади. Суюқлик эркин сиртининг девор сирти

билан тегиб турган нуқтасига перпендикуляр ўтказилади ва унга масштаб буйича P_0 босимнинг қийматлари қўйилади. Девор билан идиш туби кесишган нуқтага перпендикуляр ўтказилади ва ундан олдинги масштабдагидек P_0 ва H қийматларига тенг бўлган иккита кесма ажратилади. Бу кесмаларни бирлаштириб трапеция шаклидаги $AabB$ абсолют (тулик) босим эпюраси ҳосил қилинади (2.16-рasm, а).

Агар ташқи босим ҳисобга олинмаса, эпюра фақат ортиқча босим учун қурилади, унда А нуқтадаги манометрик босим нолга тенг булади, В нуқтадаги ортиқча босим қиймати H а тенг бўлганлигидан эпюра AbB учбурчак шаклида булади (2.16-рasm, б).

Агар суюқлик идишининг девори бирор α бурчакка огдирилган бўлса, унда В нуқтасига ўтказилган перпендикулярга манометрик босим H қиймати жойлаштирилади (2.16-рasm, в).



2.16-рasm. Гидростатик босим эпюралари.

Суюқликдаги ортиқча босим кучининг тенг ташкил этувчиси жойлашган нуқтасини аниқлаймиз. Уни босим маркази дейилади.

Яна 2.14-рasmга мурожаат этамиз. X ўқиға нисбатан координатаси Y_d бўлган ва h_d чуқурлигида жойлашган босим марказини рasmда Д нуқта билан белгиланган. Назарий механикадаги тенг таъсир этувчи кучни моменти, уни ташкил этувчи кучлар моментларининг йигиндисига тенг деган теоремадан фойдаланамиз. Демак, уни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$P_{\text{срн}} Y_d = \int_S y dP_{\text{срн}} = \int_S \gamma h ds y \quad (2.48.)$$

Рasmдан куринади. Y ҳолда тенг таъсир этувчи куч қуйидагича $P = \gamma h$ тенг. Ўз навбатида h қийматини (2.37.) тенгликка қўйсақ, ҳосил булади: $\int_S \gamma h ds y = \gamma \sin \alpha \int_S ds y^2$. Аммо, интеграл $\int_S ds y^2 = J_x$ - ҳўлланган сиртнинг X ўқиға нисбатан инерция моменти.

Унда $\gamma \sin \alpha S Y_d = \sin \alpha \cdot \gamma X$ ёки $Y_c = S Y_d = J_x$. Демак, босим марказининг координатасини қуйидагича ёза оламиз:

$$Y_d = J_x / S y_c \quad (2.49.)$$

Қуйидаги формуладан инерция моменти J_x ҳисобланилиши мумкин:

$$J_x = J_c + S y_c^2 \quad (2.50.)$$

бунда J_c - ҳўлланган шаклнинг огирлик марказидан ўтадиган ўққа нисбатан ҳисобланган инерция моменти.

Юқоридаги (2.49.) ифодасини (2.50.)га қўйиб, айрим ўзгартиришлардан сўнг ҳосил қиламиз:

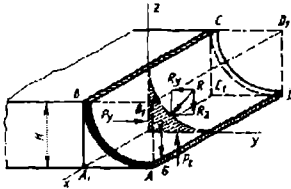
$$Y_d = J_c / S \cdot J_c \cdot J_c \quad (2.51.)$$

Бу тенгламадан кўринадики, босим маркази ҳар доим шаклнинг огирлик марказидан $J_c / S y_c$ қийматига пастда жойлашади. Агарда, девор горизонтал жойлашган бўлса, унинг босим маркази огирлик маркази билан устма-уст тушади.

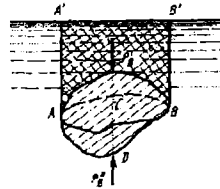
2.8. Цилиндрик деворга суюқлик босимининг таъсири.

Ихтиёрий шаклдаги эгри чизиқли сиртга суюқликнинг берган босимини аниқлаш жуда мураккаб, чунки бу тенг таъсир этувчи кучнинг учта ташкил этувчисини ва учта моментлар йигиндисини ҳисоблаб топиш зарур бўлади. Аммо бундай ҳисоб-китоблар камдан-кам керак бўлади. Амалда, суюқлик босими таъсири остидаги (цилиндрик идишлар, трубопроводлар деворлари ва ш.к.) турли хил цилиндрик сиртлар ҳисоби кўпроқ тарқалган. Бундай ҳолларда, суюқлик босимини симметрия текислигида ётган ягона тенг ташкил этувчига келтирилади.

Қавариқ ABCD цилиндрик сирт билан чегараланган суюқликнинг маълум ҳажмини қараб чиқамиз (2.17-расм).



2.17-расм. Цилиндрик деворга таъсир этаётган босим кучини аниқлашга доир.



2.18-расм. Архимед кучини аниқлашга доир.

Суюқлик ҳажмида A_1BCC_1 , вертикал текислигини ҳосил қиламиз ва цилиндрик сирт $ABCD$, вертикал A_1BCC_1 , текислиги ҳамда горизонтал AA_1C_1D текисликлари орасида жойлашган ҳажмдаги суюқлик мувозанатлик шартини урганамиз. Уч ўлчовли координата системасини шундай танлаймизки, координата боши A_1C_1 қиррасини ўртасига тўғри келсин.

Ўрганилаётган суюқлик ҳажмига суюқлик томонидан қўйидаги кучлар таъсир қилади:

сон қиймати жиҳатидан вертикал A_1BCC_1 деворига таъсир этаётган босим кучига тенг горизонтал ташкил этувчиси:

$$P_y = \gamma S_{ABCC_1} \cdot H/2$$

худди шундай аниқланадиган, AA_1C_1D горизонтал текисликка таъсир этувчи босим кучининг вертикал ташкил этувчиси:

$$P_z = \gamma S_{AA_1C_1D} \cdot D \cdot 2$$

Цилиндрик девор томонидан суюқликка номаълум (изланаётган) босим кучи қийматига тенг ва йуналиши жиҳатидан унга тескари булган, цилиндрлик сиртнинг реакция кучи R таъсир этади. Бу кучни иккита R_1 ва R_2 кучларга ажратиш мумкин.

Бундан ташқари, урганилаётган суюқлик ҳажмининг марказида жойлашган ва пастга қараб тик (вертикал) йуналган огирлик кучи G таъсир кўрсатади.

Бу кучлар таъсирида тадқиқ этилаётган ҳажмдаги суюқлик мувозанатда булади. Шу ҳажмдаги суюқликнинг координата ўқларидаги проекцияси учун мувозанатлик тенгламасини тузамиз:

$$\sum Y = 0; R_1 - P = 0, \text{ унда } R_1 = P;$$

$$\sum Z = 0; P_2 - R_2 - G = 0. \text{ унда } R_2 = P_2 - G.$$

Цилиндрик деворга суюқлик томонидан таъсир этаётган босим кучининг тенг таъсир этувчиси қўйидаги тенглама бўйича аниқланади:

$$R = \sqrt{R_1^2 + R_2^2}$$

бу таъсир этувчининг йўналиши координата ўқларига нисбатан унинг оғиш бурчаклари орқали аниқланади:

$$\cos(R * Y) = R_1 / R; \cos(R * Z) = R_2 / R$$

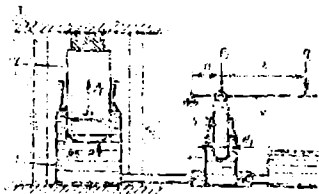
Баён этилган цилиндрлик сиртга таъсир этадиган босим кучини аниқлаш усулини суюқлик ва қаварик мураккаб шаклдаги сферик сиртларга таъсир кўрсатган ҳолатлар учун тағбиқ этиш мумкин.

2.9. Гидростатика қонунларининг техникадаги тадбиқи.

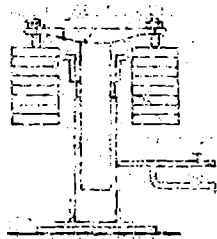
Кўпчилик машина ва механизмларини ишлаш принципида, юқорида қараб чиқилган гидростатика қонунлари ётади. Бу машиналар турлича тузилиши ва ишлатилиш соҳаси билан фарқланади, аммо уларнинг ишлашида ягона гидравлика қонунидан фойдаланилади: босим ва энергияни суюқлик ёрдамида узатиш принципи қўлланилади. Уларнинг айримларини қараб чиқамиз.

Гидравлик пресс. Халқ хўжалигининг кўпгина тармоқларида катта миқдордаги сиқувчи кучланиш талаб этиладиган соҳаларида: металлларга босим остида ишлов бериш (штамповка, болғалаш, пресслаш), сочилувчан материалларни брикетлаш ва пресслашда, пластик массаларни пресслашда, материалларни сиқилишини тадқиқ этишда ва ш.к. гидравлик пресс қўлланилади. Замонавий гидравлик пресслар жуда катта сиқувчи кучланиш (500 кН ва ундан ортиқ) ҳосил қила олади, бу кучнинг катталиги пресс-кострукциясини мустақамлиги билан чегараланади. Гидравлик пресслардан фойдаланишни талабалар «Конструкциялар технологияси» курсида танишганлар.

Гидравлик прессни асосий (принципиал) схемаси 2.20-расмда келтирилган, у бир вақтни ўзида, гидравлик домкратни схемаси ҳисобланади. Пресс, узаро ўлчовчи трубалар билан уланган иккита цилиндрдан иборат.



2.20-расм. Гидравлик пресснинг схемаси.



2.21-расм. Гидравлик аккумулятор схемаси

Прессни кичик цилиндри 4 да поршень 5 жойлашган унинг штоги рычаг 6 билан шарнирли уланган. Катта цилиндр 1 да поршень 2 жойлашган, унинг ҳаракати қўзғолмас платформа 3 билан чегараланган.

Скобадаги гидравлик прессларнинг кичик цилиндри юқори босимли насослар билан алмаштирилган, катта цилиндрига эса махсус қурилма (гидравлик аккумулятор) қўшилган булиб, у насосни ишини роллаш вазифасини бажаради.

Пресснинг ишини аниқлайдиган асосий нисбатларни исботлаймиз. Агар, пресс рычаги (пишанги)ни учига Q куч таъсир этганида, рычагнинг кичик елкаси a ва катта елкаси b бўлганида, ҳамда рычаг қондасидан фойдаланган ҳолда қуйидаги тенгламани ёзиш мумкин: $Q(a+b) = P_1 a$. Бундан кучни аниқлаймиз $P_1 = Q(a+b) : a$.

P_1 кучи суюқлик оғзалик катта поршеньга таъсир қилади ва суюқликда гидравлик босим ҳосил қилади:

$$P = \frac{P_1}{\pi d^2/4} = \frac{Q(a+b)}{\pi d^2/4}$$

Катта поршеньга P_2 кучи таъсир қилади:

$$P_2 = p \frac{\pi D^2}{4} = \frac{a(a+b)}{a} \frac{\pi D^2}{4} = Q \left(\frac{D^2}{d^2} \right) \frac{a+b}{a} \quad (2.52)$$

бунда d ва D кичик ва катта цилиндрларнинг диаметрлари.

Юқоридagi (2.52) нисбатдан аниқки, P_2 кучи исталган катта қийматларга эга бўлиши фақат цилиндрлар диаметрлари нисбатига ва рычаг елкасига боғлиқ бўлади.

Гидравлик аккумулятор. Гидравлик прессни иш йуллари оралигида энергияни йиғиш мақсадида гидравлик аккумуляторни қўлланилиши ҳисобига камроқ қувватдаги насосларни ишлатишга имкон келтилади. Гидравлик аккумулятор ичида плунжер ҳаракатланадиган цилиндрдан ташкил топган (2.21-расм). Елкасига ҳар хил оғирликдаги юқлар оғиладиган пайин билан плунжернинг юқори қисми уланган. Аккумулятор цилиндрига босим остидаги суюқлик (мой) юборилади, бу суюқлик плунжерни юқлари билан маълум баяадликка кўтарди. Плунжер энг юқори нуқтасигача кўтариладиган сунг, гидравлик насос автоматик равишда ўчирилади ва босим остидаги суюқлик трубопровод буйлаб гидравлик машинага, масалан, прессга суюқликни дамлаб қайдовчи

прессга узатилади. Шу билан пресснинг узлуксиз нагрузка (юкланиш) билан ишлаши таъминланади.

III боб.

ГИДРОДИНАМИКА АСОСЛАРИ

3.1. Гидродинамиканинг вазифаси. Асосий тушунча ва таърифлар.

Гидродинамика сиқилмайдиган (томчи) суюқлигининг қонунларини урганеди. Гидродинамиканинг асосий вазифаси суюқлик ҳаракати характёрини ва параметрларини (яъни тезлиги, босими, эгаллаган фазонинг исталган нуқтасидаги уринма кучланишларини, суюқлик оқими ичидаги жисмга ҳаракатланаётган суюқликни ҳамда унинг қўзғаладиган ва қўзғалмайдиган тўсиқларга таъсир этувчи кучини) урганеди.

Гидродинамика масалаларини, фақат суюқ муҳит ҳақида тўғри тасаввурга эга бўлгандагина, муваффақиятли ҳал этиш мумкин. Уқтириб утаминизги, гидродинамикада суюқлик узлуксиз муҳит (континуум) деб қаралади. Фазо нуқтаси ва суюқлик зарраси тушунчаларини аниқ фарқлаш керак. Фазо нуқтаси – тасаввурдаги улчамсиз геометрик шакл (образ) бўлиб, унинг фазодаги ўрни X, Y, Z координаталари билан аниқланади. Суюқлик зарраси – тасаввурдаги физикавий шакл бўлиб, у жуда ҳам чексиз кичик массага эга ва чексиз кичик ҳажми эгаллайди.

Суюқлик зарраси ҳаракатининг v тезлиги ва унинг ҳар бир лаҳзадаги P босими, заррачанинг оқимдаги ҳолати, яъни X, Y, Z координаталари ва t вақти билан аниқланади.

Суюқлик ҳаракати мувозанатли ва мувозанатсиз, текис ва нотекис, дамли ва дамсиз бўлиши мумкин.

Бўғ қарор ҳаракат – бу шундай ҳаракатки, суюқлик оқимининг тезлиги ва босими вақт бўйича унинг исталган нуқтасида ўзгармайди ва фақат оқимдаги вазиятга боғлиқ бўлади, яъни координата функцияси ҳисобланади. Буни қуйидаги тенгламалар орқали ёзиш мумкин:
 $v = f(X, Y, Z); P = f(X, Y, Z)$

Бўғ қарор ҳаракатга бирор резервуар тагидан ўзгармас дам (сатҳ) билан оқиб чиқаётган суюқликни мисол қилиб олиш мумкин.

Беқарор ҳаракат – бу шундай ҳаракатки, суюқлик оқимининг тезлиги ва босими вақт бўйича унинг исталган нуқтасида ўзгарувчан ва на фақат координатага, ва вақтга ҳам боғлиқ бўлади. Унинг аналитик ифодасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$v = f_1(X, Y, Z, t); P = f_2(X, Y, Z, t)$$

Беқарор ҳаракатга резервуар тешигидан ўзгарувчан дам (сатҳ) билан оқиб чиқаётган суюқликни мисол қилиб олиш мумкин.

Текис ҳаракат – мувозанатлашган суюқлик оқимининг ёнма-ён жойлашган кўндаланг кесимларидаги зарраларини ўхшаш нуқталардаги тезликлари ўзаро тенг бўлган суюқлик ҳаракатидир. Текис ҳаракатта мисол қилиб, кўндаланг кесимлари ўзгармас бўлган труба ёки каналдаги суюқлик оқимининг ҳаракатини қабул қилиш мумкин.

Нотекис ҳаракат – мувозанатлашмаган суюқлик оқимининг ёнма-ён жойлашган кўндаланг кесимларидаги тезликлари турлича ва кўндаланг кесимлари ўзгарганда тезликлари ҳам ўзгарадиган ҳаракатидир. Масалан,

кўндаланг кесими конуссимон бўлган трубадаги суюқлик оқимининг ҳаракатини олиш мумкин.

Дамли ҳаракат – босими атмосфера босимидан фарқли ва труба деворлари билан чегараланган ҳамда эркин сиртта эга бўлмаган (трубадаги) суюқлик оқимининг ҳаракатидир. Бунга трубопроводлардаги сувнинг ҳаракати мисол бўла олади.

Дамсиз ҳаракат – суюқлик оқими эркин сиртта эга ва сиртдаги босими атмосфера босимига тенг бўлган суюқлик ҳаракатидир. Бунга мисол қилиб дарёлар, каналлар, зовурлар ҳамда канализация трубаларидаги сув оқими ҳаракатини олиш мумкин.

Гидродинамикада суюқлик ҳаракатининг характерини урганишда **оқим чизиги** тушунчаси киритилган. Бу оқётган суюқлик ичкарисида жойлашган нуқталардан ўтказилган шундай чизиқки, суюқлик зарраларининг тезлик векторлари, айнан бир вақтда шу нуқталарга уринма бўлган чизиқни **оқим чизиги** дейилади (3.1-расм). Демак, барқарор ҳаракатли суюқликнинг оқим чизиги суюқлик зарралари ҳаракатининг траекторияси билан устма-уст тушар экан.



3.1. расм Оқим чизиги



3.2. расм. оқим трубаси

Агар ҳаракатланаётган суюқлик оқимининг кўндаланг кесимидан чексиз кичик ёпиқ контурлар (айланасимон чизиқлар) ажратиб олиб, уларнинг ҳамма нуқталаридан оқим чизиқларини ўтказсак. **оқим трубасини** ҳосил қиламиз (3.2-расм). Фараз қилинадики, оқим трубаси деворидан суюқлик оқиб чиқа олмайди ва унга кира олмайди. Оқим трубасидаги суюқлик массаси суюқликнинг **элементар найчаси** дейилади. Суюқлик оқими турлича тезликларда ҳаракатланаётган элементар найчалардан ташкил топади.

Ҳаракатланаётган суюқликни урганишда оқимнинг гидравлик ва геометрик элементларини характерлайдиган айрим тушунчалар киритилади. Оқим чизигининг нормаль йўналишидаги кўндаланг кесими юзаси **элементар найча** ёки **оқимни тирик кесими** дейилади, яъни элементар найчанинг тезлиги векторига нормаль йўналишдаги суюқлик оқими. Суюқлик оқимининг тирик кесими қаттиқ девор билан тўлиқ (трубаларда) ёки қисман (очиқ узанларда) чегараланган бўлиши мумкин.

Оқим тегиб турган деворлар билан чегараланган тирик кесим периметрининг узунлигини **ҳўлланган периметр** дейилади. Уни A ҳарфи билан белгиланади. Суюқликнинг дамли ҳаракатидаги ҳўлланган периметри геометрик периметрга тенглигини, дамсиз оқимда эса геометрик периметрдан кичиклигини тасаввур этиш қийин эмас. Бундай ҳолатда суюқлик оқимининг устидаги эркин сирти қаттиқ муҳитга тегмасдан ҳаво билан туташади.

Оқим тирик кесими юзасининг ҳўлланган периметрга нисбатан гидравлик радиус дейилади (R,M):

$$R = S/A \quad (3.1.)$$

«Геометрик радиус» ва «Гидравлик радиус» тушунчаларининг маъноси бир хил эмас. Бунга ишонч ҳосил қилиш учун юмалоқ диаметрли труба ичидаги суюқликнинг дамли ҳаракатини куриб чиқамиз: Юмалоқ труба учун $S = \pi d^2/4$ бўлса, $A = \dots$. Демак, гидравлик радиус $R = d/4$ булса, унда геометрик радиус $r = d/2$ тенг булади.

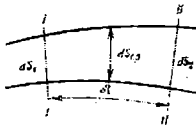
3.2. Суюқлик сарфи. Уртача тезлик.

Суюқлик оқимининг узлуксизлик тенгламаси.

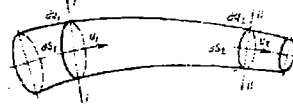
Оқимнинг тирик кесимидан вақт бирлигида ўтган суюқлик миқдорини суюқликнинг сарфи дейилади. Оқиб ўтган суюқлик миқдорини турли хил ўлчов birlikларида ўлчаш мумкин: $Q_1 (M^3/c)$ ҳажмий, огирлик ёки массавий. Мос равишда ҳажмий, огирлик $Q_2 (H/c)$ ва массавий $Q_m (кг/c)$ сарфларга ажратилади. Гидравликада кўпроқ ҳажмий сарф ўлчови ишлатилади ва уни соддароқ қилиб суюқлик сарфи деб юритилади.

Суюқлик оқимининг сарфи элементар суюқлик найчалари сарфларидан ташкил топади.

Элементар най орқали ўтган суюқлик сарфи q барқарор ҳаракат ҳолати учун қуйидагича тушунтириш мумкин.



3.3-расм. Суюқлик сарфини ўрганишга доир.



3.4-расм. Суюқликнинг узлук-сизлик тенгламасини чиқариш-га доир.

3.3-расмда элементар найчанинг иккита кўндаланг I-I ва II-II кесимларининг чексиз бир-бирига яқин dl масофада жойлаштани курсатилган. Бу суюқлик найчасининг кўндаланг кесимларининг юзалари dS_1 ва dS_2 . Бунда I-I кесимидан то II-II кесимгача жуда қисқа dl вақтда ўтган суюқлик ҳажмини қуйидагича ифодалаймиз: $dqdt = dS_{spm} \cdot dl$, бунда dS_{spm} - элементар най кўндаланг кесимининг ўртача юзаси.

Ҳосил қилинган тенгликни dt бўлиб ҳосил қиламиз:

$$dq = dS_{spm} \cdot \frac{dl}{dt}$$

бунда $dqdt = dS_{spm} \cdot dl$ - элементар найнинг dl қисмидаги қандайдир маҳаллий тезлиги U . Демак, элементар най учун суюқликнинг элементар сарфини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$dq = U dS_{spm} \quad (3.2.)$$

Сууюқлик оқимини куп сонли элементар найчалардан ташкил этганлигини эътироф этиб, сууюқлик оқимининг сарфини элементар сарфлар йиғиндисини (суммаси)дан ташкил топганлигини тасаввур этиш қийин эмас. Бунинг тугрилигини исботлаш учун (3.2.) ифодани интеграллаб ҳосил қиламиз:

$$Q = \int_s U dS_{\text{ср}} \quad (3.3.)$$

Сууюқлик сарфи (3.3.) формуласидан топиш учун сууюқликнинг оқими буйлаб тезликлар тақсимотини билиш шартдир. Купчилик ҳолларда бу анчагина қийинчиликлар билан боғланган. Шунинг учун (3.3.) формулага сууюқлик оқимининг ҳамма кесимлари буйича топилган ўртача тезлик қиймати қўйилади.

Сууюқлик зарраларининг ҳаммаси оқимнинг тирик кесимидан шундай шартли тезлик билан ўтганида, ундаги сууюқлик сарфи реал тезликлар тақсимотидаги сарфини қониқтирадиган тезликни оқимнинг ўртача тезлиги дейилади. Ўртача тезликнинг математик ифодасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$v = \left(\int_s U dS \right) : S = Q : S$$

Демак, сууюқликнинг хажмий сарфи, m^3/c ўлчовида ифодаланганида, ўртача тезлик қийматининг сууюқлик оқимини тирик кесими купайтмасига тенг экан.

$$Q_c = vS \quad (3.4.)$$

Айрим ҳолларда сууюқлик сарфини бошқа ўлчов бирликларида ифодалаш зарур бўлади. Масалан, оғирлик сарфи ўлчовида, уни Н/с ифодалайди:

$$Q_G = \gamma Q = \delta g Q = \delta g v S \quad (3.5.)$$

Массавий сарфи, кг/с:

$$Q_m = \gamma Q = \delta^2 g v S \quad (3.6.)$$

Ҳажмий сарфи Q_c ни сууюқлик ҳажмини вақтга нисбати сифатида ифодалаш мумкин, m^3/c :

$$Q_c = V/t \quad (3.7.)$$

Массавий ва оғирлик сарфларини вақтга боғлаб ёзиш мумкин, яъни сууюқлик оғирлиги (массаси)ни вақтга нисбати шаклида ифодалаш мумкин:

$$Q_m = m/t; \quad Q_G = G/t \quad (3.8.)$$

Сууюқлик сарфи ва ўртача тезлиги махсус асбоблар билан ўлчанади, улар кейинроқ қараб чиқилади (§ 3.5.). Бу ерда фақат табиий оқимлар (дарё, канал, ариқ)даги сууюқлик сарфини ўлчашни қараб чиқамиз. Бирор каналдаги сууюқлик оқимининг тирик кесимини маълум масштабда чизиб, уни аниқ бўлакчаларга бўлинади. Кейин бу бўлакчаларнинг оғирлик марказларидаги сууюқлик оқимларининг тезликлари аниқланади ва улардан сууюқликнинг сарфлари ҳисоблаб топилади.

$$q_1 = V_1 S_1; \quad q_2 = V_2 S_2; \quad q_3 = V_3 S_3; \quad (3.9)$$

Суюқликнинг тула сарфи шу элементар сарфларнинг йигиндисига тенг булади:

$$Q = \sum_i q_i = \sum_i V_i S_i \quad (3.10.)$$

Суюқлик сарфи тушунчасидан фойдаланиб, суюқликнинг элементар найчасини ва оқимини узлуксизлиги тенгламасини чиқариш мумкин. Бу гидродинамиканинг муҳим масалаларини ечишда энг катта аҳамиятга эга. Энди, бир хил тезликли мувозанатлашган ҳаракатдаги ва узгарувчан кесимли суюқлик оқимини қараб чиқамиз (3.4-расм). Кундаланг кесимлари d_1 ва d_2 ҳамда бу кесимлардаги тезликлари мос равишда U_1 ва U_2 булган ихтиёрий I-I ва II-II кесимларни танлаймиз. Бу кесимларнинг ҳар бири учун элементар суюқлик сарфларини ёза оламиз:

$$dq_1 = U_1 dS_1 \quad \text{ва} \quad dq_2 = U_2 dS_2$$

Модданинг сақланиш қонунига асосланган ҳолда суюқликнинг сиқилмаслигини, оқимнинг узлуксизлиги (бутунлиги)ни ҳамда оқимнинг ён деворларидан суюқлик сизиб чиқмаётганлигини эътироф этганимизда, урганилаётган кесимлардан ўтган суюқликнинг элементар сарфлари узаро тенг булади, яъни

$$dq_1 = dq_2 \quad (3.11.)$$

$$\text{ёки} \quad U_1 dS_1 = U_2 dS_2$$

Суюқлик оқимидан олинган кундаланг кесимлари ихтиёрий танланганлиги асосида (3.11.) тенгликни умумий курунишда ёзиш мумкин:

$$U dS = \text{const} \quad (3.12.)$$

Ҳосил қилинган (3.12.) ифодасини суюқликнинг узлуксизлик тенгламаси ёки ўзгармас сарфи дейилади.

Суюқликнинг элементар найчасидан унинг оқимига ўтиб, юқоридагидек мулоҳазалар асосида суюқлик оқимининг узлуксизлик тенгламаси топилади:

$$Q = VS = \text{const} \quad (3.13.)$$

У қуйидагича таърифланади: мувозанатлашган ҳаракатидаги суюқлик оқимининг исталган кундаланг кесимидан ўтган суюқлик миқдори ўзгармас катталиқдир.

Шунинг учун юқоридаги (3.13.) тенгламаси асосида қуйидагича нисбатни ёзиш мумкин:

$$V_1 / V_2 = S_2 / S_1 \quad (3.14.)$$

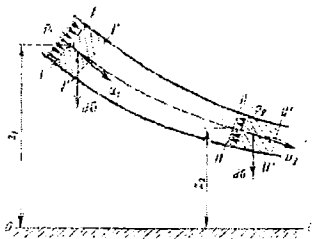
$$\text{ёки} \quad V_1 S_1 = V_2 S_2 = \dots = V_n S_n = \text{const}$$

Сиқилмайдиган ва узлуксиз суюқлик ҳаракатидаги оқимларнинг кундаланг кесимларидаги уртача тезликлар нисбати шу кесимлар юзаларига тескари мутаносибдир.

3.3. Идеал суюқликнинг элементар найчаси учун Бернулли тенгламаси

Бернулли тенгламаси гидродинамиканинг асосий тенгламаси ҳисобланади. Бу тенгламани чиқариш учун оқимнинг кундаланг кесимининг юзаси ва суюқлик ҳаракати бир текис узгарадиган барқарор

ҳаракатдаги идеал суюқликни қараб чиқамиз. Бу идеал суюқлик оқимидан элементар найчаларнинг I-I ва II-II кесимларини ажратамиз (3.5-расм). Фараз қилайлик, бу кесимларнинг юзалари dS_1 ва dS_2 бўлсин. Биринчи кесимдан ўтаётган суюқлик найчаси зарраларининг тезлиги U_1 , босими P_1 ихтиёрий горизонталь 0-0 тезлигига нисбатан огирлик марказининг кундаланг кесимини жойлашган баланглиги Z_1 тенг бўлиб, уни солиштириш текислиги деб аталади. Худди шундай иккинчи кесим ҳам U_2 , P_2 ва Z_2 параметрларга эга бўлади.



3.5 расм. Бернулли тенгламаси

Жуда қисқа dt вақт давомида I-I ва II-II кесимлар оралигидаги ҳажмдаги суюқлик миқдори янги I-I' ва II'-II' кесимлар билан чегараланган оралиқ ҳажмга силжийди. Назарий механика теоремасига мувофиқ урганилаётган ҳажмга қуйилган кучни бажарган иши жисмнинг кинетик энергиясининг ўзгаришига тенгдир.

Урганилаётган шу ҳажмга таъсир этаётиб кучни қараб чиқамиз:

1. Фараз қилайлик, суюқлик оқимининг тирик кесимига нормаль йўналишда босим кучи таъсир этсин. Суюқликнинг биринчи кесимига таъсир этаётган босим кучи $P_1 = P_1 dS$ бўлсин, унинг бажарган иши қуйидагича ифодаланади: бунда $dl_1 = U_1 dt$ - суюқлик заррачасининг dt вақти давомида оқимнинг I-I кесимдан то I'-I' кесимигача ўтган йўли.

Худди шундай суюқлик оқимининг иккинчи кесими учун босим кучининг бажарган ишини $P_2 dl_2 = P_2 dS_2 K_2 dt$ шаклида ёзиш мумкин. Бундаги «минус» ишораси иккинчи кесимдаги босим кучи биринчи кесимдаги кучга қарама-қарши йўналганлигини кўрсатади.

Суюқлик ҳаракати натижасида вужудга келган босим кучларининг тенг таъсир этувчисини бажарган иши қуйидагича тенг бўлади:

$$A_p = P_1 dS_1 U_1 dt - P_2 dS_2 U_2 dt \quad (3.15.)$$

2. Огирлик кучи dG тик пастга йўналган. Огирлик кучининг бажарган иши суюқлик найи кесимлари I-I дан то I'-II' гача оралигидаги заррачанинг потенциал энергиясини ўзгаришига тенг бўлади. Огирлик кучининг бажарган иши катталигини аниқлаш учун I-II ҳажмдаги суюқлик найчаси энергиясидан I'-II' ҳажмдаги энергиясини айириш керак. Суюқликнинг I-I' ва II'-II' ҳажмларида жойлашган суюқлик энергияларининг фарқи ҳосил бўлади (I'-II - нуқталари оралигидаги суюқликнинг ҳажми қисқариб кетади).

Суюқликнинг элементар найчаси учун узлуксиз тенгламаси (3.12.)ни эътироф этиб, урганилаётган ҳар бир ҳажмчалар ва улардаги огирлик кучлари узаро тенг эканлигини тушуниш қийин эмас, яъни

$$dG = \delta g U_1 dS_1 dt = \delta g U_2 dS_2 dt \quad (3.16.)$$

Демак, огирлик кучини бажарган иши суюқлик оқимининг потенциал энергиясининг ўзгаришига, яъни огирлик кучи билан суюқлик баландликлари айирмасини кўпайтмасига тенг бўлади:

$$A_G = (Z_1 - Z_2) dG \quad (3.17.)$$

Элементар найча кесимидаги кинетик энергиянинг қисқа dt вақтдаги ўзгариши шу урганилаётган ҳажмлардаги энергиялар айирмасига тенг. Бунда I-I ва II-II кесимларини ҳажми ва ундаги суюқлик массаси dG/g тенглиги асосида ёза оламиз:

$$A = \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} dG \quad (3.18.)$$

Ташқи кучларни бажарган ишини (3.15.) ва (3.17.) қўшиб, уларни кинетик энергиясининг ўзгариши (3.18.)га тенглаб ҳосил қиламиз:

$$P_1 U_1 dS_1 dt - P_2 U_2 dS_2 dt + (Z_1 - Z_2) dG = \frac{U_2^2 U_1^2}{2g} dG \quad (3.19.)$$

Ҳосил қилинган (3.19.) тенгламасини dG булиб ва (3.16.) тенгламасини эътироф этиб ҳосил қилинади:

$$\frac{P_1}{\delta g} - \frac{P_2}{\delta g} + Z_1 - Z_2 = \frac{P_2^2}{2g} - \frac{P_1^2}{2g} \quad (3.20.)$$

$$\text{ёки } Z_1 + \frac{P_1}{\delta g} + \frac{U_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\delta g} + \frac{U_2^2}{2g}$$

Ҳосил қилинган (3.20.) ифодасини сиқилмайдиган идеал суюқлик найчаси учун Бернулли тенгламаси дейилади. Суюқлик оқимидаги I-I ва II-II кесимлари ихтиёрий танланганлигини эътироф этсак, унда исталган кесимлар учун, уни умумий ҳолда ёзиш мумкин:

$$Z + \frac{P}{\delta g} + \frac{U^2}{2g} = \text{const} \quad (3.21.)$$

Айрим ҳолларда Бернулли тенгламасини қуйидагича кўринишда ёзилади.

$$Z + \frac{P}{\delta g} + \frac{U^2}{2g} = H \quad (3.22.)$$

Бу тенгламанинг уччала ҳадларининг йигиндиси Z -геометрик, P/γ - пьезометрик, $U^2/2g$ - тезлик дамларини йигиндисидан иборат бўлиб, уни гидродинамик дам H дейилади.

Шуларга мувофиқ Бернулли тенгламаси қуйидагича таърифлаш мумкин: идеал суюқликнинг элементар найчаси учун геометрик, пьезометрик ва тезлик дамларининг йигиндиси найчанинг ҳамма кесимларида ўзгармас катталиқдир.

Юқоридаги (3.22.) тенгламасига кирган ҳамма катталиқларнинг улчов бирликларини қўйиб, дамнинг улчов бирлиги узунлик бирлиги билан улчанишига ишонч ҳосил қилиш мумкин, яъни баланклик

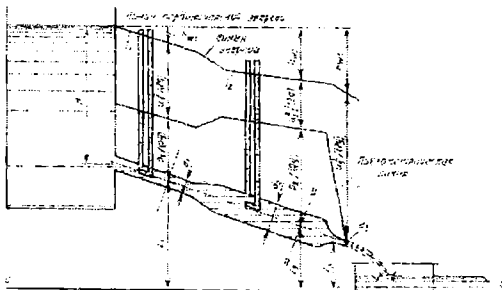
метрларда ифодаланadi. Шунинг учун ҳам Z ни геометрик ва нивелир баландлиги, P/γ - пьезометрик, $U^2/2g$ -тезлик баландликлари деб аталади.

Графикда ҳар уччала баландликларни жойлаштириб Бернулли тенгламасининг график шаклидаги тасвирини ҳосил қиламиз (3.6-расм).

Бернулли тенгламасини энергетик шаклида ҳам ифодалаш мумкин. Бунинг учун (3.19.) тенгламаси ҳадларини dm га буламиз ва $dm = dg/g = \rho u_1 ds_1 dt = \rho u_2 ds_2 dt$ тенглигини ҳисобга оламиз (3.16. тенгламага қаранг), у ҳолда Бернулли тенгламасини бошқачарoқ кўринишда ёзамиз:

$$\delta Z_1 + \frac{P_1}{\delta} + \frac{U_1^2}{2} = \delta Z_2 + \frac{P_2}{\delta} + \frac{U_2^2}{2} = const \quad (3.23.)$$

Бу (3.23.) тенгламанинг энергетик мазмунини қараб чиқамиз. Тенгламанинг ҳар бир ҳади солиштирма энергиялигига ишонч ҳосил қилиш қийин эмас. Суюқликнинг солиштирма энергияси дейилганда, масса, куч ёки ҳажм бирлигидаги энергия тушунилади. Ҳақиқаттан ҳам, агар элементар dm массали суюқлик зарчасини олсак у бирор Z баландлигида $dm g Z$ энергия запасига (бойлиги, қўри) эга бўлсада, масса бирлигига тўғри келадиган энергия миқдори эса $dm g Z / dm = g Z$ тенг бўлади. Шу суюқликнинг dm массали зарчаси P босим таъсирида $p/\delta g$ баландлигига кўтарилса олиш имкониятига эга; у $dm g P / \delta g$ потенциал энергиясига эга бўлади. Бу потенциал энергия қийматини dm массага бўлсак, босимнинг солиштирма запаси (қўри)ни p/δ топамиз. Масса бирлигига тўғри келадиган энергия миқдори билан босимнинг солиштирма қўри (запаси)ни йиғиндиси $(g Z + p/\delta)$ суюқликнинг солиштирма потенциал энергияси дейилади. Тенгламанинг учинчи ҳади $U^2/2$ суюқликнинг солиштирма кинетик энергияси ҳисобланади. Суюқлик зарчасининг dm массасини эйтиборга олсак, тенгламанинг учинчи ҳади $dm u^2/2$, яъни тўла кинетик энергияга тенг бўлади, буни бирлик массага келтирилса, $U^2/2$ тенг бўлиб қолади.



3.6-расм. Бернулли тенгламасининг график шаклидаги тасвири.

Бу (3.23.) тенгламанинг ҳар бир ҳадидаги физикавий катталиклар ўлчов бирликларини қараб чиқилганида, улар солиштирма энергиялар ўлчовида, яъни суюқликнинг бирлик массасига тўғри келадиган энергияда ўлчанишини исботлаш қийин эмас.

$$gz \left[\frac{M \cdot M}{C^2} = \frac{K_2 \cdot M \cdot M}{C^2 \cdot k_2} = \frac{H \cdot M}{k_2} = \frac{Ж}{k_2} \right];$$

$$P / \delta \left[\frac{H \cdot M^3}{M^2 \cdot k_2} = \frac{H \cdot M}{k_2} = \frac{Ж}{k_2} \right];$$

$$U^2 / 2 \left[\frac{M_2}{C^2} = \frac{K_2 \cdot M \cdot M}{C^2 \cdot k_2} = \frac{H \cdot M}{k_2} = \frac{Ж}{k_2} \right];$$

Бу (3.23.) тенгламадан кўринадики, суюқликнинг элементар найчасини солиштирма тула энергияси найчанинг исталган кесимида узгармасдир. Бернулли тенгламасининг энергетик мазмуни ана шундан иборат. Амадда, Бернулли тенгламаси механикавий энергиянинг сақланиш қонунининг ҳаракатланаётган идеал суюқликка қўлланилишидан иборат.

3.4. Суюқликнинг элементар найчасини реал оқими учун Бернулли тенгламаси

Реал суюқликнинг элементар найчаси ҳаракатини қараб чиқишда, албатта қуйидагиларни ҳисобга олиш шарт. Реал суюқлик ҳаракатида қовушқоқлик билан боғлиқ бўлган ички ишқаланиш кучи пайдо бўлади, уни енгиш учун маълум миқдордаги кинетик энергия ёки тезлик дами h_w сарф бўлади. Шунинг учун ҳам, элементар найчанинг умумий энергияси, суюқликнинг оқимининг йўналиш бўйича, ҳар бир кесимдан кесимга утганида, камайиб боради.

Бундай ҳолат учун реал суюқликнинг элементар найчасини иккита кесимга мос келувчи Бернулли тенгламасини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{U_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{U_2^2}{2g} + h_w \quad (3.24.)$$

Реал суюқлик оқимининг ҳаракатини қараб чиқишда, бу ҳаракатнинг айрим хусусиятларини билиш керак. Суюқликнинг элементар найчасини исталган нуқталарига мос келувчи ҳамма кесимларидаги тезликлари бир хил бўлса, реал суюқлик оқимининг кесимларидаги тезликлар тақсимооти эса суюқлик ҳаракатини режимида боғлиқ бўлган маълум қонуниятга бўйсинади. Оқимни тирик кесимларидаги тезликларининг бир хил бўлмаслиги натижасида ҳаракатланаётган суюқликнинг кинетик энергиясини ҳисоблашда қўлланилган урта тезлик қиймати ҳақиқий тезлика, ўз навбатида урта тезлик қийматидан фойдаланиб, ҳисобланган кинетик энергия эса мавжуд бўлиши мумкин бўлган энергияга мос келмайди.

Шу сабабли (3.24.) тенгламасига суюқлик оқимидаги тезликлар тақсимотининг нотекислигини эътиборга олувчи тузатма коэффициенти α киритиш усули билан реал суюқлик оқими тенгламасига утилади. Бу тузатма коэффициенти α ни француз олими Кориолис томонидан 1836 йилда таклиф этилган. Унинг қиймати, маҳаллий тезликлари U бўйича ҳисобланган, элементар найчалар энергияларининг йитиндисидан иборат бўлган, ҳақиқий кинетик энергияни шу оқимнинг ҳамма жойидаги

тезликлари бирдай, юқоридагидай сарфга ва ўрта тезлиги V тенг булган, суюқликнинг кинетик энергиясига нисбатидан аниқланади:

$$\alpha = \frac{[\gamma/(2g)] \int q U^2}{[\gamma/(2g)] \int v^2} = \frac{\int q U^2}{\int v^2} \quad (3.25.)$$

$q = US$ булса, $q = VS$ тенглигини эътиборга олиб (3.25.) тенгламасини қуйидаги курунишда ёзиш мумкин.

$$\alpha = U^3 dS / (V^3 S) \quad (3.25^1)$$

Бу тузатма коэффициентини муаллиф номи билан Кориолис ёки тезлик коэффициенти деб аталади. Бу коэффициент суюқлик оқимининг тирик кесимидаги тезликлар тақсимотига боғлиқ ва суюқлик ҳаракатининг характеридан аниқланади. Суюқлик оқимининг тирик кесимидаги тезликлар тақсимоти бир текис бўлгандагина α коэффициенти бирдан катта бўлади, аммо бундай ҳолат жуда ҳам кам учрайди, лекин у бирга ҳам тенг бўлиши мумкин. Тирик кесимидаги тезликларни нотекис тақсимоти қанча катта булса, α коэффициенти шунча катта бўлади.

Суюқлик оқимининг текис ҳаракати учун тажрибада аниқланган Кориолис коэффициенти $\alpha = 1,05 - 1,15$ тенг экан. Цилиндрик трубадаги суюқликнинг ламинар режимдаги (тартиботли) оқими учун $\alpha = 2$ (тулароқ, 4 бобга қаранг).

Юқорида баён қилинганлар асосида (3.24.) тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_w \quad (3.26.)$$

Кўпчилик амалий ҳисоблашларда α коэффициентини бирга тенглаштириб олинади, яъни суюқлик найчасининг ҳаммаси бир хил тезлик билан ҳаракатланади деб қаралади. Бундай тахмин ҳар қандай турбулент режимда (тартибида) ҳаракатланаётган суюқлик оқими учун тўғри, фақат айрим шартли ҳолатлар эътиборга олинмаганида. Шу сабабларга кўра, ўрта тезликни шартли белгиси (индекс) тушириб қолдирилади-да, ҳамма жойда ўрта тезлик қиймати ҳақида гап бораётганлиги тушунилади. Шу сабабдан ҳам сиқилмайдиган томчи суюқлиги учун Бернулли тенгламасини ёзилиши элементар найча учун ёзилган тенглама (3.24.) билан бир хил кўрунишда бўлади.

Юқорида кўрсатиб ўтганимиздек, (3.24.) тенгламасидаги h_w суюқлик ҳаракати йулидаги турли хил тўсиқларда ҳосил буладиган қаршиликларни енгилда дамнинг тушишини ифодалайди. Гидравликада қаршиликларни икки турга ажратади:

1. Оқимни чегараловчи деворга суюқлик заррачаларини ишқаланиши ва шу суюқлик тезликларининг оқим бўйича нотекис тақсимоти ҳисобига унинг қўшни қатламлари орасидаги (заррачалар аро) ишқаланиш кучи таъсирида пайдо буладиган қаршилик. Шу турдаги қаршилик таъсирида суюқлик дамнинг тушишини чизиқли қаршилик дейилади ва уни h_f билан белгиланади.

2. Суюқлик ҳаракати йулида учрайдиган турли хил тўсиқлар (вентиллар, сурма клапанлар-задвижкалар, эгрилган суюқлик йули-бурум, учлама клапан – тройник ва ш.к.) таъсирида вужудга келадиган қаршиликлар. Бу турдаги қаршиликлар таъсирида оқимнинг тезлиги, ҳам қиймати ва ҳам йуналиши жиҳатидан ўзгаради, натижада дамнинг исрофи (йўқотилиши)га олиб келади. Уни маҳаллий исроф деб юритилади ва h_m ҳарфи билан белгиланади.

Шундай қилиб, оқимнинг иккита кесимлари оралигида дамнинг исрофи (йўқотилиши) h_{ip} га икки турдаги исрофлар кирар экан. Шу сабабли оқим учун Бернулли тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади.

$$Z_1 + \frac{P}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_e + h_m \quad (2.36^1)$$

Реал суюқлик оқими ҳаракатидаги дамнинг исрофини аниқлаш анчагина мураккаб ва шу сабабдан ҳам кўп сонли тадқиқотлар мавзуи ҳисобланади, шулардан айримлари пастда қараб чиқилади. Шундагина h_e ва h_m ларни асл аҳамияти очилади ва Бернулли тенгламасини тўлароқ шаклда ёзиш мумкин бўлади.

Суюқлик оқимидаги босимнинг пьезометр асбоби билан ўлчанади. Пьезометр – юшқа деворли ингичка труба бўлиб, унда суюқлик $p/\delta g$ баландликкача кўтарилади. Суюқлик оқимининг тўла энергиясини ўлчашда Питонинг гидродинамик труба (найча)сидан фойдаланилади, унинг тузилишини ва ишлаб принципини келгуси параграфда қараб чиқилади. Дамнинг исрофи h_{ip} ҳисобга олинган график шаклидаги тасвирдан Бернулли тенгламасини яхшироқ тушуниш мумкин (3.6-расмга қаранг). Графикдан кўриниб турибдики, энергия реал (кесма $Z + \frac{P}{\delta g} + \alpha \frac{V^2}{2g}$) суюқлик оқими бўйлаб камайиб боради. Бошланғич энергия чизиги билан энергия чизиги орасида йўқотилган энергиялар h_{w1} , h_{w2} , h_{w3} кесмалари ҳосил бўлади.

Бернулли тенгламасидан ҳам, суюқлик сарфи тенгламасидан ҳам кўринадики, агар оқимнинг кўндаланг кесими юзаси камайса, суюқлик ҳаракатини тезлиги ва кинетик энергияси ортади, унинг босими ва потенциал энергияси камаяди. Аксинча, оқимнинг кесим юзаси ортса, унинг тезлиги ва кинетик энергияси камаяди, босими ва потенциал энергияси ортади. Бу графикда яхши кўрсатилган.

Шундай қилиб, агарда Бернулли тенгламаси идеал суюқлик найи учун механик энергияни сақланиш қонунини ифодаласа, реал суюқлик оқими учун эса бу оқимдаги турли хил исрофлар ҳисобга олинган энергиянинг баланс тенгламасидир. Ўз-ўзидан тушунарлики, исроф бўлаётган энергия мутлақо иссиз йўқолиб кетмайди, у фақат бошқа турдаги энергия (иссиқлик) га айланади.

Суюқлик оқими бўйлаб, унинг узунлик бирлигига тўтри келадиган солиштира тўла энергиянинг ўрта қийматини камайишига гидравлик қиялик дейилади. Ўртача гидравлик қиялик суюқлик оқимининг $l-l$ ва

3-3 қосимлари (3.6-расмга қаран) оралтидаги қисмде қуйидагига тенг:

$$h_{1-2} = \frac{(Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g}) - (Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g})}{l_{1-2}} \quad (3.27.)$$

Бунда гидравлик қиялик аниқланадиган қисмни узунлайғи. Сутоқлик оқими буйлаб, унинг узунлик бирлигига мос келадиган, потенциал энергиянинг ўзгаришини **пъезометрик қиялик** дейилади:

$$i_n = \frac{(Z_1 + \frac{P_1}{\rho g}) - (Z_2 + \frac{P_2}{\rho g})}{l_{1-2}} \quad (3.28.)$$

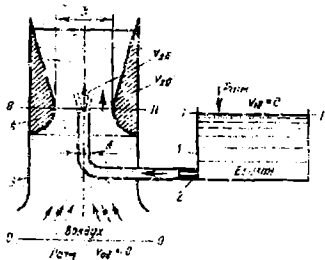
Графикдан куринадики, пъезометрик қиялик қиймати мусбат ва маъфий булиши мумкин. Гидравлик қиялик эса дам чизиги ҳар доим пасайиб борганлиги учун, у мусбат қийматли булади. Узгармас диаметрли трубада сутоқликнинг тезликлар буйича тақсимоти бир хил булганида гидравлик қияликлар ҳам бир хиллигича қолади.

3.5. Бернулли тенгламасининг техникада қўлланилиши тўғрисида

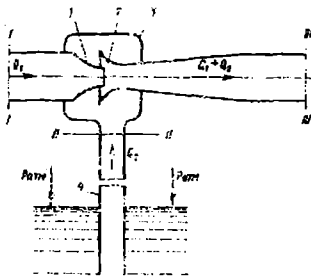
МИСОЛЛАР

Бернулли тенгламаси техникада узининг кенг тадбиқини топган. Кўпчилик қурилма ва асбобларнинг ишлаши гидравликнинг бош қонунига асосланган. Буларнинг айримларини қараб чиқамиз.

Карбюратор. Бу қурилма поршеньли ичдан ёнув двигателлари учун ишчи аралашма тайёрлаб беришга, яъни бензинни сўриш ва уни ҳаво билан аралаштиришга мўлжалланган. Энг содда карбюраторнинг схемаси 3.7-расмда кўрсатилган. У қуйидаги: қалқичли камера-1, жиклер-2, сўрувчи труба-3, диффузор-4 дан ташкил топган.



3.7-расм. Соҳда карбюратор схемаси.



3.8 расм. Пурковчи насоснинг схемаси

Сўрувчи труба (патрубок) орқали двигатель ҳавони сўришида оқимнинг тезлиги трубанинг конуссимон торайган қисми (диффузор) дан ўтиш вақтида ортади. Ҳаво тезлиги ва оқимнинг кинетик энергияси $V^2/2g$ Бернулли тенгламасига мувофиқ ортади, унинг потенциал энергияси P/γ камаяди, бинобарин, босими P ҳам камаяди, чунки $Z + p/\gamma + V^2/2g = const$.

Диффузорда босимнинг тушиши қалқигичли камерада бензинни жиклер орқали сўрилишини ва тирқираб сочилишини таъминлайди. Ҳаво оқими бензин бугини ўзи билан сўриш жараёнида, аралаштириб ишчи ёнилиги ҳосил қилади ва уни ёниш камерасига узатади.

Пурковчи насос. Бу қурилма техникада кенг қўлланилади. Гоҳо уни эжектор (буг кучи билан ишлайдиган механизм) деб аташади. Кундалик ҳаётимизда ишлатиладиган пурковчи насосни пульверизатор деб юритилади. Пурковчи насоснинг схемаси 3.8-расмда келтирилган. У иккита учлик труба (насадка) киритувчи учлик труба 1 бўлиб, унда ишчи оқим Q , ни (ҳаво ёки суюқлик) сиқилиши ҳисобига унинг тезлиги ортади ва тобора кенгайиб борувчи труба 2 ҳамда 3 камерада ташкил топган. Оқим тезлигини ортиши натижасида суюқлик найини босими ва камерадаги босим Бернулли қонунига мувофиқ камаяди. Шу сабабли суюқликни эркин сиртига узлуксиз таъсир кўрсатаётган атмосфера босими $P_{атм}$ суюқлик оқимини сўрувчи труба 4 орқали кутаради ва 3 камерага узатади, ундаги ҳаво оқими (суюқлик оқими) сўрилган суюқликни тобора кенгаювчи 2 трубага узатади. Бу охириги трубада оқимни тезлиги аста-секин камайиб боради, босими эса, то атмосфера босимигача кўтарилади. Пурковчи насослар суюқлик реактив двигателларида қўлланилади.

Сув пурковчи насосларни ишлаш принципи мактаб физика курси дарслигида ўрганилади.

Вентуриянинг трубабосимон суюқлик сарфини ўлчагич асбоби. Бу ўлчов асбоби бир қатор афзалликларга эга. Уни яшаш ва ишлатиш осон (унда бирорта ҳам ҳаракатланадиган қисм йўқ), арзон, суюқлик дамини исрофи (йўқотилиши) ҳисобга олинмайдиган даражада. Бир жинсли ва бир жипсли бўлмаган суюқликларнинг сарфини ўлчашда, лабораторияда ва ишлаб чиқаришда кенг кўламда қўлланилиши мумкин бўлган асбоб ҳисобланади.

Трубабосимон сарф ўлчагич (расходомер) бир текис тораювчи труба қисми (сопла)дан ва унга уланган цилиндрик ҳамда тобора кенгаювчи труба (диффузор)дан ташкил топган (3.9-расм).



3.9-расм. Трубабосимон сарф ўлчагич.

Оқимнинг тезлиги найнинг торайган қисмида ортади, босими эса камаяди. Нагижада сарф ўлчагич асбобининг қисмлари оралигида босимнинг тушиши кузатилади. Буни иккинчи пьезометр ёки дифференциал манометр билан ўлчаш мумкин.

Суюқлик босимларининг фарқи $\Delta p = \rho \cdot v^2$, тезлиги ва сарфи маълум даражада ўзаро боғланган бўлади. Бу боғланишни исботлаш учун оқимнинг иккита кесими учун Бернулли тенгламасини ёзамиз. Трубанинг

хар бир кесимларидаги майдонларни S_1 ва S_2 , шу ердаги оқим тезликларини V_1 ва V_2 ҳамда босимларини P_1 ва P_2 деб белгилаймиз. Труба горизонтал ҳолатда жойлашгани учун $Z_1 = Z_2$ асосида ва айрим исрофларни эътиборга олмасдан Бернулли тенгласини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \text{ бундан } \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2};$$

$$\text{Аммо } P_1/\gamma - P_2/\gamma = h, \text{ демак } h = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}. \quad (3.29.)$$

Суоқлик сарфининг ўзгармаслиги тенгласидан фойдаланиб, шу кесимлар учун ёза оламиз: $V_1 S_1 = V_2 S_2$. Оқимнинг V_1 тезлигини V_2 орқали ифодалаш учун юқоридаги тенгликдан V_2 топамиз ва уни (3.29.) тенгласига қўямиз:

$$h = \frac{V_1^2 - V_2^2(S_2/S_1)^2}{2g} = \frac{V_1^2}{2g} [1 - (S_2/S_1)^2]$$

Бундан II-II кесимидаги ўрта тезлик қуйидагига тенг бўлади:

$$V_1 \sqrt{\frac{2gh}{1 - (S_2/S_1)^2}} = \sqrt{\frac{2gh}{1 - (d_2/d_1)^4}}; \quad (3.30.)$$

бунда d_1 ва d_2 приборнинг I-I ва II-II кесимларидаги цилиндрик труба диаметрлари.

Суоқлик тезлигидан унинг сарфига ўтиш осон:

$$Q = V_2 \cdot S_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{1 - (d_2/d_1)^4}} \quad (3.31.)$$

Оқимнинг кўндаланг кесимидаги тезликлар тақсимотининг нотекислигини ҳамда асбоб ичида албатта, қаршилиқлар ҳисобига дамнинг тушишини ҳисобга олганида, ҳақиқий сарф бирмунча, (3.31.) формуласи билан ҳисобланганидан фарқ қилади. Шу сабабли бу таъсирларни ҳисобга олувчи тузатма коэффициентни киритилади. Бу m коэффициент турли хил тезликлар учун тажрибада аниқланган сарфлар асосида исботланади ва (3.31.) тенгласига киритилади:

$$Q = m \frac{\pi d_2^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{1 - (d_2/d_1)^4}} \quad (3.32.)$$

Юқоридаги (3.32.) тенгласига кирган катталиқлар узларининг аниқ қийматарига эгаллиги туфайли сарф улчагич асбоби (расходомер)нинг ўзгармас катталигини ҳисоблаш мумкин бўлади:

$$C = m \frac{\pi d_2^2}{4} \sqrt{2g/[1 - (d_2/d_1)^4]}$$

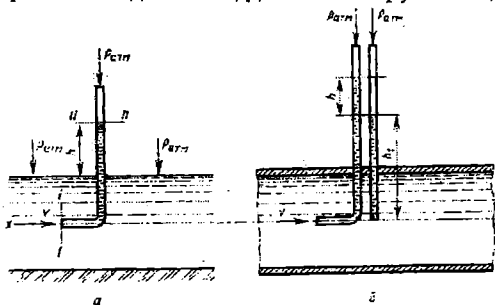
Натижада (3.32.) тенгласи соддалашади:

$$Q = C \sqrt{h} \quad (3.33.)$$

Босимнинг сунъий равишда тушириш принципига ва Бернулли қонуни асосида ишлайдиган талайгина асбоблар мавжуд, масалан, диафрагма (сув улчагич шайба) ва солло. Ундан ҳам сарф (3.33.) тенгласидагидек аниқланади. Бу асбоблар машинашунослик бўйича

Утказиладиган лаборатория машгулотларида тулиқ урганиладиганлиги сабабли бу ерда уларни қараб чиқилмайди.

Гидродинамик трубочалар. Бу трубочалар суюқлик оқимининг тирик кесимини айрим нуқталардаги маҳаллий тезликларини ўлчашга мўлжалланган. Буларнинг ичида энг соддаси Пито трубочасидир



(3.10-расм). У тўғри бурчакка эгилган бўлиб, суюқлик оқими ҳаракати йўналишига қаратиб жойлаштирилади. Агар Пито трубочасини (3.10а-расм) очиқ ўзанли оқимга жойлаштирилса, суюқликни эркин сиртидаги босим атмосфера босимига тенг бўлса, у ҳолда суюқлик оқимини сиртига нисбатан трубочада кутарилган суюқлик баландлиги тезлик дамига мос келади, яъни $h = v^2/2g$. Бундан суюқлик ҳаракатининг назарий тезлигини топиш мумкин:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (3.34.)$$

Агар суюқлик босимли трубопроводда ҳаракатланса, ундаги тезликни ўлчаш учун такомиллаштирилган Пито-Прандтль трубаси қўланилади (3.10б-расм). У иккита трубочадан ташкил топган: уларнинг бири оддий пьезометр бўлиб, пьезометрик дамни $P/\gamma = h$ ўлчайди, иккинчиси са Пито трубочасидир. Бу асбоб суюқлик оқимининг тўла дамнини $P/\gamma + v^2/2g$ ўлчашга мўлжалланган.

Бунга ишонч ҳосил қилиш учун Бернулли тенгламасини 3.10а-расмида кўрсатилган суюқлик оқимининг иккита кесими учун ёзамиз:

$$Z_1 + P_1/\gamma + v_1^2/2g = Z_2 + P_2/\gamma + v_2^2/2g,$$

бунда v_1 ва v_2 оқим кесимларидаги тезликлар, P_1 ва P_2 худди шундай кесимлардаги босимлар.

Агар солиштирма текислиги қилиб труба ни ўқи буйлаб олинса, унда $z_1 = 0, Z_2 = h$ тенглиги ва ўз навбатида $v_1 = v, v_2 = 0, P_2 = P_{атм} + \gamma h$ қуриш қийин эмас. Бернулли тенгламасига бу қийматларни қўйиб ҳосил қиламиз:

$$(P_{атм} + \gamma h) / \gamma + v^2/2g = h_2 + P_{атм} / \gamma$$

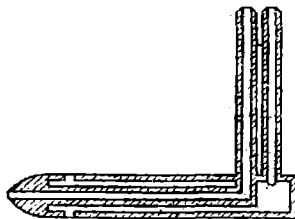
бунда $h = h_2 - h_1 = v^2/2g$, ёки худди тенглик (3.34.)дагидек $v = \sqrt{2gh}$

Ҳақиқий тезлик маълум миқдорда назарийдан катта бўлади, чунки назарий чиқарилган тенгламада трубага киритилган суюқлик оқими

ҳаракатидаги дамнинг йўқолиши (исрофи)ни ва суюқлик оқимидаги тезликлар тақсимотининг бузилиши ҳисобга олинмаган. Бу хатоликларни, ҳар бир труба учун тажриба йўли билан аниқланадиган тузатма K коэффициентини киритиш усули билан ҳисобга олиш мумкин. Бу тузатма $K=1-1,04$ оралигида бўлади. Шундай қилиб, ҳақиқий тезлик куйидаги формулалардан аниқланади:

$$v = K \sqrt{2gh}.$$

Тезлик ва пьезометрик дамларни Питонинг такомиллаштирилган трубочаси бўлиши



Прандтль трубаси (3.11-расм)

Прандтль трубаси (3.11-расм) билан ҳам бир вақтнинг ўзида ўлчаш мумкин. Бу асбоб суюқликнинг яхшигина оқиб ўтиш хоссасига эга булган цилиндрик труба булиб, унинг ичида трубочалар концентрик жойлашган. Оқимнинг тўла босимини қабул қилувчи найи, асбобнинг ўқида жойлашган тешикчаси бўлса, пьезометрик дамни қабул қилувчи чуқурчаси эса, цилиндрик ён томонининг учига яқин қисмида жойлашган.

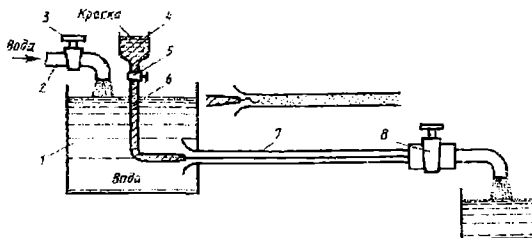
Прандтль трубасини оқим кесимининг ҳар хил нуқталарига жойлаштириб суюқлик ёки ҳавонинг шу кесимлардаги тезликлари тақсимотини аниқлаш мумкин ва ундан сарф қиймати ҳисоблаб топилади. Прандтль трубасини датчик (қабул қилгич) сифатида самалёт тезлигини ўлчаш мақсадида ва бошқа асбоб ускуналарда қўллаш мумкин.

РЕАЛ СУЮҚЛИКНИНГ ҲАРАКАТЛАНИШ ТАРТИБИ. УХШАШЛИК КРИТЕРИЯЛАРИ

4.1. Суюқликнинг ламинар ва турбулент ҳаракати.

Кўп сонли экспериментал (илмий тажриба) тадқиқотлар шуни кўрсатадики, суюқликнинг икки хил тартибдаги ҳаракати мавжуд экан. Буни 1839 йил. Г.Хаген ва 1880 йил. Д.И.Менделеев томонидан исботланган. Суюқлик ҳаракатининг тартибини ва унинг дам йўқолишига таъсирларини лаборатория шароитида инглиз физиги О.Рейнольдс 1883 йил. мукамал ўрганди ва ҳулосалар чиқарди. О.Рейнольдс тажрибалари содда ва кўргазмали бажарилади.

Суюқлик ҳаракати тартибини тадқиқ этиш мумкин бўлган Рейнольдс қурилмаси 4.1-расмда келтирилган. Ўрганилаётган суюқлик тўлдирилган катта идиш 1 га горизонтал шиша труба 7- уланган. Шу шиша трубанинг иккинчи учи яқинига суюқлик оқимининг тезлигини ўзгартиришга мўлжалланган вентель 8 урнатилган. Катта идиш устидан юқориқда рангли суюқлик тўлдирилган кичик ҳажмли идиш 4 жойлаштирилган. Бу идишчага тўғри бурчакка эгилган капилляр шиша труба 6 вентиль 5 орқали уланган. Шиша капиллярни учи 7 шиша труба соплосини ўрта қисмига (марказига) киритилади. Катта идишни узлуксиз (ё узлуқли) суюқлик билан тўлдириб туриш вазифасини вентили труба 2 бажаради. Вентиль 3 ни очиб-ёпиш усули билан идиш 1 даги суюқлик миқдори ростланади. Шундай қилиб, катта идишдаги суюқлик баландлиги (сатҳи) ўзгариб туриши ҳам ва бир меъёردа тутилиши ҳам мумкин бўлади.



4.1-расм. Суюқлик ҳаракати тартиби (режими)ни тадқиқ этиш қурилмасининг схемаси.

Тажриба қуйидаги тартибда ўтади. Идишлар рангли ва рангсиз суюқликлар билан тўлғазилиб, маълум вақт уларни қўзғолмас ҳолатида сақланади. Кейин бирин-кетин 8,5,3 вентиллари секин-аста очилади; шунда суюқликнинг маълум тартибли ҳаракати (бошланишда секинлашган) танлаб олинади. Ўлчов идишини ҳажмини ва суюқликнинг идишни тўлдириш вақтини билган ҳолда суюқлик сарфини аниқлаш мумкин.

Шиша труба 7 да ҳаракатланаётган суюқлик тезлигини аниқ қийматларини, труба диаметрини ва суюқлик турини билган ҳолда Рейнольдс қуйидагиларни исботлади.

Унча катта бўлмаган оқим тезликларида 7 труба ўқига киритилган рангли суюқлик, бошқа суюқликка (сув) аралашмасдан, аниқ кўринган ингичка най бўлиб оқим ўқида оқади. Агар шиша трубага пьезометр ёки Пито трубачаси уланса, улар оқим босимини ва тезлигини, вақт мобайнида ўзгармаслигини ҳамда ҳаракатда тебранишни (пульсация) мавжуд эмаслигини курсатади, яъни суюқлик оқими қатламлигини билдиради.

Суюқлик оқимининг тезлигини 7 трубада ўзгартириб борганимизда, аввал толасимон рангли суюқлик ҳаракати тўлқинсимон тус олади, сўнгра унинг айрим қисмларида узилишлар, пайдо бўлади ва бирор аниқ тезликлар қийматида эса мутлақо бўлакчаларга ажралади, кейин ўрганилаётган суюқлик оқимиға бутунлай аралашиб, ҳамма суюқлик массасини бир хил рангга киритади. Агар айнан шу вақтда, суюқлик зичлигига тенг бўлган майда қаттиқ ўрганилаётган суюқликда эрмайдиган заррачаларни аралаштирсак, бу заррачалар суюқликнинг элементар найчаси чизадиған мураккаб эгри чизиқли траекторияларни беради.

Шундай қилиб, суюқликнинг қатлами характердаги ҳаракатидан уюрмали, айланма ҳаракатига ўтади. Пьезометр ва Пито трубачаси суюқлик оқимидаги узлуксиз пульсацияли тезлик ва босимни курсатади. Агар 8 вентилни секин-аста ёпиб, оқиб ўтаётган суюқликнинг ҳаракат тезлигини 7 трубада камайтирсак, унда оқимни олдинги характердаги оқиш тартиби қайтадан тикланади.

Кичик тезликларда кузатиладиган суюқлик ҳаракатининг тартиби (режими) шундаки, шу суюқликнинг айрим найчалари бир-бирига нисбатан параллел ҳаракатланади ва бундай суюқлик ўқидаги оқимни ламинар дейилади. Ламинар лотинча lamina сўзидан олинган бўлиб, тасма, йўл-йўл деган маънони беради. Суюқлик оқимининг бундай тартибдаги ҳаракати назарий тадқиқотлар учун жуда қулайдир. Бу ҳодисани ингичка капилляр трубаларда, қон томирчаларида ҳамда қовушқоқлиги катта бўлган суюқликларнинг (нефть, мазут мойловчи мойлар ва ш.к.) трубалардаги ҳаракатида кузатилади.

Иккинчи турдаги ҳаракат – турбулент (лотинча turbulentus сўзидан олинган бўлиб, тартибсиз демақдир) бўлиб, суюқлик ҳаракатининг тартибсизлиги билан фарқланади ва катта тезликларда кузатилади. Ўзининг мураккаблигига қарамасдан, оқимнинг турбулент ҳаракатли тартиби (режими)ни маълум қонуниятлари бор. Суюқликда айрим ламинар тартибда, уткинчи тартибда ва турбулент тартибда ҳаракатланаётган қатламлари мавжуд. Бундай тартибдаги суюқлик оқими гидротехникавий ва гидромелиорация амалиётида жуда ҳам кўп учрайди: сувнинг трубалардаги, каналлардаги, дарёлардаги ва ш.к. ҳаракати.

Кесими юмалоқ бўлган трубаларда ўтказилган тажрибаларда эришилган натижаларни умумлаштириб Рейнольдс қуйидаги хулосага келган: оқим тартибини ҳал этувчи факторларга суюқлик ҳаражатининг ўрта тезлиги v трубопровод диаметри d , суюқлик зичлиги δ ва унинг қовушқоқлиги μ асосий ҳисобланади.

Ундан қуйидаги боғланиш қонунияти аниқланган: оқимнинг қувдаланг кесимини ўлчами ва суюқлик зичлиги қанча катта бўлса, унинг қовушқоқлиги шунча кичик бўлади, ҳамда суюқлик ҳаракати тезлиги ортан сайин ламинар тартибдаги ҳаракатдан турбулентга шунчалик тезроқ ўтилади.

Суюқлик ҳаракати тартиби (режими)ни ўзаро алмашинув чегарасидаги тезлигини критик тезлик дейилади.

Рейнольдс экспериментал тадқиқотлар натижаси асосида аниқладики, ламинар тартибдаги суюқлик ҳаракатидан турбулентга ўтиш нуқталаридаги тезликларнинг критик қиймати тургун бўлмас экан. Шунинг учун ҳам суюқлик ҳаракати тартибини ҳарактеристикаси сифатида ҳолисона кўрсаткич – ўлчамсиз параметр киритилган бўлиб, уни Рейнольдс критерияси ёки сони (R_i) дейилади:

$$R_i = v\delta d / \mu = vd / \nu \quad (4.1.)$$

бунда $\nu = \mu / \delta$ – кинематик қовушқоқлик коэффициентини.

Немис гидравлиги Шиллер томонидан ўтказилган тадқиқотлар буйича, ламинар тартибдаги оқимдан турбулент тартибдаги оқимга ўтишдаги Рейнольдс сонининг энг кичик (минимал) қиймати 2320 га тенг экан ва уни критик сон дейилади:

$$R_{i,cr} = 2320 \quad (4.2.)$$

Демак, критик тезлик қийматини (4.1.) тенгламасидан топиш мумкин бўлади:

$$v_{cr} = R_{i,cr} \cdot \nu / d = 2320 \nu / d \quad (4.3.)$$

$Re = 2320$ сонини мутлақо қатъий сон деб қараш мумкин эмас. Бу қиймат жуда кенг чегараларгача ўзгариши мумкин ва (4.1.) тенгламасига қийматларгагина боғлиқ бўлиб қолмасдан бошқа турдаги факторларга, яъни трубининг гадир-будурлигига, трубопроводнинг титрашига, тезликнинг кескин ўзгаришига ва ш.к. ҳам боғлиқ.

Агар бу таъсирлар қиймати бартараф этилса (нолга яқинлаштирилса), суюқликнинг ламинар тартибдаги ҳаракатидан турбулентга ўтишини кечиктириш мумкин ва $R_{i,cr}$ қийматини то 11000-13000 етказиш мумкин бўлади.

Рейнольдс критик сонининг қуйи ва юқори қийматлари таққосланганида, унинг юқори қиймати қуйисидан қарийиб 6 марта катталигини куриш мумкин. $[(11000 + 13000) : 2 \cdot 2320 = 6]$. Демак, қуйи ва юқори қийматлар ўртасида жуда катта оралиқ зонаси мавжуд бўлиб, суюқликнинг ҳаракати, бу зонада, шарт-шароитта қараб, ламинар тартибдаги ҳаракатда ёки турбулент бўлиши мумкин. Шундай бўлсада, ламинар тартибдаги ҳаракат шу оралиқда тургун бўлмасдан, у тезда турбулент тартибдаги ҳаракатга ўтиши мумкин. Бундай зонани ўтиш оралиғи (зонаси) дейилади. Ҳозирги вақтда амалий ҳисоб-китобларда одатда Рейнольдс сонининг ягона критик қиймати $R_i > 2320$ дан фойдаланилади. $R_{i,cr} = 2320$ бўлганида суюқлик оқимининг ҳаракат тартиби ҳар доим ламинар, $R_i < 2320$ эса – турбулент бўлади, деб ҳисоблашади.

Гидравлик ҳисоб-китобларига бундай усулда ёндошиш, уларнинг маълум даражада мустақкамлик чегарасини таъминлайди.

Рейнольдс сонининг критик қийматини нафақат кўндаланг кесими юмалоқ булган трубалар учун аниқлаш мумкин бўлиб қолмасдан, геометрик шакли турлича булганлари учун ҳам аниқланади.

Маълумки, гидравлик радиус ва диаметр ўзаро $d = 4R$ мувосабати билан боғланган. Унда $R_1 = v \cdot 4R / v$, бунда $vR/v = R_1 / 4$

Тирик кесим шаклидан қатъий назар $R_{гг} = 2320$ тенг деб қабул қилиб, ҳар қандай кесим шакли учун критерияни топамиз: $2320/4 = 575$. Демак, агарда $vR/v < 575$ булса, оқиш тартиби ламинар, аксинча $vR/v > 575$ булганида эса – турбулент бўлади.

4.2. Деворни гадир-будурляги. Гидравлик силиқ ва гадир-будур трубалар.

Суюқлик оқимини чегараловчи қаттиқ деворли трубанинг ички деворлари сиртида турли-туман шакл ва ўлчамлардаги нотекисликларни, буртиб турадиган ўсимталарни гадир-будурлик дейилади. Бундай ўсимталар ва нотекисликлар – буртмачокларни ўлчами бир хил бўлмасдан турли хилда бўлиб, материал деворини турига ва унга ишлов бериш даражасига боғлиқ бўлади. Ўз-ўзидан маълумки, бундай гадир-будурлар сони ва даражаси, вақт ўтиши билан ортади, у материалнинг занглашига ва чуқиндиларни (турли хил тузлар) миқдорига ва ш.к. боғлиқ бўлади.

"Чизмачилик" ва "Ўзаро алмаштириш асослари" курсларидан гадир-будурлик тушунчаси сизга маълум. Фақат гадир-будурликнинг айрим характеристикаларини эслатиб ўтаимиз.

Гидравликада гадир-будурлякии асосий характеристикаси сифатида, юқорида кўрсатилган, ўсимталар ва нотекисликларнинг ўртача қийматларини абсолют гадир-будурляк Δ деб қабул қилинган. Абсолют гадир-будурликнинг ўлчов бирлиги узунлик бўлиб, асосан миллиметрларда ўлчанади.

Гидравлик қаршиликка гадир-будурликни таъсирини ифодалаш учун гоҳо нисбий гадир-будурлик ε тушунчаси киритилади. Бу эса абсолют гадир-будурликнинг оқимни характерлайдиган бирор бир чизиқли ўлчам (масалан, трубопровод диаметри ёки радиуси)га нисбатан иборатдир. Нисбий гадир-будурлик ўлчамсиз катталиқдир:

$$\varepsilon = \Delta / d \quad (4.15.)$$

Айрим ҳолатларда нисбий силиқлик тушунчаси киритилади. Бу катталиқ, нисбий гадур-будурликка тесқари булган киймагдир.

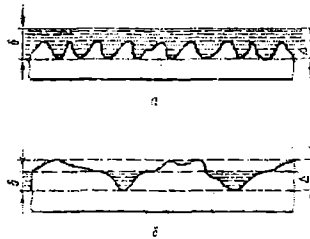
$$\varepsilon' = d / \Delta$$

Трубопровод девордаги гадир – будурлар ўлчами ишқаланиш натижасида пайдо буладиган исроф катталигини белгилайди. Албатта, суюқлик ҳаракатининг девор яқинида сусайиши ва яна ҳам кучлироқ булиши гадир – будурлар ўлчамига боғлиқ булади. Қанчалик трубалар диаметри кичик булса, шунчалик суюқлик зарралари тезроқ трубопровод ўқидан, унинг деворлари томон югиради ва ундаги гадир-будурликлар билан учрашади ҳамда оқимнинг кучли ҳаракатини уйғотади. Демак, кичик диаметрли трубаларда уюрмаларни ҳосил булиш эҳтимоллиги катта

ва суюқлик ҳаракатининг характериға гадир-будурлик шунчалик кучли ўз таъсирини кўрсатар экан.

Труба деворларидаги гадир-будурлик билан суюқлик оқимининг характери орасидаги мураккаб боғланиш мавжудлигини тажрибада исботланган. Девор билан суюқлик оқимининг икки хил таъсирлашуви бўлиши мумкин (4.7-расм).

1. Абсолют гадир-будурлик қиймати чегаравий ламинар қатлам (парда) қалинлигидан кичик, яъни $\Delta < \delta$. Бундай ҳолатда деворни нотекисликлари ламинар парда билан тўла қопланган бўлиб, оқимнинг турбулент қисми (унинг ядроси) бу пардага тегмайди. Демак, ишқаланиш ҳисобига энергиянинг исрофи деворнинг гадир-будурлигига боғлиқ бўлмасдан, аксинча, суюқлик хоссалари билан аниқланар экан. Бундай трубаларни гидравлик силлиқ трубалар дейилади (4.7-расм, а).



4.7-расм. Суюқлик оқимининг гидравлик силлиқ (а) ва гидравлик гадир-будур (б) трубалари билан таъсирлашуви.

2. Абсолют гадир-будурлик қиймати чегаравий ламинар қатламидан катта, яъни $\Delta > \delta$. Бундай ҳолатда, деворни нотекис қисми чегаравий ламинар пардадан чиқиб, турбулент областига маълум даражада ўтиб туради ва оқимнинг ядросидаги ҳаракат тартибсизлигини кучайтириб, энергиянинг исрофини анчагина орттиради. Бундай сиртларни, ўз навбатида, трубаларни ҳам гидравлик гадир-будур деб аталади (4.7-расм, б).

Чегаравий қатлам қалинлиги ўзгарувчан бўлиб, уни Рейнольдс сони ҳисобга олувчи, бир қанча факторларга боғлиқ. Рейнольдс сони ортиши билан чегаравий ламинар қатлам қалинлиги камаяди ва олдин ламинар қатлам остида бўлган ўсимталар ундан чиқиб турбулент зонасига ўтади. Рейнольдс сонининг қийматиға қараб, бир деворнинг ўзи бир ҳолатда силлиқ ва аксинча, иккинчи ҳолатда эса гадир-будур бўлиши мумкин.

ГИДРАВЛИК ҚАРШИЛИКЛАР ВА ДАМНИНГ ИСРОФИ

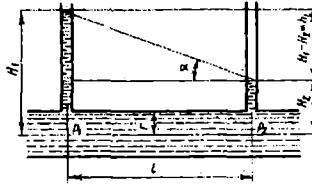
5.1. Гидравлик қаршилик турлари. Оқим узунлиги бўйлаб ишқаланишда дамнинг исроф бўлиши.

Юқоридаги § 3.4. дан маълумки, қаттиқ девор билан чегараланган реал суюқлик оқимининг дами икки турдаги қаршиликлар ҳисобига маълум даражада камаяди: суюқликнинг оқим узунлиги бўйлаб ишқаланиши натижасида; оқим тезлигининг ҳам қийматини, ва ҳам йўналишини ўзгаришига сабабчи бўлган оқим йўлидаги турли-туман тўсиқлар таъсиридан ҳосил бўлган маҳаллий қаршиликлар натижасида.

Суюқлик дамнинг тушишини ҳисоблашда турли-туман тўсиқларда дамлар исрофини қўшилиш принциpidан фойдаланилади, чунки ҳар бир тўсиқда ҳосил бўлган қаршилик ҳисобига дам исрофларининг йигиндиси умумий йўқотилган дами беради деб қаралади.

$$h_w = \sum h_i + \sum h_m \quad (5.1.)$$

Бу (5.1.) тенгласига киритилган ҳар бир турдаги исроф бўлган дам нималардан ташкил топган ва уларни қандай аниқлаш мумкин?



5.1-расм. Ишқаланишда исроф бўлган дами аниқлашга доир.

Ишқаланиш ҳисобига суюқлик дамнинг исроф бўлишини қараб чиқамиз. Горизонтал жойлашган трубанинг бирор қисмидан суюқлик оқиб утаётган бўлсин (5.1-расм). Бу суюқлик оқимидан ихтиёрий иккита кесимни танлаймиз ва оқимнинг трубадаги ҳаракатини текис ҳамда маҳаллий қаршиликлар йўқ, яъни $h_i = h_w$ деб қабул қилиб, улар учун Бернулли тенгламаларини ёзамиз:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\delta g} + \alpha_1 \frac{V^2}{rg} = Z_2 + \frac{P_2}{\delta g} + \alpha_2 \frac{V^2}{rg} + h_w \quad (5.2.)$$

Урганилаётган суюқлик оқимида жойлашган пьезометрлар курсатганларини билган ҳолда ва эканлигини ҳисобга олиб, (5.2.) тенглигини қуйидаги кўринишдаги ифодасини ёзиш мумкин:

$$\frac{P_1 - P_2}{\delta g} = H_1 - H_2 = \frac{P_{\text{ишк}}}{\delta g} h_w \quad (5.3.)$$

Бу (5.3.) ифодани пьезометрлар жойлашган нуқталардаги суюқлик оқими кесимлари оралигидаги l масофага бўлиб, пьезометрик қийлик i_n топилади:

$$i_n = \frac{P_1 - P_2}{\delta g} = \frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{\Delta P_{\text{ишк}}}{\delta g l} = \frac{h_w}{l} = \text{tg} \alpha \quad (5.4.)$$

Агар суюқлик оқимининг кесими узгармас бўлса, (5.4.) тенгламасидаги h_w бирор l узунликдаги қаршиликни енгилда оқиб утаётган суюқликнинг исроф бўлган дамининг баландиғидир. Пасайган дамнинг катталиги эса гидравлик қияликдир ва у i қарфи билан белгиланади, чунки узгармас кесимдаги суюқлик оқимининг барқарор ҳаракатида гидравлик қиялик пьезометрик қияликка, яъни горизонтга нисбатан пьезометрик чизик ҳосил қилган бурчак тангенсига тенг бўлади.

Энди, суюқликнинг ламинар тартибли оқими учун суюқлик сарфи тенгламаси (4.13., § 4.2.) дан фойдаланамиз. Бу тенгламага (3.4.) тенгламадан топиладиган $P = \Delta P_{\text{шук}} = \delta g l i$ ни киритамиз. Унда суюқлик сарфини қуйидагича ёзамиз.

$$Q = \frac{\delta g l i}{8 \mu} \cdot \pi r_0^4 \quad (5.5.)$$

Тенглама (5.5.) га $Q = \pi r_0^2 V$; $\gamma = \rho / g$; $r_0 = r$; $d = 2r$ қўйиб ва i нисбатан ечамиз. У ҳолда

$$Q = \frac{\delta l g i}{8 \mu l} \pi r^4 = \pi^3 V$$

буадан

$$\delta g i r^3 = 8 \mu V; \quad i = \frac{8 \mu V}{\delta g (d/2)^3} = \frac{32 V \gamma}{g d^3}; \quad (5.6.)$$

$h_w = ii$ тенглигини эътироф этсак, қуйидагини топамиз:

$$h_w = 32 V \gamma l / g d^3 \quad (5.7.)$$

Чиқарилган (5.7.) тенгламасини Пуазейль формуласи дейилади. Бу формула, қундаланг кесими айлана шаклидаги (юмалоқ) трубалардаги суюқликнинг ламинар оқимидаги дамнинг ишқаланиш таъсирдан исроф булишини ҳисоблашда қўлланилади. Юқоридаги (5.7.) тенгламасининг сурат ва махражини $2V$ купайтириб, сунгра ихчамлаб, суюқликнинг ишқаланишда исроф бўлган дамни ҳисоблаш учун қўлланиладиган янги тенглама ифодасини ҳосил қиламиз:

$$h_w = \frac{32 V \gamma}{g d^3} l \cdot \frac{2V}{2V} = \frac{64 V \gamma^2 l}{2 g d^3 V} = \frac{64 V^2}{Re d \cdot 2g} \quad (5.8.)$$

Янгича белгилашни

$$\lambda = \frac{64 V}{\gamma d} = \frac{64}{Re} \quad (5.9.)$$

киритиб, (5.8.) тенгламасини қайта ёзамиз:

$$h_w = \frac{64 V^2}{Re d \cdot 2g} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (5.10.)$$

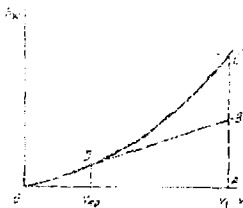
Ҳосил қилинган (5.10.) тенгламасини юмалоқ диаметрли трубаларда ишқаланиш таъсирдан суюқлик дамининг исрофини ҳисоблашда қўлланиладиган Дарси-Вейсбах тенгламаси дейилади. Бунда λ - ўлчамсиз катталиқ бўлиб, гидравлик қаршилик коэффиценти дейилади. Бу коэффицент суюқлик дамининг қандай қисми гидравлик ишқаланишни енгилда сарф булишини кўрсатади.

Ҳосил қилинган (5.10.) тенгламасидаги труба диаметри ўрнига гидравлик радиус ($d=4R$) ифодасини киритиб, юмалоқ булмаган трубалардаги ва очиқ ўзанлардаги (канал, дарё ва ариқ) суyoқлик дамнининг исрофини ҳисоблашда қўлланиладиган Дарси-Вейсбах тенгламасини ҳосил қиламиз:

$$hw = \lambda \frac{l}{4R} \frac{V^2}{2g} \quad (5.11.)$$

Суyoқлик оқими дамнининг исрофини ҳисоблашда (5.10.) ва (5.11.) тенгламалари кенг қўлланилади. Бу формулалардан кўринадики, ламинар режимли суyoқлик оқимини ҳаракатидаги дамнинг исрофи тезликнинг биринчи даражасига пропорционал булсада, суратдаги тезлик V иккинчи даражада. Буни шундай тушунтириш мумкин: ламинар оқимдаги λ коэффициентига тезлик (5.9.) минус биринчи даражада киради. Шунинг учун ҳам (5.10.) ва (5.11.) тенгламаларидаги тезлик биринчи даражада қолади.

Дарси-Вейсбах формулаларини турбулент оқим учун ҳам қўллаш мумкин. Бундай ҳолатда гидравлик ишқаланиш коэффициентини бошқа қийматга эга булади ва у ўзгача боғланишлар орқали аниқланади. 5.2-расмда дамнинг исрофи билан суyoқлик тезлиги орасидаги боғланиш графиги тасвирланган: ОДС эгри чизиги суyoқлик оқимининг турбулент ва ОДВ чизиги эса ламинар тартибларидаги ҳаракатларини характерлайди.



5.2-расм. Турли хил тартибда ҳаракатланаётган суyoқлик дамнинг исрофини тезликка боғлиқлиги.

Агар биро усул билан оқимнинг турбулент ҳаракатини кучайиши чекланса, у ҳола ОД чизигини унинг ўнг томонидаги В нуқтагача давом эттириш мумкин булади. Шунда суyoқликнинг бирор V_1 тезлигидаги дамнининг исрофини қиймати АВ кесмасига тенг булади. Аммо, амалда ҳамма вақт турбулент ҳаракат механизмига қатнашган суyoқлик массаси турбулент оқим ҳосил бўлишига ўз таъсирини кўрсатади. Натижанда, бирор $V_{кр}$ тезликда суyoқлик дамнининг исрофи тезликка боғлиқлиги квадратли (графикдаги ДС парабола чизиги) булади.

Юқоридаги (5.11.) формуласидан фойдаланиб гидравликада жуذا ҳам муҳим бўлган (ДС чизиги) қаршиликнинг квадратик қисмидаги оқим тезлигини аниқлашдаги боғланишни чиқариш мумкин.

Оқим тезлигига нисбатан (5.11.) тенгламасини ўзгартириб, ундан тезликни топомиз:

$$V = \sqrt{8g/\lambda} \cdot \sqrt{Rhwl/l} = \sqrt{8g/\lambda} \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (5.12.)$$

бунда $C = \sqrt{8g/\lambda}$ коэффициенти (5.13.)

C – коэффициенти Шези томонидан киритилганлиги учун, унинг исми билан юритилади. (5.12.) тенгламасидан осонгина Шези формуласига ўтиш мумкин:

$$V = C\sqrt{R \cdot i} \quad (5.14.)$$

Маълумки, (5.13.) дан гидравлик қаршилик коэффициенти

$$\lambda = 8g/c^2 \quad (5.15.)$$

топилади.

Юқоридаги (5.13.) ва (5.15.) формулалари гидравлик қаршилик коэффициентини (λ) ни Шези коэффициентини (C) билан боғлайди. Бу коэффициентларнинг бирини билган ҳолда иккинчисини аниқлаш мумкин. Гидравлик қаршилик коэффициентини ўлчамсиз бўлсада, Шези коэффициентини $\sqrt{M/c^2}$ ўлчов бирлигида ўлчанади.

Шези формуласи (5.14.) асосида бир қатор муҳим ҳисоблашлардаги боғланишларни олиш мумкин.

Суюқлик сарфи:

$$Q = VS = SC\sqrt{R \cdot i} = K\sqrt{i}, \quad (5.16.)$$

бунда K – сарф модули ёки сарф характеристикаси.

$$K = SC\sqrt{R} \quad (5.17.)$$

Сарф модули (5.17.) формуласига кирган катталиклар қийматларини қўйиб, унинг физикавий моҳиятини осонгина тушуниш мумкин:

$$K = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \cdot \sqrt{R} = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{4R \cdot 2g}{\lambda}} = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{d \cdot 2g}{\lambda}} = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{\lambda}} \quad (5.18.)$$

Сарф модули (5.18.) формуласига мувофиқ, у шу трубопровод ва ўрганилаётган оқим тартиби учун бир неча катталиклардан ташкил топган. Юқоридаги (5.16.) тенгламасидан кўринадики, сарф модули ҳам сарф ўлчови бирлигида (m^3/c) ўлчанар экан, чунки i – катталиги ўлчамсиз қиймат ҳисобланади. Бундан ташқари (5.16.) тенгламасидан маълумки

$$i = Q^2 / K^2 \quad (5.19.)$$

Демак,

$$hw = Q^2 \cdot 11k^2 \quad (5.20.)$$

Юқорида кўрилган формулалар турбулент тартибида (режимда) ишлайдиган трубопроводлар ҳисоб-китобида кенг қўлланилади, чунки турбулент оқим суюқликларнинг турбалардаги ҳаракатида ҳар доим уринлидир. Кўпчилик ҳолатларда (5.16.) формулани «водопровод» – сув қувури формуласи деб юритилади.

СУЮҚЛИКНИНГ ТЕШИҚДАН ВА КАЛТА ТРУБАДАН ОҚИБ ЧИҚИШИ

6.1. Суюқликнинг оқиб чиқиш турлари

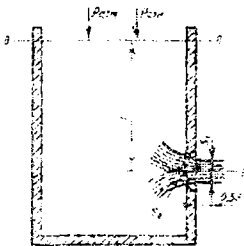
Суюқликнинг тешиқдан оқиб чиқиш масаласи амалий гидравликадаги энг «куҳна» масалалардан ҳисобланади. Бу масаланинг ечимини топишда бир қатор олимлар иш олиб бордилар, булар орасида Торичелли ва Бернулли ҳаммадан ҳам кўпроқ ўз хоссаларини қўшдилар.

Бу масала узини муҳимлигини ҳозирги кунда ҳам йўқотган эмас. Турли-туман механикавий қўрилмалардаги баклар, қозонлар ва ҳар хил резервуарлардаги тешиқлар ва калта трубачалардан суюқликнинг оқиб чиқиш жараёни кўп учрайдиган ҳолдир. Масалан, ички ёнғув двигателларининг ёқилги билан таъминлаш системасида бензиннинг жиклёрлардан оқиб чиқиши бу суюқликнинг тешиқча ва калта трубачалардан оқиб чиқиши ҳисобланади.

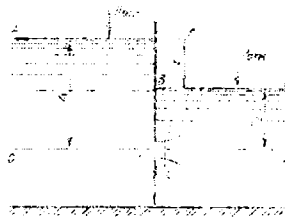
Мотоцикллар ва автомобилларда ҳамда замонавий самолётлар шассиларида кенг қўлланиладиган гидравлик амортизаторларнинг ишлаши ва шу қатори оғир тўпларни оғирга кетишидан сақлагич тормозловчи системаларини ишлаши ҳам суюқликнинг кичик тешиқчалардан оқиб чиқиши ҳисобланади. Авиация ва ракета техникасида суюқликнинг калта трубачалардан оқиб чиқиш асосан, газ трубиналари ва суюқликли реактив двигателларнинг ёниш камераларига ёқилгини узатилишида содир бўлади.

Суюқликнинг оқиб чиқишидаги асосий масала, турли-туман геометрик шакллардаги тешиқ ва калта трубалардан оқиб чиқаётган суюқликнинг тезлиги ва сарфини аниқлашдан иборат. Бунда суюқликнинг оқиб чиқиш шарти турлича бўлиши мумкин.

Кичик тешиқчадан ва калта трубадан оқиб чиққан суюқлик найчаси тўппа-тўғри атмосфера босими остидаги муҳитга тушиши мумкин шунда у атмосфера босими остида бўлади (6.1-расм); айрим ҳолатларда оқим найчасининг тешиқча ёки калта труба орқали бошқа идишдаги ёки сув омборидаги суюқлик ичи (ости)га оқиб чиқиши кузатилади (6.2-расм).



6.1-расм. Суюқликнинг атмосферага тешиқчадан оқиб чиқиши.



6.2-расм. Суюқликнинг чуқтирилган тешиқча орқали суюқлик остига оқиб чиқиши.

Ҳар иккала ҳолатда ҳам оғирлик кучи ва дам H (атмосферага оқиб чиқишда) ёки сатҳлар айирмаси Z (чуктирилган тешикча ёки калта труба орқали суюқлик остига оқиб чиқиши) суюқликнинг оқиб чиқиш тезлигига ва сарфига таъсир қилади.

Дам H ёки сатҳлар фарқи Z оқиб чиқиш жараёнида ўзгармаслиги мумкин, ўзгарган тақдирда, бу оқиб чиқиш параметрларига таъсир қилиши мумкин бўлади. Оқиб чиқишнинг табиати тешик ва калта труба турига ҳам боғлиқ бўлади.

Тешиклар кичик ва катталиги, ҳамда юпқа ва қалин деворли бўлиши билан бир-бирдан фарқланади. Агар тешикнинг d диаметри (айлана-юмалоқ тешиклар учун) ёки унинг ён томони баланглиги a (туғри бурчакли) дам H га нисбатан анча кичик бўлган тақдирда бундай тешикларни кичик тешиклар дейилади, яъни $d \leq 0,1H$.

Агар $d \geq 0,1H$ бўлганида уларни катта тешиклар деб юритилади. Оқиб чиқиш табиатига таъсир эта олмайдиган қалинликдаги деворни юпқа девор дейилади. Тажрибада аниқланганки, бундай турдаги деворни қалинлиги δ тешик диаметридан (1,5-3) d ошмаслиги керак. Бундай ҳолатларда тешикдан оқиб чиқаётган оқим найчаси деворнинг қалинлиги чегарасида, унга тегмайди. Девордаги тешикларнинг ўткир чеккалари оқим найчанинг шаклига ва унинг гидравлик табиатига таъсир қилмайди.

Деворнинг қалинлиги $3d (S > 3d)$ дан катта бўлганига қадар орттирилганида, оқиб чиқиш табиати ўзгаради ва бундай тешик калта трубадек ишлай бошлайди, бундай ҳолатда тешик оқим найчанинг йўналтирувчиси бўлиб хизмат қилади. Шундай қилиб, оқим табиатини ўзгартириш учун тешикка киритилган, унча узун бўлмаган трубани (тармоқланмаган қисқа труба-патрубка) калта труба (насадка) дейилади. Энг кўп тарқалган калта трубалар турларига цилиндрик, конуссимон (б.3-расм) эгри чизиқли кўринишдаги коноидал бўлиб, улар торайиб борувчи най шаклига ўхшашдир.

Суюқликнинг тешик ва калта трубадан оқиб чиқиш жараёнида кесимлари текислигидан $l = (0,5 - 0,1)d$ масофада суюқлик найи кесимини сиқилиши ҳосил бўлади. Идишдаги суюқлик тешикка бир текис эгриланувчан кўринишдаги траектория бўйлаб оқиб келади ва механиканинг биринчи қонунига мувофиқ, кейинчалик ҳам, узининг шу траекториясини сақлаб қолишга ҳаракат қилади. Натижада суюқлик заррачалари узаро тўқнашади, бир-бирини босади, оқибатда суюқлик найи сиқилади. Сиқилиш ϵ коэффициентини билан баҳоланади, у сиқилган най кесимининг юзасини S_n , тешик диаметрини юзасига S_0 нисбати билан ўлчанади (б.1-расмга қаранг):

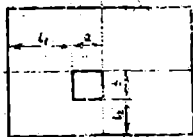
$$\epsilon = S_n / S_0 \quad (6.1.)$$

Сиқилиш мукамал ва номукамал ҳамда тулиқ ва нотулиқ бўлиши мумкин. Агар идиш девори ва таги тешикдан етарли даражада узоқда жойлашса ва суюқлик найчанинг оқиб чиқиш табиатига таъсир кўрсатмаса, яъни $l_1 \geq 3a$ ҳамда $l_2 \geq 3a$ (б.4.) шартларини қониқтирган тақдирдагина уни мукамал сиқилган деб қараш мумкин. Агарда, юқоридаги шартлар қониқтирилмаса, унда сиқилишни номукамал деб

зорпилади. Номуккамал сиқилиш жараёнида сиқилиш коэффициенти ортиб боради.



6.3-расм. Турали шикдаги аалта трубаалар: а, б-теши ва ятки томонидан цилиндрик; в, г-тоғ айиб ва кенгайлаб борувчи конус; д-кониқдал.



6.4-расм. Шикнинг муқаммал ва номуккамал сиқилиш таъсифларига оид чизма.

Тула сиқилиш — бу тешик параметри буйича (ҳамма томонлама) бир жабрда сиқилишдир. Агар най бир ёки бир неча томонларидан сиқилишни сезмаганида, яъни тешик параметрининг бирор қисми идиш девори ёки таги билан бирлашиб кетганида, у нотулақ сиқилиш ҳолатида бўлади.

Атмосферага суюқлик оқиб чиққанида ҳосил булган суюқлик найнинг узунлиги буйича ўз шаклини ўзгартиради ва буралиши кузатилади. Бу ҳодисани найнинг инверсияси (яъни урин алмашинуви) дейилади. Бу ҳодиса асосан тешиқдан оқиб чиқаётган суюқликнинг элементар найига таъсир этаётган сирт тарафлиги кучига боғлиқ. Инверсия ҳодисаси юмалоқ бўлмаган тешиқларда кўпроқ кузатилади. Тешиқ шаклига қараб, суюқлик найнинг кўндаланг кесими, тешиқдан узоқлашган сайин узининг шаклини ўзгартиради. Турт бурчак шаклидаги тешиқдан суюқлик найи оқиб чиқишда, оқим ийни аквал саккиз бурчакли шаклига, сунгра крест (90° бурчак остида кесишган чизиқлар ёки чорраҳа) шаклига ва ш.к. кўринишларни қабул қилади.

6.2. ЮНҚА ДЕВОРДАГИ ТЕШИҚЧАДАН СУЮҚЛИКНИНГ ОҚИБ ЧИҚИШИ

Резервуардаги суюқликнинг эркин сиртита атмосфера $P_{атм}$ босими таъсир этаётган умумий ҳолатни қараб чиқамиз. Резервуар деворида юмалоқ шаклдаги кичкингина тешиқча суюқликнинг эркин сиртидан H чуқурликда жойлашган бўлиб, у бошқа деворлар ва идиш ағидан етарлича узоқда жойлашган (6.1-расмга қаранг); бундай ҳолатларда суюқликнинг оқиб чиқиши муқаммал ва тула бўлади.

Суюқликнинг ҳарақатини баҳолайдиган иккита кесими танлаймиз: суюқликнинг эркин сиртидаги 0-0 кесимида суюқлик тезлиги жуда кичик, унинг тезлиги тешиқдаги тезликка нисбатан нолга тенг деб қараш мумкин булган ва сиқилган най кесими марказидан ўтказилган, ҳамда солиштирма текислиги билан устма-уст тушадиган I-I кесимлари учун. Бериулли тенгламасини ёзамиз:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \xi \frac{V_2^2}{2g}$$

Бундан ξ – тешикнинг қаршилик коэффициенти; $Z_1 = H$; $Z_2 = 0$;
 $F_1 = P_2 = P_{\text{лим}}$; $V_1 = 0$; $V_2 = V$; $\alpha_1 = \alpha_2$.

Алмаштиришларни ўтказиб, бу тенгламадан ҳосил қиламиз:

$$H = (\alpha + \xi) \frac{V^2}{2g}$$

бундан оқиб чиқиш тезлиги V ни топамиз:

$$V = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi}} \cdot \sqrt{2gH} = \varphi \sqrt{2gH} \quad (6.2.)$$

Бунда φ – тезлик коэффициенти бўлиб, ушловсиз катталиқдир. Бу коэффициент, тешик қаршилигини енгитишда дамнинг исроф бўлиши ҳисобига назарий тезликнинг камайишини кўрсатади.

Турбулент тартибда ҳаракатда $\alpha = 1$ бўлганлигини эътиборга олинса, у ҳолда φ қуйидагига тенг бўлади:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi}} \quad (6.3.)$$

бундан қаршилик коэффициентини тезлик коэффициенти орқали ифодалаш мумкин:

$$\xi = \frac{1}{\varphi^2} - 1$$

Агар, суюқлик идеал бўлса, $\xi = \alpha$; ўз навбатида, $\varphi = 1$. Унда (6.2.) формуласидан суюқликнинг оқиб чиқиш тезлигини назарий ифодасини ҳосил қиламиз:

$$V_H = \sqrt{2gH} \quad (6.4.)$$

Юқоридаги (6.4.) тенгламасини Торричелли формуласи дейилади. Бундай боғланишни урта асрда ижод қилган. Буюк италиялик физик Торричелли аниқлаган. Назарий механика ва физикадан маълум бўлган аниқ формула бўлиб, жисмларни эркин тушиш тезлигини аниқлашда қўлланадиган формула билан тенг кучлидир. Демак, атмосфера босими остида ўзгармас H қалинликдаги идеал суюқлик қатлами тагидаги идиш тешигидан оқиб чиқаётган оқим тезлиги, бошланғич тезлиги нолга тенг бўлган қаттиқ жисмнинг эркин тушиш тезлигига тенг бўлар экан. Унда мўс равишда суюқлик дами H сатҳ баландлигига тенг деб қаралади.

Келтирилган (6.2.) ва (6.4.) тенгламаларини ўзаро солиштирилса, ундан тезлик коэффициенти суюқликнинг ҳақиқий оқиб чиқиш тезлиги билан назарий тезликлари нисбатига тенглиги келиб чиқади:

$$\varphi = V / V_H \quad (6.5.)$$

Бизга маълум бўлган боғланишлардан фойдаланиб, суюқликнинг тешикдан оқиб чиқишдаги сарфини аниқлаймиз:

$$Q = VS_H = VS_0 \cdot \varepsilon = \varepsilon S_0 \varphi \sqrt{2gH} \quad (6.6.)$$

Сиқилиш ε ва тезлик φ коэффициентларининг купайтмасини сарф коэффициенти эканлиги асосида, уни μ белгилаймиз:

$$\mu = \varepsilon \cdot \varphi \quad (6.7.)$$

Унда, (6.6.) формуласини бошқачароқ кўринишида ёзамиз:

$$Q_k = \mu S_0 \sqrt{2gH} \quad (6.8.)$$

Бундан сарф коэффициентини ҳақиқий Q_k сарфини назарий Q_n сарфига нисбатан куринишда келтириш мумкин:

$$\mu = Q_k / S_0 \sqrt{2gH} = Q_k / Q_n \quad (6.9.)$$

Юпқа девордаги кичкина тешиқдан суюқликнинг оқиб чиқиш коэффициентлари ϵ , φ ва φ Рейнольдс сонининг қийматларига (Re) боғлиқлигини, оқиб чиқишнинг назарий тезлигидан аниқлаш мумкин:

$$R_i = \frac{V_n \cdot d}{\nu} = \frac{d \sqrt{2gH}}{\nu} \quad (6.10.)$$

Рейнольдс сонининг қийматлари катта бўлганида, яъни $Re > 10^4$, кичик тешиқча учун оқиб чиқиш коэффициентларини қуйидагича қабул қилиш мумкин:

$$\epsilon = 0,62 - 0,64; \quad \varphi = 0,97; \quad \mu = 0,69 - 0,62; \quad \zeta = 0,06$$

Инжинерлик амалиётида, суюқликнинг атмосферага оқиб чиқишдан кура, суюқлик сатҳи тешиқдан баланд бўлган, шу турдаги суюқлик билан тўлдирилган муҳитга оқиб чиқиши кўпроқ кузатилади. Бундай турдаги оқиб чиқишларни сатҳ остига оқиб чиқиш ёки чўктирилган тешиқ орқали оқиб чиқиш дейилади. Бундай ҳолатдаги оқиб чиқишларга шлюз (сув дарвозаси)нинг шчитидagi деразалар ёки тўғон эшиги (загвор) орқали сувни оқизиб юбориш усуллари мисол бўла олади.

Чўктирилган кичкина тешиқчадан суюқликнинг сатҳ остига ўзгармас дам билан оқиб чиқишини қараб чиқамиз (6.2-расмга қаранг). Иккала резервуардаги суюқликнинг сатҳлари ўзгармас, улар сиртларидаги босим атмосфера босимига тенг. Деворни икки томонидаги суюқликларнинг эркин сиртларидаги кесимлари (А-А ва В-В) учун Бернулли тенгламаларини ёзамиз. Солиштириш текислигини тешиқ ўқи бўйлаб жойлаштирамиз. Суюқликнинг эркин сиртидаги тезлиги жуда ҳам кичик бўлганлиги учун уни нолга тенглаштириб оламиз. Унда Бернулли тенгламаси қуйидаги кўринишга келади:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \sum h$$

Бунда $\sum h$ исроф бўлган тула дам; $h_1 = \zeta \frac{v^1}{2g}$ - тешиқдаги қаршилиқни

енгишга сарф бўлган дам; $h_2 = \alpha \frac{v_2}{2g}$ - суюқликнинг элементар найини кенгайишига ва иккинчи резервуардаги тешиқдан сўнг ҳосил буладиган бурамаларга сарф бўлган дам.

Исроф бўлган тула дам қийматларини уз уринларига қуйиб, $P_1 = P_2$ эътиборга олган ҳолда, Z га нисбатан Бернулли тенгламасини ёзамиз:

$$Z = Z_1 - Z_2 = (\xi + \alpha) \frac{v^2}{2g}$$

бундан сатҳ остига суюқликнинг оқиб чиқиш тезлиги қиймати. қуйидагига тенг бўлади:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi}} \cdot \sqrt{2gz} \quad (6.11.)$$

ёки

$$V = \varphi \sqrt{2gz} \quad (6.12.)$$

Сууюқлик атмосферага оқиб чиққанида, сарфни най кесимининг юзаси $S_H = S_0 \varepsilon$ ва тезлиги V орқали ифодалаш мумкин:

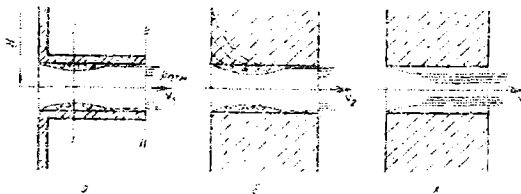
$$Q = \varepsilon S_0 \varphi \sqrt{2gz} = \mu S_0 \sqrt{2gz} \quad (6.13.)$$

Бундай содда солиштирмалардан кўринадики, чуқутирилган тешиқдан оқиб чиқётган сууюқлик тезлиги ва сарфини аниқлаш формулалари, сууюқликнинг атмосферага оқиб чиқиш ҳолати учун олдинроқ топилган формулаларга ухшаш. Келтирилган (6.8.) ва (6.13.) ифодаларига фарқ дам H урнига сатҳлар айирмаси киритилган.

6.3. Ташқи цилиндрик калта трубадан сууюқликнинг оқиб чиқиши

Сууюқликнинг ташқи цилиндрик калта трубадан оқиб чиқишини қараб чиқамиз (6.5-расм, а,б). Сууюқлик найи идишдан оқиб чиқиб калта трубага киришда, худди тешиқдан оқиб чиқишидагидек сиқилади, сунгра секин-асга кенгайиб бориб, калта трубага кесимини тўдириб оқади. Бу калта труба кесимини тўдириб оқиб чиққанлиги учун чиқишдаги сиқилиш коэффициентини $\varepsilon = 1$, сарф коэффициентини эса $\mu = \varphi$.

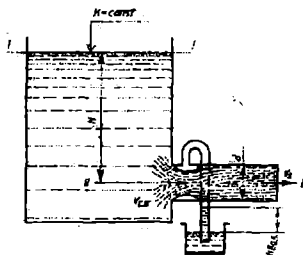
Сууюқлик найининг калта трубада сиқилиши ва тешиқдан оқиб чиқиши жараёнлари бир-биридан фарқ қилади. Сууюқлик найи калта трубада қаттиқ девор билан чегараланганлиги учун сиқилган най атрофида «сиқилиш» зонаси ёки ҳалқасимон «ўлик» бушлиқ ҳосил бўлади. Бу бушлиқ вақти-вақти билан уюрмали, айланма ҳаракатдаги сууюқлик билан тўлдирилади ва тезда асосий сууюқлик оқимида қўшилиб чиқиб кетади. Бунинг натижасида «ўлик» бушлиқдаги босим атмосфера босимидан кичик бўлади ва у ерда сууюқликдан ҳаво пуфакчаларини (кавитация ҳодисаси)га сабабчи булган вакуум ҳосил бўлади. Ажралган ҳаво калта труба орқали утаётган сууюқликка қўшилиб оқим билан чиқиб кетади.



6.5-расм. Сууюқликнинг ташқаридаги цилиндрик калта трубадан (а), калта труба вазифасини бажарувчи қалин девордаги цилиндрик тешиқдан (б) оқиб чиқиши ва цилиндрик калта трубаининг ички сиртидан сууюқлик найини узулиши (в).

Юпқа девордаги тешиқдан оқиб чиқётган сууюқлик сарфига нисбатан калта трубадан ўтган миқдори бир мунча ортганлиги сабабли вакуум пайдо бўлиши орқали тушунтирилади. Калта труба, ҳосил булган вакуум таъсирида ўзига хос насосдай ишлаб, қўшимча сууюқликни суради.

Бу ҳодисани содда тажрибада кузатиш мумкин (6.6-расм). Калта трубадаги суюқлик найининг энг кўп сиқилган жойи («ўлик» буш-лик)га эгри шаклдаги шиша тру-бача уланади ва унинг иккинчи очиқ, дастга қаратилган учи би-рор очиқ идишдаги суюқликка ботирилади, натижада бу суюқ-лик шиша трубача бўйлаб сўрила бошлайди.



6.6-расм. Цилиндрик калта трубада вакуум ҳосил булaши.

Сўрилган суюқлик баландлиги $h_{\text{вак}}$ асосида, калта трубада ҳосил булган вакуум даражасини баҳолаш мумкин. Экспериментларда олинган натижалар қуйидаги нисбатни беради: $h_{\text{вак}} = 0,75 H$, бунда H - суюқлик дами.

Цилиндрик калта труба орқали оқиб утаётган суюқликнинг оқиб чиқиш тезлигини ва унинг сарфини ҳисоблаш формулаларини чиқариш мақсадида солиштириш текислигини калта труба ўқидан утказиб, иккита I-I ва II-II кесимлари учун Бернулли тенгламаларини тузамиз:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_{1-2}$$

$$Z_1 = H; \quad P_1 - P_2 = P_{\text{вак}}; \quad V_1 = 0; \quad Z_2 = 0$$

тенглигини ҳисобга олганимизда, тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$H = \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_{1-2} \quad (6.14.)$$

Тула исроф қиймати $\sum h_{1-2}$ нинг математик ечимлари ифодаларини тушириб қолдириб, (6.14.) тенгласидан ҳосил қиламиз:

$$H = \frac{V_2^2}{2g} + \xi_k \frac{V_2^2}{2g} = (1 + \xi) \frac{V_2^2}{2g} \quad (6.15.)$$

Бундан оқиб чиқиш тезлигини топамиз:

$$V_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_k}} \sqrt{2gH} = \varphi_k \sqrt{2gH} \quad (6.16.)$$

Суюқликнинг калта труба учун сарфи $Q = S_0 V_2 = S_0 \varphi_k \sqrt{2gH}$ тенглигидан кўринадики, $\varphi_k = \mu_k$, унда сарф формуласи қуйидаги кўринишда булади:

$$Q = \mu_k S_0 \sqrt{2gH} \quad (6.17.)$$

Чиқарилган (6.16.) ва (6.17.) тенгламаларини таҳлил этганимизда, улар суюқликнинг кичкина тешиқдан оқиб чиқиш тезлигини ва унинг сарфини аниқлашга мулжалланган (6.2.) ва (6.8.) тенгламаларига ўхшаш булсада, фақат олди қисмидаги коэффицентлар қийматлари билан фарқланади. Олдин курсатиб утганимиздек, цилиндрик калта трубанинг чиқиш кесимидаги найининг сиқилиш коэффицентлари бирга тенг, яъни $\epsilon_0 = 1$, аммо Рейнольдс (Re) сонининг энг катта қийматлари ва $\xi = 0$ учун,

уни най кесимининг энг тор жойларидаги қийматини юққа девордаги тешиқдан суюқликнинг оқиб чиқишидаги сиқилиш коэффициентини $\epsilon_n = 0,64$ тенг деб олиш мумкин.

У ҳолда, (6.16.) ва (6.17.) тенгламаларига мувофиқ тезлик ва сарф коэффициентларининг қийматларини $\varphi_k = \mu_k = 0,84$ олиш мумкин. Калта труба узунлиги буйича исроф ҳисобга олинганида ва тажрибада аниқланган натижалар асосида бу коэффициентларни $\varphi = \mu_k = 0,82$ тенг деб олинади.

Цилиндрик калта трубача ва кичик тешиқча учун топилган коэффициентларнинг қийматларини солиштириб муҳим хулосалар чиқариш мумкин.

Цилиндрик калта трубача учун сарф коэффициенти, кичик тешиқчани сарф коэффициентидан 32 % га ортиқ:

$$\mu_k / \mu_0 = 0,82 / 0,62 = 1,32 \quad (6.18.)$$

Цилиндрик калта трубача учун тезлик коэффициенти, кичик тешиқчани тезлик коэффициентидан 15 % га кичик:

$$\varphi_k / \varphi_0 = 0,82 / 0,97 = 0,85 \quad (6.19.)$$

Шундай қилиб, ташқи цилиндрик калта труба суюқлик сарфини орттириб, оқиб чиқиш тезлигини кичик тешиқчага нисбатан сезиларли даражада камайтирар экан.

Юқорида биз қараб чиққан оқиб чиқиш тартиботи (режими)даги оқим найи сиқилгандан сўнг, калта труба кесимини тўлдириб оққанида, уни узлуксиз дейилади. Аммо шундай тартибдаги суюқлик ҳаракатлари ҳам мавжудки, ундаги суюқлик дами маълум критик қийматга етганда най сиқилади, сўнгра бошқа кенгаймайди, цилиндрик шаклини сақлайди ҳамда калта труба ичида унинг деворига тегмасдан ҳаракатланади (6.5-расм). Суюқлик найини узилиши ўринли бўлганида, юққа девордаги кичкина тешиқчадан суюқликнинг оқиб чиқишидагидай ҳодисалар кузатилади (оқиб чиқиш коэффициентини қийматлари аввалгидай қолади). Демак, бир турдаги оқиб чиқиш тартибидан иккинчисига утилганида, оқиб чиқиш тезлиги ортади, аммо сарфи камайд. Дамни шакллантиришда юқоридагиларни эътиборга олиш зарур бўлади, чунки $N_{кр} = 11_M$ ошмаслиги керак.

6.4. Бошқа турлардаги калта трубалардан суюқликнинг оқиб чиқиши

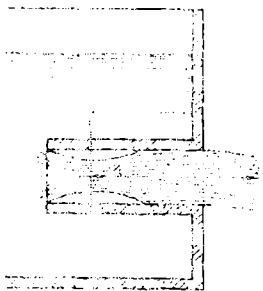
Ташқаридаги цилиндрик калта трубадан суюқликнинг оқиб чиқишида содир бўладиган ҳодисалар ва жараёнларни мукамалроқ урганиш ҳамда айрим бошқа турдаги калта трубалардан оқиб чиқиш қонунларининг ўхшашлигини урганиш, кейинчалик уларни қараб чиқиш усулини соддалаштиришга имкон беради.

Ичкаридаги цилиндрик калта труба. Бу калта трубадан худди ташқаридагисидек суюқлик оқиб чиқади (6.7-расм). Бу ҳолатда ҳам сиқилиш коэффициенти бирга тенг ($\epsilon = 1$) булсада, ичкаридаги суюқликка тўлдирилган калта труба учун тезлик ва сарф коэффициентлари ташқаридагига нисбатан кичик:

$$\varphi = \mu = 0,71 \quad (6.20.)$$

Бу (6.20.) тенгликдан кўринадики, ташқаридаги цилиндрик калта трубанинг гидравлик қаршилиги ичкаридагисиникидан кичик булар экан. Бундан ташқари ичкаридаги цилиндрик калта трубанинг «улик» қисмидаги вакуум даражаси кичик, уз навбатида, суюқлик сарфи ҳам кичик бўлади. Шунинг учун ташқаридаги калта труба, уз-узидан маълумки, қонуний жиҳатдан ичкаридаги калта трубага нисбатан, кўпроқ уз тадбиқини топган.

Кенгаювчи конуссимон калта труба. Бу калта труба кесик конус бўлиб, у кичик асос томони билан идиш деворидаги тешикка уланади (6.8-расм). Конуссимон калта трубанинг кириш қисми кесимидаги суюқликнинг V_1 тезлиги, унинг чиқиш қисмидаги V_2 тезлигидан анча катта, босими эса Бернулли тенгласига мувофиқ, аксинча кичик, яъни $P_c < P_{атм}$. Демак, кенгаювчи конуссимон калта трубада вакуум ҳосил бўлиб, унинг қиймати ташқарида жойлашган калта трубадаги вакуумга нисбатан катта бўлади. Бу турдаги калта трубадаги сиқилиш даражаси ҳам энг юқори қийматларга эришади.



6.7-расм. Ичкаридаги цилиндрик калта труба.

Кенгаювчи конуссимон калта трубанинг чиқиш қисмидаги сиқилиш мавжуд бўлмаганлиги учун, уз навбатида, сиқилиш коэффиценти бирга тенг ($\epsilon = 1$) бўлади. аммо, конуслик даражаси $0 > 8^\circ$ бўлганида калта труба деворидан суюқликнинг узилиши бошланади ва у тўла кесим билан ишламайди.

Суюқликнинг оқиб чиқиши, бундай ҳолатларда, кичкина тешикчадан оқиб чиқишга ўхшаш бўлади. Кенгаювчи калта трубада энергиянинг исрофи цилиндрик калта трубага нисбатан, анча катта. Бунга суюқлик найининг энг катта (максимал) сиқилиши ва сиқилгандан сўнг унинг энг катта кенгайиши асосий сабаб бўлади.

Конуссимон калта кенгаювчи трубада ҳаракатланаётган суюқлик найининг тезлиги φ ва сарф μ коэффицентларини қийматлари шу трубанинг конуслик даражасини бурчагига ва кенгаювчи трубанинг кириш қисмига суюқлик кирганига қадар унинг шаклланишига боғлиқ бўлади. Уртача $0 = 57^\circ$ бурчақларида чиқиш кесимига нисбатан бу коэффицентларни қуйидагича олиш мумкин.

$$\varphi = \mu = 0,45 \quad (6.21.)$$

Бундай қараганда сарф коэффиценти қийматининг бу даражада кичиклиги, кенгаювчи калта труба бунчалик суюқликнинг катта сарфини бериши ҳақиқатта ўхшаб кўринмайди. Шундай булса ҳам конуссимон калта трубадан утган суюқлик сарфини идиш деворидаги худди шундай

диаметрдаги кичкина тешикчадан ўтган суюқлик сарфи билан солиштирганимизда унда бу коэффициент қиймати $\mu = 2-3$ етади.

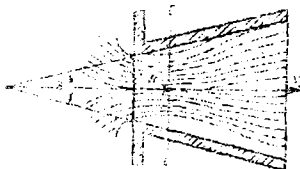
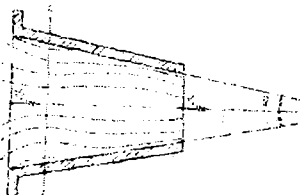


Рис 6.8. Конический расходящийся сопло.



6.8-расм. Кенгаювчи конуссимон калта труба.

6.9-расм. Тораювчи конуссимон калта труба.

Шундай қилиб, юпқа девордаги тешикка кенгаювчи конуссимон калта турба улаганимизда, суюқлик сарфи анча оратади. Бунга асосий сабаб – гуё калта конуссимон труба қўшимча суюқлик миқдорини «сўради».

Тораювчи конуссимон калта труба. Бу турдаги калта труба кесик конус бўлиб, у асосининг катта томони билан идишдаги тешикка уланади (6.9-расм). Тораювчи конуссимон калта трубада ҳаракатланаётган суюқлик найининг сиқилган зонасидаги вакуум даражаси цилиндрик ва кенгаювчи конуссимон калта турбалардагига нисбатан кам бўлади:

$$h_{\text{вак.тор}} < h_{\text{вак.ч}} < h_{\text{вак.кн}} \quad (6.22.)$$

Тенгсизлик (6.22.)ни таҳлил этиб, бир хил H дам қийматларида бу уччала турдаги калта трубалар учун қуйидаги тезликлар нисбатлари уринли бўлишини тасдиқлаш мумкин:

$$V_{\text{тор}} > V_{\text{ч}} < V_{\text{кн}} \quad (6.23.)$$

Демак, тораювчи калта трубадаги суюқлик тезлиги бошқа иккала турдагиларга нисбатан энг катта қийматга эришади. Чунки, суюқликнинг оқиб чиқиш тезлиги V , тезлик коэффициенти φ билан (6.2.) ифодада келтирилганидай узаро богланганлиги учун ҳам қуйидаги тенгсизлик тўғри бўлади:

$$\varphi_{\text{тор}} > \varphi_{\text{ч}} > \varphi_{\text{кн}} \quad (6.24.)$$

Амалда, тезлик коэффициенти калта трубанинг конуслик бурчаги ортан сайин 0° дан то 50° гача узлуксиз ортиб боради, сарф коэффициенти эса, аввалига ортиб бориб, $0 = 13^\circ$ да энг катта ($\mu = 0,95$) қийматта етади, сунгра пасайиб боради (масалан, $(0 = 48^\circ 50' \text{ да } \mu = 0,85)$).

Юқоридаги (6.23.) тенгсизлигини эътиборга олган ҳолда экспериментда уччала турдаги калта трубалар учун суюқликнинг куйидаги сарфлари уринли бўлади:

$$Q_{\text{теор}} < Q_{\text{н}} < Q_{\text{факт}} \quad (6.25.)$$

Коноидеал калта труба (сопло). Бу турдаги калта трубанинг кириш қисмини шакли суюқлик найининг табиий сиқилиш шаклига ухшашроқ бўлса, чиқиш қисминики эса цилинрик бўлади (6.10-расм). Бундай шаклдаги калта труба оқим найини трубага кириш қисмида узилмаслигини ва чиқиш қисмидаги параллелигини таъминлайди. Бунда дамнинг исрофи жуда кичик. Сополсимон калта трубадан оқиб утаётган суюқлик найининг сиқилиши жуда ҳам кичик, ташқарисида умуман йўқ ($\varepsilon=1$) булганлиги учун қаршилик коэффициентининг қиймати $\xi \approx 0,03-0,10$ га тенг бўлади. Демак, тезлик ва сарф коэффициентлари ўзаро тенг ва энг катта қиймат $\varphi = \mu = 0,97$ бўлади. Аммо, жуда ҳам юқори сифат даражасида калта труба тайёрланганида ва унинг деворини силлиқ булганида бу коэффициент 0.99 тенг бўлади.

Диффузор шаклидаги калта труба. Бундай калта труба сопло ва диффузор бирикмаси (комбинацияси)дан ташкил топган (6.11-расм). Диффузор қўшимчаси (қисми) бу калта трубанинг қисқа (тор) жойида босимнинг тушишини ва Бернулли тенгламасига мувофиқ, шу тор жойдаги суюқлик тезлигини ҳамда сарфини ортишини таъминлайди. Сопло диаметрининг энг тор кесимини узгартирмасдан, диффузор шаклидаги калта трубадаги суюқлик даммини бир хил тутган ҳолда, унинг сарфини, соплгога нисбатан 2,5 марта кўпайтириш имконини беради. Демак, диффузор шаклидаги калта трубалар катта миқдордаги суюқлик сарфини олиш керак булгандагина қўлланилар экан. Аммо, бундай калта трубаларнинг тадбиқи, дам баландлиги $H=1-4M$ булган оралиқ билан чекланади.

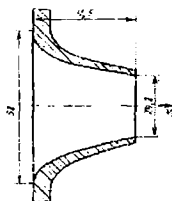


Рис. 6.10. Коноидеал калта труба (сопло).

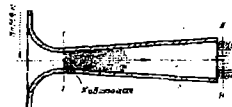


Рис. 6.11. Диффузор шаклидаги калта труба.

6.10-расм. Коноидеал калта труба (сопло).

6.11-расм. Диффузор шаклидаги калта труба.

Калта дамларда соплонинг энг тор кесимида суюқликнинг кавитацияси (суюқлик ва ҳаво аралашмасини ҳосил булиши) кузатилади, бу ҳодиса эса суюқлик сарфини кескин камаййтириб юборади.

6.5. Суюқликнинг оқиб чиқиш ҳодисаларини амалда қўлланилиши

Суюқликнинг турли-туман тешикчалардан ва калта трубачалардан оқиб чиқиш ҳодисаси техникада кенг қўлланилади.

Суюқликнинг аниқ миқдори (сарфи) талаб этиладиган қурилмаларда кичкинагина аниқ улчамдаги (калибрланган) тешикчалар: карбюраторларда суюқликни узатувчи жиклёрлар, форсункаларда пуракагич-чанглатгичлар ичдан ёнув двигтелларида ва ш.к, кенг қўлланилади.

Гидравлик амортизаторлар вертикал тебранишларни сундиришга мулжалланган бўлиб, уларнинг ишлаши кичкинагина тешикчалар ва каналчалар орқали қовушқоқ суюқлик амортизаторнинг бир бўшлигидан иккинчисига, куч таъсирида, утказиш жараёнида унга қаршилиқ курсатиб тебраниш энергиясини ютилиши ҳисобига тебраниш амплитудасини сундирилишига асосланган. Амортизаторларнинг тузилиш ва ишлаши «Автомобиль» курсида ўрганилаётгани учун уларни тўла қараб чиқилмайди.

Цилиндрик калта труба вазифасини резервуарлардан сувни чиқариб юборишда тармоқланган калта трубалар, йўлларга тўшаладиган материалларга сув сочишдаги кранлар, тўгон танасида жойлашган сув чиқаргичлар ва ш.к. бажаради.

Сув чиқаргич ишлашини қараб чиқамиз. Бу цилиндрик труба булиб, тўгон одида, тошқин вақтларида йигилиб қолган ортиқча сувни ташлаб юбориш вазифасини бажаради. Фараз қилайлик, труба диаметри $d=1,2\text{ м}$, узунлиги $l=S_{\text{см}}$, тўгон сувининг оқиб келиш тезлиги $V_0=0,5\text{ м/с}$ ҳамда сувнинг эркин сиртига нисбатан труба марказининг чуқдрилиш оралигидаги баландлиқ $H=8\text{ м}$ булсин.

Бундай сув ташлагични калта труба булиб ишлай олишлигини аниқлаймиз: $l:d=5:1,2=4,16$ яъни, $l=(3-5)d$ шарт бажарилар экан. Демак, цилиндрик калта труба учун сарф коэффициентини $\mu=0,82$ тенг деб қабул қилиш мумкин булади. Суюқлик сарфини қуйидаги формулада аниқлаш мумкин:

$$Q = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2ghH}$$

Қийматларини ўрнига қуйиб топамиз:

$$Q = 0,82 \frac{3,14(1,2)^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 8} = 11,27 \text{ м}^3/\text{с}$$

Кенгаювчи конуссимон калта трубалар кўтарма тўгонлар тагидаги трубаларда, оқимли (эжекторли) насосларда, суюқлик оқимини секинлаштириш, ҳамда бир вақтни ўзида, суюқлик босимини ва сарфини кўпайтириш мақсадларида қўлланилади (§ 3.5. қаранг). Булардан ташқари, икки турдаги суюқликларни аралаштиргичларда (элеваторлар) ва реактив

гидротурбиналарнинг суриб олувчи трубаларида ҳам юқорида кўрсатилган мақсадларда ишлатилади (§ 11.4. қаранг).

Тораювчи конуссимон калта трубалар юқоридаги асбобларда ва техникавий қурилмаларда суюқликнинг катта тезликда отилиб чиқишига, уни кучини ҳамда узоққа отилиш (учиш)ини таъминлашда тадбиқини топган. Буларга ут ўчирувчиларнинг брандепойтини, ички ёнув двигателларида ёқилгини узатишда қўлланиладиган форсункаларни, фаввора (фонтан) ва актив гидротурбина соплоларини мисол тариқасида кўрсатиш мумкин. Тораювчи калта трубаларнинг турли-туман конструкциялари тоғ жинсларини майдалашда ва ер ишларида портлатишда қўлланиладиган гидромониторларда кенг тадбиқини топган.

Гидромониторларнинг ишлаш принциплари келгуси параграфда кўрилади.

6.6. Суюқлик найининг қаттиқ тўсиққа динамик таъсири

Бирор ўртача V тезлик билан суюқлик оқими труба бўйлаб ҳаракатланаётган бўлсин, яъни суюқлик труба шаклига кирганлиги учун ҳам, трубадан чиққандан сўнг маълум вақт давомида ўз шаклини ўзгартирмайди. Қаттиқ қобик (чегара)га эга бўлмаган бундай суюқлик оқимини гидравлик най дейилади.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, атмосферага трубадан чиқарилган юмалоқ диаметри суюқлик найини шартли равишда ихчам, майдаланган ва сочилган учта қисмларга ажратиш мумкин. Суюқлик оқимининг ихчам қисмида, у ўзининг цилиндрик шаклини ва узлуксизлигини сақлайди. Майдаланган қисмида суюқлик оқимининг бутунлиги бузила бошлайди ва оқим секин кенгайиб боради. Оқимнинг сочилган қисмида эса, суюқлик оқим ҳосил қилмасдан майда томчиларга ажралиб сочилади. Суюқлик найининг иккинчи ва учинчи қисмларида емирила бошлашига асосий сабаб — аэрациядир.

Суюқлик найини шакллантириш мақсадида, юқорида биз кўриб чиққан калта трубадан фойдаланилади. Оқим найининг ишлатилиш мақсадига мувофиқ, калта труба тури танланади. Масалан, ёнгинга қарши сув отадиган калта труба суюқликни узоққа ота оладиган ва катта зарб кучи ҳосил қила оладиган бўлиши керак. Тупроқни ювиш ва қазилма жинсларни ювиб парчалаш учун ишлатиладиган гидромониторда қўлланиладиган калта трубадан чиққан суюқлик найи кучайиб борувчи ва ута кучли зич оқим ҳосил қилиши керак бўлади. Майдонларни сугоришда ишлатиладиган, сунъий ёмғир ҳосил қилувчи аппаратлардаги калта труба таъсиридан, суюқлик оқими майда сув томчиларига ажралиб керакли даражада, сочилган оқим ҳосил бўлади.

Калта труба учидан катта тезлик (босим) билан отилиб чиқаётган суюқлик найи қаттиқ жисм ҳоссаларига яқин бўлган махсус ҳоссаларга эга бўлади. Масалан, суюқлик найининг босими 98 Мпа (1000 атм) тенг бўлгандаб у билан плат тахтачани осонгина кесиш мумкин, 49 Мпа (500

атм) босимга эга булганида эса гранитни кесади: 15-20 Мпа (150-200 атм) босимдаги суюқлик найи турлича қаттиқликдаги тош кумир қатламларини парчалайди, 0,15-0,20 Мпа (15-20 атм) босимдаги сув найи турли хил ер қатламларини парчалашга етарли бўлади, бу ҳодисадан қурилиш майдончаларидаги тупроқ ишларини гидромеханизациялашда, очиқ қум ва шагал конларини қазиб олишда, иморатлар учун пойдевор чуқурларини қазишда кенг фойдаланилади.

Қаттиқ тусиқларга суюқлик найи турлича таъсир курсатиши мумкин: қаттиқ текис сиртига урилиши, юмалоқ ва эгрилган сиртлар билан таъсирлашуви ва бошқа турдаги таъсирлашувлар бўлиши мумкин.

Суюқлик найининг қаттиқ текис сиртига тўғри урилишини куриб чиқамиз (12-расм). Фараз қилайлик, суюқлик найининг йўналиши қаттиқ текис сиртта тик, босим найининг ҳамма жойида бир хил, ҳавонинг найга қаршилига йўқ бўлсин. Суюқлик найи текисликка урилгандан сўнг, текислик йўналиши бўйлаб у икки оқимга ажралади. Суюқлик найининг урилиш P босимини куч импульсини ҳаракат миқдорининг узгаришига тенглиги теоремасидан фойдаланиб аниқлаш мумкин. Бу теоремани умумий ҳолда қуйидагича ёзиш мумкин:

$$P dt = m(V_1 - V_2) \quad (6.26.)$$

Элементар dt вақт оралигида суюқлик найи йўналиши бўйлаб, унинг тезилиги $V_1 = V$ дан $V_2 = 0$ узгарганида ҳаракат миқдори қуйидагича тенг бўлади:

$$mV = \rho QV dt = \rho S V^2 dt,$$

бунда m - суюқлик массаси; $Q = VS$ - суюқлик сарфи; S - суюқлик найининг кўндаланг кесимини юзаси.

Оқоридагилар асосида (6.26.) тенгламасини бошқачароқ кўринишда ёзамиз:

$$P dt = \rho S V^2 dt \quad (6.27.)$$

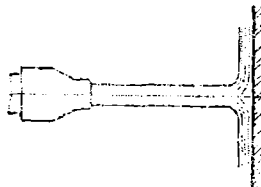
ёки

$$P = \rho S^2 = \rho QV \quad (6.28.)$$

Оқоридаги (6.28.) тенгламасининг сурат ва махражини $2g$ кўпайтириб ҳосил қиламиз:

$$P = 2\rho g S \frac{V^2}{2g} = 2VS \frac{V^2}{2g} \quad (6.29.)$$

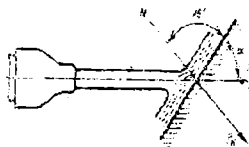
Агар, $H = V^2/2g$ тенг деб олсак, у ҳолда суюқлик найининг урилиш кучини дам ва гидростатик босим оқали ифодалаш мумкин.



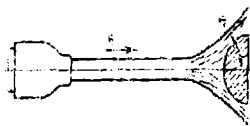
6.12-расм. Суюқлик найининг тусиқда тик урилиши.

$$P = 2\gamma HS = 2PS \quad (6.30.)$$

Ҳосил қилинган (6.30.) тенгламасидан кўринадики, қаттиқ текисликка нормал йўналишда, кўндаланг кесим юзаси S бўлган тешиқдан H дам билан отилиб чиқиб урилган суюқликнинг найининг уйғотган босим кучи гидростатик босим кучидан ($P = \gamma H$) икки марта катта экан.



6.13-расм. Суюқлик найининг қия сиртга таъсири.



6.14-расм. Суюқлик найининг қавариқ сиртга таъсири.

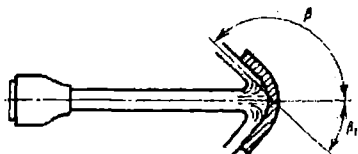
Агар суюқлик найи тўсиққа бирор α бурчак остида урилса, бундай урилишга қия урилиш дейилади (6.13-расм). Бундай ҳолатда, учбурчак векторларидан ва (6.30.) тенгламасини эътиборга олиб суюқлик найининг девор текислигига нормаль йўналишда уйғотган босим кучини қўйидагича ёзамиз:

$$P_N = P_{\text{ос}}(90^\circ - \alpha) = P_{\text{ос}} \alpha = 2\gamma HS \sin \alpha \quad (6.31.)$$

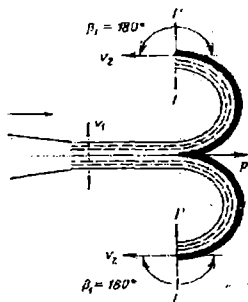
Суюқлик найи йўналишида ҳосил қилинган босим кучи қўйидаги ифодадан аниқланади:

$$P = 2\gamma HS \sin^2 \alpha \quad (6.32.)$$

Унча катта бўлмаган юмалоқ сиртли тўсиққа суюқлик найи урилганида (6.14-расм) оқим тўсиқни иккала томонидан бирор β бурчак остида ювиб ўтади. Айрим хатоликлар билан суюқлик найининг юмалоқ тўсиқни ювиб оқиб ўтишидаги V_1 тезлигини асосий оқим тезлиги V_2 тенг деб қабул этиш мумкин.



6.15-расм. Суюқлик найининг ботиқ сиртга таъсири.



6.16-расм. Турбинанинг чўмичсимон курақларига суюқлик найининг таъсири.

Вақт бирлигида суюқликнинг асосий найидан оқиб ўтаётган миқдори юмалоқ тўсиқнинг иккала томонидан ўтаётган суюқлик массаларининг йиғиндисига тенг. Бунда гидравлик қаршиликни эътиборга олмасдан суюқлик сарфини ўзгармас деб қаралади, яъни

$V_1 = V_2$; $m_1 = 2m_2$. Шундай бўлганида, ҳаракат миқдорининг ўзгаришини қуйидагича ёза оламиз:

$$m_1 v_1 - 2m_2 V_2 \cos \beta = m_1 V_1 (1 - \cos \beta) \quad (6.33.)$$

Текис тўсиққа суяқлик найи таъсирининг ўхшашлигидан фойдаланиб, юмалоқ жисм сиртига суяқлик найининг берган босим кучи ифодасини ёзамиз:

$$P dt = \theta S V_1^2 dt (1 - \cos \beta)$$

ёки

$$P = \theta V_1^2 S (1 - \cos \beta) = \frac{\gamma V_1^2 S}{g} (1 - \cos \beta) \quad (6.34.)$$

Агар $\beta = 90^\circ$ бўлса, $\cos \beta = 0$ бўлади, унда (6.34.) тенгламаси (6.29.) тенгламасига тенглашади, яъни текис сиртга суяқлик найининг тик урилишида уйғотилган босим кучини аниқлаш тенгламасига тенг бўлади:

$$P = \frac{\gamma \cdot S \cdot V_1^2}{g}$$

Агар β бурчаги утмас бурчак $180 - \beta$ га тенг бўлса, яъни суяқлик найи уриладиган сирт ботиқ бўлади (6.15-расм). Бундай ҳолатда (6.34.) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзамиз:

$$P = \frac{\gamma \cdot V_1^2 \cdot S}{g} (1 + \cos \beta) \quad (6.35.)$$

Бу (6.35.) тенгламасидан кўринадики, β бурчаги ортган сайин суяқлик найининг ботиқ тўсиққа берган таъсири ортиб борар экан ва суяқлик урилгандан сўнг, у то 180° гача орқага қайтар экан. Демак, суяқлик найининг тўсиққа берган босим кучи ортар экан ва энг катта қийматга $\beta = 180^\circ$ бўлганида эришади, яъни $\beta_1 = 0$; $\cos \beta_1 = 1$, шунинг учун

$$P = \frac{\gamma V_1^2 \cdot S}{g} (1 + 1) = \frac{2\gamma V_1^2 \cdot S}{g} \quad (6.36.)$$

(6.36.) тенгламасидан кўринадики, суяқлик найи ботиқ тўсиққа урилгандан сўнг орқага, яъни 180° га қайтганда унинг шу тўсиққа берган босим кучи икки марта, гидростатик босим эса тўрт марта ортади.

Суяқлик найининг ботиқ тўсиққа бундай таъсир кучининг хоссаси техникада қўлланилади. Актив гидравлик турбиналар куракларининг шаклини конструкциялашда унга урилган суяқлик оқимининг 180° га қайтишини ёки шунга яқинроқ бўлишини таъминлашга ҳаракат қилади (6.16-расм). Турбина кураклари билан суяқликнинг таъсирлашувини биз мазкур қўлланманинг иккинчи қисм, II бобида тўлароқ кўриб чиқамиз.

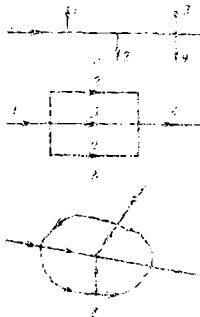
БОСИМЛИ ТРУБОПРОВОДЛАРДА СУЮҚЛИК ҲАРАКАТИ

7.1. Трубопроводнинг вазифаси ва таснифланиши.

Замонавий техникада трубопроводларнинг кенг қўлланилиши, жаҳон амалиёти ва мамлакатимизда ўтказилган тажрибалар улар ҳақида ишончли далолатлар беради. Кечагина трубопроводлар асосан сув, нефть ва унинг маҳсулотларини узатиш мақсадида қўлланилар эди. Бутунги кунда трубопроводларнинг қўлланилиш соҳалари анчагина кенгайди: буларга мелиорация (дренаж-зах қочсирувчи трубалар), сугоришда (сунъий ёмғир ҳосил қилувчи машиналар), медицинада (сунъий қон томирлари), иссиқлик энергиясида (иссиқ сув ва буг узатувчи трубалар) ва ш.к. киритиш мумкин.

Суюқ, газсимон, қаттиқ маҳсулотларни ва уларнинг аралашмаларини узатишда трубопровод транспорти халқ ҳўжалигининг мустақил тармоғига айланган. Суюқликни узатишда трубопроводдан фойдаланиш анчагина арзон ва осон, уни ҳам миқдорий ва ҳам сифат жиҳатидан осонгина ростлаш мумкин.

Трубопроводларнинг кенг ва турли-туман соҳаларда қўлланилиши сабабли, трубаларга кескин ва гоҳо ўз вақтида зид талаблар қўйилади. Трубопроводларнинг қўлланилиш соҳасига қараб трубалар қора ва рангли металлдан, сополдан, пластмассадан, темир-бетондан, шишадан, кварцдан, графитдан ва ш.к. материаллардан ясалади. Трубопроводлар, узининг узунлиги ва диаметри бўйича турлича бўлади. Лаборатория техникасида ҳамда контроль ўлчов асбобларида қўлланиладиган энг майда трубопроводлар (капляр трубалар) қатор диаметри бир неча метр (гидроэлектр станцияларининг ер ости сув йўли қувири ва узунлиги бир неча юз ёки минг километр магистрал сув, газ ва нефть трубопроводлари) бўлган трубопроводлар ишлатилади.



7.1-расм. Мураккаб трубопроводлар
схемалари: а - тармоқланган, б -
параллел, в - халқасимон.

Трубопроводларда ҳайдала-диган суюқлик турига қараб, уларни сув, газ, мой, мазут, нефть, бензин ва ш.к. қувурларга ажратилади. Талабалар мой ва бензин қувурлари (трубопроводлари)нинг катта бўлмаганлари билан автомобиль ва трактор тузилишини урганишда тулароқ танишадилар.

Ҳамма турдаги трубопровод (қувур)лари икки хил содда ва мураккаб бўлади. содда трубопровод, суюқлик олинган нуқтадан нуқтагача бўлган узунликда тармоқланмайди. Одатда, бундай

турдаги трубопроводлар бир хил диаметрадаги ёки хар хил диаметрадаги, турли хил текисликларда жойлашган ва исталган бурчакларга эгилган, кетма-кет уланган трубалардан ташкил топади.

Мураккаб трубопровод - ҳеч бўлмаганда битта тармоги ёки труба улови булган қувур. Одатда, мураккаб трубопровод асосий (магистрал) трубадан ва ундан чиққан тармоқлардан ташкил топади.

Трубанинг айрим қисмлари, истеъмолчини бир текис таъминлаш ва суюқликнинг бирдай тақсимланиши учун, бир бутун тармоққа уланадилар. Шунинг учун, мураккаб трубопроводлар, уз навбатида, тасниф (классификация)ланиши буйича қуйидаги турларга ажратилади:

1. Тармоқланган тури булиб, у марказий магистралдаги суюқликни ён тармоқларга узатади ва улардан ортиқча суюқлик қайтиб магистралга тушмайди (7.1-расм);

2. Параллел тури булиб, у марказий магистралга параллел уланган бир ва бир неча труба қисмларидан ташкил топган, ортиқча суюқлик марказий магистралга қайтиб тушади (7.1-расм, б);

3. Халқасимон тури булиб, у берк тармоқ буйлаб бир ёки бир неча магистраллардан суюқлик олади (7.1-расм, в).

Биринчи турдаги трубопровод охири ёпиқ ёки узлуксиз тармоққа мисол була олади. Бу схема айрим камчиликларга эга. Масалан, тармоқ узунлиги буйлаб трубопровод трубаларининг диаметрлари бир хил эмас, чунки тармоқни бошланишида суюқлик сарфи катта, шунинг учун труба диаметри унинг охирига нисбатан катта булади. Бундан ташқари трубопровод тармогининг бирор қисми ишдан чиққанида истеъмолчиларнинг ҳаммаси манбадан узиб қўйилади.

Иккинчи ва хусусан, учинчи турдаги трубопроводларида юқоридаги камчиликларнинг энг оқиргиси учрамайди. Трубопровод тармогининг бирор қисми кутилмаганда бузилганида ёки тиклаш - таъмирлаш ишлари олиб борилганида зарур қисмининг иккала томонидан ҳам беркитилиб қўйилади, аммо тармоқнинг бошқа қисмларини сув билан таъминлаш давом этади. Шу сабабли ҳам шаҳарларда ва бошқа аҳоли яшайдиган жойларда иложи борича сув қувурларини халқасимон қилиб жойлаштирилади.

Мураккаб трубопроводлар транзит ва йулакай сарфларга булинади: транзит сарфда (магистралдан) трубопроводга узатган суюқлик миқдори бир хил булади, йулакай сарфда магистрал узунлиги буйлаб унинг бир неча жойидан суюқлик трубопровод тармоқларига олинади.

Насослар ёрдамида системада сунъий ёки сув босимли миноралари, ҳамда ернинг баланду пастлиги натижасида пайдо буладиган нивелир баландлиги (сатҳи) ҳисобига ҳосил қилинган дамлари таъсирида трубопроводларда суюқлик ҳаракатланиши мумкин. Нивелир баландлиги усули суюқликнинг узатилишида, гидротехник иншоотларда ва қишлоқ хўжалигини сув билан таъминлаш ҳамда сугоришда кенг қўлланилади.

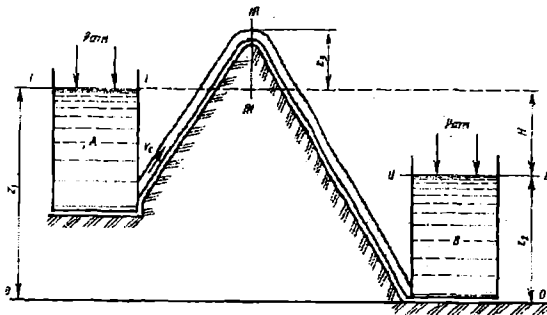
7.6. Сифонли қувур ҳисоби

Сифонли қувур ёки соддароқ сифонда (юнонча «трубача» сўзидан олинган) суюқлик уз оқими билан юқорида жойлашган А резервуардан

оқиб чиқиб суюқликнинг эркин сиртига нисбатан бирор баландликка кутарилади, сунгра В резервуарга оқиб тушади (7.9-расм). Сифон содда қувур тоифасига маъсуб бўлиб, у одатда шоҳобчалар ва параллел қисмларга эга бўлмайди.

Сифонли қувурнинг энг асосий хусусиятларидан бири шундан иборатки, унинг кутарилаётган ва пасга қараб тушаётган қувур қисмлари ичидаги босимлари атмосфера босимидан кичик бўлади.

Сифонни ишлатишдан аввал, у суюқлик билан тўлдирилади – «уқланади». Агар сифон сифатида унча катта ўлчамда бўлмаган эластик қувур – шланг ишлатилса, у ҳолда унинг бир учини суюқликка ботирилади ва иккинчи учидан ундаги ҳаво суриб чиқарилиши билан сифонни ишга тушириш мумкин. Яна энг содда усули эластик сифон суюқлик билан тўлдирилиб, бунг учи кескин пасайтирилади.



7.9-расм. Сифонли қувур схемаси.

Кўп миқдордаги суюқликни узатишга мулжалланган катта ўлчамли сифонли қувурдаги ҳаво махсус ҳаво насослари ёки эжекторлари билан сифоннинг энг юқори нуқтасидан суриб чиқарилади.

Сифонли қувурнинг юқорига кутарилаётган қисми ичидаги ҳавонинг сийраклашуви, суюқликда эркин ҳолда мавжуд бўлган, ҳаво газларининг ажралиб чиқишига олиб келади. Ҳаво яна ҳам сийраклашгирилганида ва температура кутарилганида (масалан, ёз вақтларида) нафақат сув газлари ажралиб қолмасдан, ҳатто суюқлик бутлана бошлайди.

Сифонли қувурнинг энг балан қисмида кўп миқдордаги суюқлик бутининг ҳосил бўлиши Z_2 суюқлик устунининг узилишига ва ўз навбатида, сифон қурилмасининг ишламай қолишига олиб келади.

Сифонли қувурнинг гидравлик ҳисоб-китоби умуман олганда, содда қувурникидан фарқ қилмайди. А ва В резервуарларидаги суюқликларнинг эркин сиртларигина мос тушувчи I-I ва II-II кесимлари учун Бернулли тенгламасини ёзамиз:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{\sigma_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{\sigma_2^2}{2g} + \sum h_{w,1-2}$$

Агар тезлик дами эътиборга олинмаса ва суюқлик сиртларидаги босимни атмосфера босимига тенг деб олинса у ҳолда юқоридаги тенгликдан бизга маълум бўлган ифода ҳосил бўлади.

Демак, сатҳлар фарқи $Z_1 - Z_2$ суюқлик дамига H тенг бўлиб, у сифонли қувурдаги қаршиликни енггишга тулиқ сарфланар экан. Сифонли қувурдаги маҳаллий қаршиликлар эътиборга олинмайдиган даражада кичик эканлиги ҳисобга олинса, у ҳолда тенглама қуйидаги қуринишга келади:

$$H = \lambda \frac{lc}{dc} \cdot \frac{\sigma_c^2}{2g} = \lambda \frac{lc}{dc} \cdot \frac{16Q}{2g \cdot \pi^4 d^5}$$

Сифон қувурининг l узунлиги, d диаметри маълум бўлганида Q сарфи аниқланади ёки, берилган H дам учун аниқ миқдордаги суюқлик сарфини таъминлайдиган сифонли қувур диаметри танланади.

Сифонли қувурнинг ишончли ишлашини аниқлаш учун унинг III-III, яъни энг юқорида жойлашган нуқтасидаги ҳавонинг сийраклашишини (босимини) улчаш усули билан текширилади. Бундай текширишни сифоннинг III-III кесими ва А резервуардаги суюқликнинг эркин сирти I-I кесимлари учун Бернулли тенгламаларини тузиш йўли билан ҳам амалга ошириш мумкин:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha \frac{\sigma_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha \frac{\sigma_2^2}{2g} + \sum h_{m_{1-2}}$$

Бунда $z_1 = 0$ ва $v_1 = 0$ бўлганлигидан ҳосил қиламиз

$$\frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} - Z_2 - \alpha \frac{\sigma_2^2}{2g} - \sum h_{m_{1-2}} \quad (7.22.)$$

Суюқликнинг сиртидаги P_1 босими атмосфера босимига тенг, яъни сув учун $\frac{P_1}{\rho g} = 10,3 \text{ м}$ сув уст. Юқоридаги (7.22.) формуласига мувофиқ

қувурдаги дам исрофи ва сўрилиш натижасида ҳосил бўлган бутнинг эластиклигини ортиши туфайли сифоннинг чуққисидидаги (III-III кесими) босим 10,3 м сув устунидан кичик бўлади. Шунинг учун ҳам сифоннинг чуққисидидаги босим амалда А резервуардаги суюқликнинг эркин сирти юзасидидаги босимидан катта бўлмайди.

Ҳама турдаги сўрувчи қувурларнинг сўриш баландлиги амалда 6-7 метрдан ошмайди, шу қатори насоснинг сўрувчи қувурининг баландлиги ҳам шундан ортиқ бўлмайди, улар ҳақида келгуси бобда сўз юритилади.

Сифонли қувур инженерлик амалиётида ўта кўп қўлланилади. Масалан, уларни гидротехник иншоотлардан сув ташлаш, яъни платина ортига ортиқча сувни сифонли қувур ёрдамида пастки бьефга ташланади. Бунда сифонли қувур автоматик равишда тўлгазилади. Сифонлар цистерналардаги нефть маҳсулотларини бошқа идишларга қуйиб олишда, каналлар ва сув омборларидаги чуқиндиларни тозалашда, тепаликлар остидан сув ўтказгич (йўли)ни қуришда қўлланилади.

Тоғ ишларида сифонли қувур ёрдамида қудуқдаги сув сатҳи ер юзига нисбатан унча чуқур бўлмаганида уни пармаланган қудуқдан сув йиғиш камерасига узатишда қўлланилади. Бундай сифонли сув йиғиш системаси катта ўлчамли қувурлардан ташкил топган мураккаб

гидроиншоотдир. Кундалик ҳаётда автомобиль бакидаги бензинни бошқа идишга қуйиб олишда, бетонли нов ариқ (лоток)даги сувни пастга ташлашда кенг қўлланилади.

7.7. Қувурдаги гидравлик зарб

Қувурда ҳаракатланаётган суюқликнинг бирданига тўхтатилиши натижасида ундаги босимнинг кескин ортиб кетиш ҳодисасини гидравлик зарб дейилади. Бирданига суюқлик ҳаракатининг тўхтатилишига қувурдаги сурилма қопқоқ (вентиль)ни тез бекитилиши, тўсатдан насос ёки турбинанинг тўхтаб қолиши, турли-гуман ҳалокат (авария)лар ва ш.к. сабаб бўла олади. Хусусан, катта тезликда кўл миқдордаги суюқлик массаси ҳаракатланганлиги сабабли гидравлик зарб учун магистрал қувурларда анча хавфлидир.

Бундай ҳолатларда қувурдаги босимнинг кескин ортиши унинг уланган жойлари (чок, фланец, ўтиш жойлари)да дарз кетиши ёки қувур деворларининг ёрилиши ҳамда насосларнинг ишдан чиқишига ва ш.к. олиб келади.

Гидравлик зарбни суюқлик ҳаракатининг нобарқарорлигини хусусий ҳоли деб қараш мумкин. Гидравлик зарб назариясини Н.Е.Жуковский 1898 йилда яратиб, бу қонуният қувурда тез кечадиган даврий жараён эканлигини ҳамда ҳам суюқликни, ва ҳам қувур деворини эластик деформацияси билан боғланганлигини исботлади.

Горизонтал жойлашган l узунликдаги, узгармас, d диаметрли қувурдаги суюқликнинг гидродинамик босими P_0 уртача тезлиги σ_0 бўлган ҳолатини қараб чиқамиз (7.10-расм). Агар D қопқоқни бирданига ёпсак, шу қопқоқ олдидаги суюқлик кескин ўз ҳаракатидан тўхтайдди. Қопқоқни олд қисмидаги қувурнинг бирор Δl узунлик зонаси юқори босимли бўлади. Олди тўсилган суюқликнинг кинетик энергияси унинг потенциал энергиясига айланиши натижасида шу зонадаги босим қиймати P_{ac} катталиқка ортади ҳамда бу ортиқча босим суюқликни сиқишга ва қувур деворларини кенгайтиришга сарфланиб иш бажаради (7.11-расм).

Реал суюқлик сиқилсада (оз миқдорда бўлсада), қувурдаги суюқликнинг ҳамма массаси бирданига кескин тўхтамайди, аксинча, паст босимли оқимга қараб, қарама-қарши йўналишда юқори босимли суюқлик массаси бирор S тезлик билан ҳаракатланади. S ни зарб тўлқининг тарқалиш тезлиги дейилади ва суюқлик йўли тўсилганидан сўнг, у қувурнинг бошлангич учига $T = l/c$ вақтда орқа қайтиб егиб боради.

Бироқ бундай ҳолатдаги суюқлик мувозанатда бўла олмайди, унинг зарралари P_{36} босим таъсирида қувурнинг V учидан резервуар томон жадал ҳаракатланади ва $2l/c$ вақтдан сўнг бутун қувурда бошлангич P_0 босим тикланади. Лекин суюқлик зарраларининг қувурдан резервуарга томон ҳаракати тўхтамайди ва қопқоқдан резервуарга қараб P_{36} қийматига қувурдаги босимни камайтирувчи янги тўлқин тарқалади. Бу тўлқин, ўзининг ортидан сиқилаётган қувур деворларини ва кенгайиб

бораётган суюқликни қолдириб, $3l/c$ вақт утгандан сўнг, резервуарга етиб боради. Бу ҳолатда ҳам суюқликнинг кинетик энергияси яна деформациялашда иш бажаради, фақат бу иш тескари ишорали бўлади. бу фазада ҳам қувур ва суюқлик ҳолатлари мувозанатда бўла олмайди, шу сабабли резервуардан қайтган зарб тўққини қолқоқ томонга яна ҳаракатланади. $4l/c$ вақт давомида яна бошланғич ҳолати қайта тикланади.

$4l/c$ вақтини гидравлик зарб даври дейилади. Бу давр икки фазадан ташкил топганини кўриш қийин эмас. Биринчи фазаси $2l/c$ га тенг бўлиб, бошланғич босимга нисбатан қошқоқ олдидаги босим P_{36} қийматга катта бўлган ҳолати ҳисобланади, иккинчи фазаси эса — $2l/c$ тенг бўлсада, бошланғич босимга нисбатан босим P_{36} қийматига кичик бўлади. Н.Е.Жуковский тажрибаларида то 12 мартагача зарб тўққинининг тўла тебраниш даври кузатилган, унда қувурдаги ишқаланиш ва резервуардаги энергия сарфи ҳисобига P_{36} секин-аста камайиб борган.

Зарб тўққини оқимидаги кинетик энергия E_K шу қувур деворларини кенгайтиришга сарфланган иш (A_1) ва суюқликни сиқилишга сарфланган иш (A_2) йиғиндисига тенглигини Н.Е.Жуковский исботлаган, яъни

$$E_K = A_1 + A_2$$

Оқимнинг кинетик энергиясини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$E_K = \frac{m\sigma_0^2}{2} = \zeta \frac{4\pi l^2}{4} \cdot \frac{\sigma_0^2}{2} = \pi \sigma^2 l^2 \frac{\sigma_0^2}{2} \quad (7.23.)$$

Н.Е.Жуковский (7.23.) тенгламасини қувур деворининг кенгайиш ишига ва суюқликни сиқилишга сарф бўлган ишлари йиғиндисига тенглаштириб, ундан P_{36} зарб босими ва зарб тўққинининг C тарқалиш тезлиги аниқланадиган тенгламаларини чиқарди:

$$P_{36} = \sqrt{\frac{\zeta \sigma_0^2}{2\left(\frac{2}{ES} + \frac{1}{2\varepsilon}\right)}} = \sqrt{\frac{\zeta^2 \sigma_0^2}{E\zeta \left(\frac{2}{ES} + \frac{1}{2\varepsilon}\right)}} \quad (7.24.)$$

$$C = \frac{1}{\sqrt{2\sigma^2 ES + \zeta^2 \varepsilon}} \quad (7.25.)$$

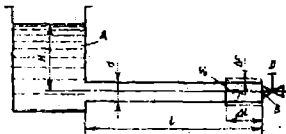
бунда E - қувур деворининг эластиклик модули; суюқликнинг ҳажмий эластиклик модули, ε - қувур деворининг қалинлиги.

C тезлик улчов бирликларида ўлчанишини ва у зарб тўққинининг тарқалиш тезлигини билдиришини исботлаш мумкин. Шунинг учун (7.24.) ифодасини қуйидагича ёзиш мумкин:

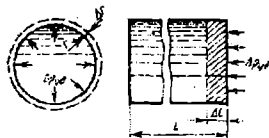
$$P_{36} = \sigma^2 C \quad (7.26.)$$

Зарб тўққини тезлигининг физикавий маъносини қувур деворини мутлақо (абсолют) қаттиқ, яъни $E = \infty$ деб қаралганида уни тушуниш мумкин бўлади. Шунда (7.25.) тенгламасидан физикада маълум бўлган суюқ муҳида товушни тарқалиш тезлиги аниқланадиган формула ифодасини оламиз:

$$C = \sqrt{\varepsilon / \zeta} \quad (7.27.)$$



7.10-рasm. Гидравлик зарб ҳодисаси- ня тушунтиришга доир тасвир.



7.11-рasm. Зарб босимини ҳисоблаш-га доир тасвир.

Юқорида келтирилган (7.27.) формуласи суяқлик йўли қопқоқ билан оний вақтда бирданига ёпилганида, яъни ёпиш вақти T_E гидравлик зарб тўлқинининг ярим даври $T_E < T_0 < 2l/c$ дан кичик бўлганида тўтри ҳисобланади. Агар T_E катталаштирсак ва қопқоқни секин-аста ёпсак $T_E > 2l/c$ ҳолатида нотўлиқ гидравлик зарб ҳосил бўлади; яъни зарб тўлқини резервуардан қайтиб, қопқоққа, у ёпилганга қадар, етиб келади натижада босимнинг тўлиқ ортиши кузатилмайди. Босимнинг қисман $P'_{1/2}$ ортишини қуйидаги нисбатдан аниқлаш мумкин:

$$P'_{1/2} = P_0 (T_0 / T_E) \quad (7.28.)$$

Келтирилган (7.28.) тенгламасидан ҳамда $T_0 = 2l/c$ ифодасидан фойдаланиб, зарб тўлқини ҳисобига босимнинг қисман ошиши аниқланадиган формулани ҳосил қиламиз:

$$P_{1/2} = 2c\sigma_0 / T_E \quad (7.29.)$$

Шундай қилиб, гидравлик зарбни камайтириш учун қувурдаги қопқоқнинг ёпилиш вақтини узайтириш керак экан. Бундан ташқари, гидравлик зарбга қарши турли усуллар ишлаб чиқилган ва улар қўлланилаяпти: буларга қувурдаги босимни камайтиришда ишлатиладиган сақлаш клапанли мосламалари бўлиб, улар босим ортганида очилади, чунки маълум босим қийматларига ростланган бўлади; зарб босимини тўлдирувчи (компенсацияловчи) қурилмалар (ҳаво қолпоғи, тенглаштирувчи резервуарлар, гидроаккумуляторлар); қувурнинг оралик нуқталарида урнатилган тесқари клапанли қурилмалари; белгиланган босимдан, унинг катталиги ортганида, пардалар йиртилиб суяқликни ташқарига чиқариб юборадиган диафрагмали сақлаш қурилмаларини киритиш мумкин.

Айрим ҳолатларда зарб босимининг таъсирини камайтириш мақсадида қувурга турли хил қўшимча мосламаларни киритмасдан, фақат заиф бугинларнинг мустаҳкамлиги орттирилади.

7.8. Гидравлик зарбни техникада қўлланилишига доир мисол

Юқоридагилар асосида ишонч ҳосил қилиндик, гидравлик зарбда босимнинг кескин ортиб кетиши кўпчилик ҳолларда жуда ҳам хавфли. Шундай бўлсада, инсоният ақл-заковати бу ҳодисани ҳам қўллаш соҳасини тошган. 1796 йили сувни юқорига кўтариб бериш машинаси – гидравлик таран ихтиро этилди.

Гидравлик таранни амалга оширадиган қурилма энг содда бўлиб, сувни бирор горизонтал H_1 сатҳ баландагидан ундан анчагина

баландликда жойлашган H_2 сатҳга кутаришда гидравлик зарб ҳодисасидан фойдаланилади (7.12-расм). Қурилма ишчи камера 1, қаттиқ зарб берувчи клапан 8, ҳайдаш клапани 2, ҳаво қалпоғи 5 ва чиқаргич труба (сув кутарувчи) 6 сув қуйилиши учун мулжалланган ҳовуз 7 дан ташкил тошган. Таран қурилмаси таъминловчи труба 3 орқали сув ҳавзасига ёки бирор бошқа манъба 4 га уланади. Бу манъбалардаги сув қури (миқдори) етарли даражада бўлиши ва қабул этувчи 7 бассейн (ҳовуз) улардан анчагина баландликда жойлашуви керак.

Гидравлик тараннинг ишлаш принципини қараб чиқамиз. Соддалаштириш мақсадида, қурилмадаги иккала клапанларни ҳам бошлангич ҳолатида ёпиқ, ҳаво қалпоғидаги ортиқча босим $+P_k = \rho g H$ га тенг, ҳамда таъминловчи ҳавзадаги сув ҳаракатсиз деб қабул этамиз. Гидравлик таранни ишга тушириш учун аввало зарб клапани 8 очиш керак. Шунда сув 8 клапани орқали оқиб чиқа бошлайди ва таъминловчи труба 3 даги сув тезлиги нолдан бирор аниқ σ , чегаравий қийматгача етади. Бу тезлик эса H дам қийматига ва таъминловчи труба системасидаги гидравлик қаршиликка мос келиши керак, яъни зарб клапанидаги дам исрофи $\sum h_w$ ни қониқтириши зарур.

7.12-расм. Гидравлик таран схемаси.

Бир вақтнинг ўзида тезлик дами ($\sigma \frac{2}{2g}$) билан биргаликда зарб клапаннинг остидан таъсир этувчи гидродинамик босим ҳам ортади. Бу босимнинг таъсир кучини қиймати 8 клапан оғирлигидан катта бўлганида, у ёпилади ва гидравлик зарб пайдо бўлади. Шунда таъминловчи трубадаги босим кескин ортади ва натижада ҳайдаш 2 клапан очилади. Босим остидаги сув ҳаво қалпоғи 5 га ўтади, сунгра қалпоқ остидаги ҳавони сиқиб узатувчи қувур 6 орқали қабул этувчи 7 бассейнга қуйилади.

Зарб клапаннинг ёпилиш вақтида таъминловчи қувур 3 да тулқин жараёни бошланади, бунинг натижасида ундаги суюқлик ҳаракатининг тезлигини ва босимини камайишига олиб келади. Маълум вақт ўтганидан сунг, таъминловчи қувурдаги босим шу даражада пасайиб кетадики, натижада ҳайдаш клапан 2 ёпилади ва зарб клапани 8 автоматик равишда очилади ва яна янги цикл қайтадан бошланади.

Таран, сувни порция (булиб-бўлиб)лаб узатиб, автоматик равишда ишлайди, ҳаво қалпоғи эса ўқитувчи қувурдаги сув оқимини узилиб-узилиб оқиши (пульсация)ни камайтириб, юқоридаги бассейнга бир меъёрда Q_2 сув миқдорини узатилиб турилишини таъминлайди. Аммо сув ҳавзасидан узатилаётган сув миқдори $Q = Q_1 + Q_2$ ни анчагина қисми (Q_1) зарб клапани орқали ташқарига оқиб чиқади.

Таранни ишга тушириш учун сарф бўладиган қувват қуйидагига тенг:

$$N_{\text{сarf}} = \rho g Q (H_1 + \sum h_w) \quad (7.30.)$$

бунда H_1 - ҳавза билан ҳайдаш клапани орасидаги баландлик. Тараннинг фойдали қуввати қуйидагича ифодаланади:

$$N_{\text{фойда}} = \eta Q_2 (H_2 + \sum h w_2) \quad (7.31.)$$

бунда H_2 - ҳайдашнинг фойдали баландлиги; η - ҳайдаш системасидаги исрофлар.

Агар системадаги турли-туман исрофларни ҳисобга олинмаса гидравлик тараннинг ф.и.к. қуйидагига тенг бўлади:

$$\eta = N_{\text{фойда}} / N_{\text{сарф}} = Q_2 H_2 / Q H_1 \quad (7.32.)$$

Тараннинг ф.и.к. қиймати асосан H/H_1 нисбатига боғлиқ бўлади. Гидравлик таран қурилмаларини кўп миқдорда ишлаб чиқариш саноатини тараққий этган мамлакатлар йўлга қўйган бўлиб, улар қишлоқ хужалиги ишлаб чиқарилишида сугориш ва сув таъминоти соҳасида ҳамда тоғ утлоқларига сув чиқаришда ва ш.к. жойларда кенг қўлланилаяпти.

ИККИНЧИ ҚИСМ ГИДРАВЛИК МАШИНАЛАР ВА ГИДРОЮРИТМА

Гидравлик машиналар суюқликни узатишга, суюқлик оқими энергиясини механик энергия айлантиришга, ҳамда механик энергияни машина двигателдан машина қуролга узатишга ёки суюқлик таъсирида турли – туман ҳаракат ва тезликларни бошқа турдагиларга айлантиришга мулжалланган. Шуларга мос равишда гидравлик машиналар учта турга булинади: насослар, гидродвигателлар ва гидроюритмалар.

Бу машиналар узларнинг энергетика ва конструкция белгилари жиҳатдан бир-биридан фарқланса-да, аммо уларнинг ҳаммасида ишчи мода сифатида фақат суюқлик қўлланилади.

Гидравлик машиналарнинг турлари орасида энг кўп тарқалгани бу гидравлик насослардир. Уларнинг 130 га яқинроқ номлари мавжуд. Давлат стандарти насосларни суюқ муҳит оқимини ҳосил қилувчи машина деб қабул этган. Насос камерасидаги суюқ муҳит (сув, нефть, маҳсулотлари ва ш.к.) сиқиб чиқаргичнинг таъсир кучини узатилиши натижасида оқим вужудга келади. Насосларнинг узларидаги таъсир кучини турига қараб динамик ва ҳажмий бўлади. Динамик насосларга куракли, марказдан қочма, уқли, уюрмали, оқимлилар мансуб бўлса, ҳажмийларга-поршенли, плунжерли, диафрагмали, қанотчали (препелерли), роторли ва бошқалари киритилган.

Гидравлик двигателлар худди насослардай, динамик ва ҳажмий таъсирли бўлади. Буларга гидравлик турбиналар, сув гидараклари, гидроцилиндрлар ва роторли гидромоторлар киради. Гидродвигателлар техниканинг турли-туман соҳаларида кенг қўлланилади: гидроэнергетикада (гидравлик турбиналар бўлиб, мамлакатимиздаги электр энергиясининг 20% га яқини ишлаб чиқаради), нефть қазиб олишда ва тоғ ишларида (турбобур-пармалаб ерни чуқур қовлайдиган машиналари билан таъминланган пармаловчи қурилма), транспортда (гидроцилиндрлар ва гидромоторлар) ва ш.к.

Гидроюритма учта асосий элементлардан ташкил топган: гидроузатма, бошқариш ускунаси ва хизмат кўрсатувчи ускуна. Гидроюритманинг куч узатувчи қисми гидроузатма бўлиб, насос ва гидродвигателдан ташкил топган. Гидроузатма ҳам икки турга булинади: динамик ва ҳажмий. Динамик гидроузатмага гидродинамик муфтлар ва гидродинамик трансформаторлар ҳажмийсига ҳар-хил конструкциядаги ҳажмий насослар ва гидродвигателлар киради. Гидроузатманинг асосий вазифаси худди механикавий узатмалар (муфта, тезликлар қутиси, редукторлар) ниқидай бўлиб, механикавий узатмага нисбатан айрим афзалликлари мавжуд, уларни 12-бобда кўриб қўламиз.

Замонавий техникаларда гидромашиналарнинг турли-туман турлари қўлланилади. Шулардан ҳажмий ва куракли насослар ҳамда гидродвигателлар энг кўп тарқалган. Насосларнинг айрим конструкциялари қайта тикланувчанлик хусусиятларига эга, яъни насосни кириш қисмига суюқлик босим остида узатилганида, у гидродвигатель бўлиб ишлай олади. Буларга роторли насослар киради.

Замонавий автоматлаштирилган ишлаб чиқаришнинг узлуксиз линияларида кенг қўлланиладиган турли ҳил робот ва манипуляторларда ҳамда чизиқли бурила оладиган ва илгариланма-қайта ҳаракат ҳосил қилишда гидродвигателлар кенг тадбиқ этилган.

VIII – боб.

ПОРШЕНЛИ НАСОСЛАР

8.1. Поршенли насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.

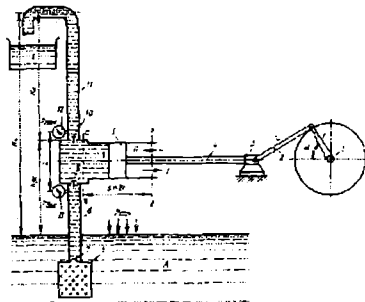
Поршенли насос ҳажмий таъсир машинаси бўлиб, узининг ёпиқ ҳажмидаги сиқиб чиқаргичларини тўғри чизиқли, илгариланма-қайта ҳаракати туфайли бушлиққа суюқлик сўрилиб, сўнгра ундан сиқиб чиқарилади. Поршенли насосларга плунжерли насослар ҳам киради. Улар бир-биридан сиқиб чиқаргичларни конструкциялари ва зичлатиш характери билан фарқланади.

Энг содда поршенли насосни ҳаракатта келтириш схемаси 8.1-расмда келтирилган. Поршеннинг илгариланма-қайтма ҳаракати айланма ҳаракат қилувчи машина юритмасидан узатилган. Масалан, бунга электр двигатели мисол бўла олади. Поршен 5 ни илгариланма-қайтма ҳаракати кривошип-шатун механизми ёрдамида амалга оширилади. Бу механизм радиуси бўлган кривошипли маховик (1) дан, узунлиқдаги шатун (2) дан, ползун (сиргалувчи) (3) дан ва шток (4) дан ташкил топган.

Поршен насос – сўрувчи (9) ва дамли (чиқариш) (10) клапанлари жойлашган ишчи камерада, ичига поршень (5) урнатилган цилиндрдан ҳамда сўрувчи (8) ва дамли (11) трубалардан иборат бўлиб, улар насосни асосий органлари ҳисобланади. Суюқликка ботирилган сўрувчи труба охирида филътр (6) ва қабул этувчи (7) клапан жойлашган.

Поршеннинг чапдан унг томон (1) стрелка (мил) йўналиши буйича ҳаракатланганидай поршен ортида ва ишчи камерада вакуум ҳосил бўлади. Натижада сўрувчи (9) клапан остидаги ва устидаги босимлар фарқи ҳисобига (9) клапан очилади, ҳамда (8) сўрувчи трубадаги босим тушади, шу ҳисобга (7) клапан ҳам очилади, ҳавзадан сув насосга оқиб киради. Қабул этувчи клапанни очувчи ва сўрувчи труба буйлаб сувни кўтарувчи куч, бу Р атм. Атмосфера босими билан насоснинг ишчи камерасида, поршеннинг унг томонга қараб ҳаракатидан пайдо буладиган ўзгарувчан босимлар айримасидир.

Поршень унгдан чап томонга (11 – мил йўналиши буйлаб) Ҳаракатланганида ишчи камерадаги суюқлик сиқила бошлаганидан сўрувчи клапан ёпилади. Сиқилиш давом эттирилганида камерадаги босим чиқариш (10) клапанни оғирлиги ва уни тутиб турувчи пружина кучидан катта бўлганида клапан очилади ва суюқлик камерадан дамли (11) трубага сиқиб чиқарилади.



8.1-расм. Кривошип юртмали поршенли насоснинг схемаси.

Ҳавзадаги суюқликнинг эркин сиртидан то насоснинг қабул қилувчи камерасида жойлашган поршеннинг энг юқори нуқтаси вертикал бўйича ҳисобланган баландликни сўриш баландлиги дейилади ва $H_{сур}$ белгиланади. Бу баландлик, сув устунининг метрларда ифодаланган атмосфера босимига эквивалент бўлиши мумкин эмас. Амалда эса у кичик қийматта эга бўлиб, 6-7 м сув уст (7.6 к) ошмайди.

Суюқлик оқимининг энг баланд кўтарилиши нуқтасини ҳайдаш баландлиги ($H_к$) дейилади.

Суюқликнинг узатилишини тўла баландлиги ($H_т$) сўриш баландлиги билан ҳайдаш баландлигини йигиндисиغا тенг.

$$H_т = H_{сур} + H_к$$

Қараб чиқилган насос содда ишлайдиган насосларга мансубдир. Чунки ундаги поршень тирсак валининг бир марта иккиланган йули вақтида суюқликнинг маълум миқдорини бир марта дамлаб ҳайдайди, бундай ишлаш натижасида суюқлик бир меъёрда узатилмасдан, порциялаб (бўлиб - бўлиб) узатилади, бу поршенли насос конструкциясининг асосий камчилиги ҳисобланади. Конструкцияни такомиллаштириш йули билан насоснинг суюқликни узатишдаги нотекислигини маълум даражада камайтириш мумкинлиги тўғрисидаги маълумотларни қуйида қараб чиқилади.

8.2. Насосларнинг асосий иш параметрлари.

Насос ишини баҳолайдиган асосий параметрларга унинг узатиши, дами, валнинг айланишлар сони, қуввати ва фойдали иш коэффициентлари киради. Насоснинг узатиши деб вақт бирлигида сиқиб чиқарилган суюқлик миқдорига айтилади. Узатиш катталиги ҳажмий Q (M^3/C) ва массавий Q_m ($кг/с$) бирликларида ўлчанади.

Поршенли насоснинг узатиш қобилияти поршеннинг юзаси 5 га йўлини узунлиги 1 га ва маховикини ёки тирсак валининг айланишлар n частотасига боғлиқлигидан аниқланади. Юқоридаги расмдан куринадики, поршеннинг тўла циклдаги, яъни валнинг тўла бир марта айланганидан, утган йули узунлиги $2L$ га тенг; шундай бўлсада суюқликни узатиш

поршенининг фақат L узунликни ўтишда содир бўлади, қолган йўлниги иккинчи ярмида у суюқликни суради ёки салт юриш қилади. Шунинг учун ҳам содда насоснинг иш циклидаги (яъни вал бир марта айланганида) назарий узатилган суюқлик ҳажми цилиндр ҳажмига тенг бўлади, яъни

$$V = SL = \frac{Xd^2L}{4}; \quad (8.2.)$$

тенг бўлса, насоснинг назарий узатилган суюқлигини миқдори (M^3/c) қуйидагига тенг:

$$Q_H = SLn/60. \quad (8.3.)$$

Ҳақиқий узатилган суюқлик миқдори айрим сабабларга кўра назарий миқдордан кичик бўлади, назарий миқдордан клапанлари ўз вақтида жипс ёпилмаслиги сабабля сурилган суюқликнинг маълум миқдори яна суриш трубага қайтиб ўтади: суриш клапанинг очилиши поршень ҳаракати бошлангич нуқтасида ўз вақтида очилмаганлиги учун суриш кечикиброқ бошланади; сальник, фланец, манжет, клапанларнинг бутун сирт бўйича тўлиқ жипс ётмаганлиги учун суюқлик сирқиб оқади.

Шунинг учун ҳам насоснинг назарий узатиш қийматини камайтирувчи ҳамма сабабларини ҳисобга олувчи ҳажмий фойдали иш коэффицентини киритилади: $\frac{n_0}{n} = 0.85-0.99$.

Демак ҳақиқий узатилган суюқлик миқдори қуйидагига тенг бўлади:

$$Q_H = Q_H \cdot S_0. \quad (8.4.)$$

Насоснинг ҳосил қилган дами деб суюқликнинг бирлик оғирлиги энергиясини узгаришига ёки суюқликнинг насосдан чиққандан ва унга киришдан олдинги оқимларини кўндаланг кесимидаги солиштирма энергиялар фарқига айтилади. Бу кесимлар 8.1-расмда кўрсатилган, (12) манометр ва (13) вакууметрлар ўрнатилган нуқталарга мов келади. Шунинг учун ҳам Бернулли тенгламасига мувофиқ насосларнинг чиқиш ва кириш каналаридаги дамлари қуйидагига тенг бўлади:

$$H_t = \lambda_t + \frac{P_t}{\gamma} + \alpha \frac{V_t^2}{2g} \text{ ва } H_k = Z_k + \frac{P_k}{\gamma} + 2 \frac{V_k^2}{2g}.$$

Ҳозирча суюқликнинг ишқаланишида ва маҳаллий қаршиликларда исроф бўлган дамини ҳисобга олмаймиз.

У ҳолда, насос ҳосил қилган тўла ва назарий дам қуйидагига тенг (м):

$$H_H = H_t - H_k = (Z_t - \lambda_k) + \frac{P_{max} - P_{min}}{\gamma} + \frac{2_1 V_t^2 - \alpha_2 V_k^2}{2g}; \quad (8.5.)$$

ёки

$$H_H = \lambda + \frac{P_{max} - P_{min}}{\gamma} + \frac{2V^2 - 2_2 V_k^2}{2g}; \quad (8.6.)$$

бунда Z – манометрлар ва вакууметрлар жойлашган сатҳлар балансликларининг айирмаси, Масалан: P ман. ва P вак. – манометрик ва вакууметрик босимлар (манометр ва вакууметрларни курсатганлари), Па: V_2 ва V_K суюқ муҳитнинг (суюқлик оқими) насосдан чиқиш ва унга кириш тезликлари, м/с.

Демак, насос ҳосил қилган тула дам геодезик, манометрик ва вакууметрик дамларнинг йигиндисига ҳамда насоснинг ҳайдаш ва сүриш каналларидаги калта трубалардаги суюқ муҳитнинг тезлик дамлари айирмасига тенг экан.

Ҳақиқий дам назарийдан катта бўлади, чунки тенгламани чиқаришда гидравлик қаршилиқлар эътиборга олинмайди. Бу қаршилиқларни енгишда пайдо буладиган исрофларни ҳисобга олиш учун гидравлик фойдали иш коэффиценти киритилади ва унинг қийматини 0,7 – 0,9 олинади:

$$\eta_r = N_H / N_x \quad (8.7.)$$

Насоснинг қуввати истеъмол қилинган ва фойдали қувватлари билан фарқланади.

Истеъмол қилинган N_H – бу двигателдан насосга вақт бирлигида узатилган энергия.

Фойдали қувват N_Φ – вақт бирлигида насосдан ўтган суюқликнинг олган энергияси (B_T):

$$N_\Phi = Q_g QH \quad (8.8.)$$

Насоснинг тула ф.и.к. бу фойдали қувватнинг истеъмол қилинганига нисбати:

$$\eta = N_T / N_H \quad (8.9.)$$

Тула ф.и.к. қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\eta = \eta_0 \cdot \eta_r \cdot \eta_{\text{мех}} \quad (8.10.)$$

бунда $\eta_{\text{мех}}$ механикавий узатма ва ишқаланишдаги исрофларни ҳисобга олувчи меҳаникавий ф.и.к.; $\eta_{\text{мех}} = 0,95 - 0,98$.

Замонавий насосларни ф.и.к. 0,65 – 0,90 оралигида ётади.

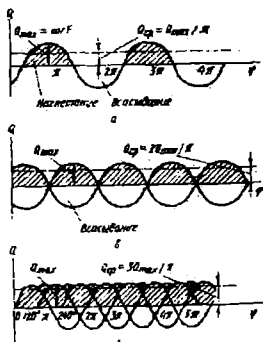
8.3. Узатиш графиклари. Узатишнинг нобарқарорлигини камайтириш усуллари

Насос схемасини (8.1-расмга қараб чиқилганда шунга ишонч ҳосил қилиш мумкинки, поршень цилиндрда ўзини ҳаракат тезликлари нолга тенг бўлган энг чекка (ЮҮН ва ҚҮН) улик нуқталар оралигида ҳаракатланади. Поршеннинг X координати ўқи бўйлаб кўчишини маховикнинг бурилиш бурчаги α аниқланади ва меҳаникадан маълум бўлган тенглама билан ифодаланади:

$$X = r (1 - \cos \alpha) \quad (8.11.)$$

X координатасининг айнан вақтдаги кўчишининг жорий тезлигини биринчи даражали ҳосила билан ифодаланади:

$$V = \frac{dx}{dt} = r_{\infty} \sin \alpha \quad (8.12.)$$



8.2 - расм. Энг содда бир поршеньли (а) икки поршеньли (б) ва уч поршеньли (в) насосларнинг узатиш графиклари.

Айнан бирор вақтдаги (жорий) тезлигининг қиймати эса X бўйича икки марта олинган ҳосилага тенг яъни:

$$a = \frac{dx}{dt} = \omega^2 \cos \alpha; \quad (8.13.)$$

бунда $\omega = 2\pi/60$ - бурчак тезлиги.

Узатишнинг жорий миқдори поршень ҳаракати тезлигининг шу поршень юзаси кўпайтмасига тенг бўлади:

$$Q_{ж} = S \cdot \omega \cdot \sin \alpha \quad (8.14.)$$

Шунай қилиб, (8.14.) формуладан кўринадики суюқликни узатилиши синусоидал қонуният бўйича узгаради, яъни α бурчаги 0, 180, 360 қийматларида $Q_{ж} = 0$ бўлса, α бурчаги 90, 270 қийматларида $Q_{ж}$ энг катта миқдорга эришади.

Бу қонуният 8.2 (а) расмида график шаклда тасвирланган. Графикдан кўринадики, содда насоснинг ишлашида суюқликнинг узатилиши ўта даражада нотекис экан. Айни шу насос учун нотекислик даражаси S_H энг катта миқдордаги суюқлик сарфи Q ни, унинг ўртача $Q_{\text{орт}}$ қийматига нисбати билан ифодаланади:

$$S_H = Q_{\text{max}} / Q_{\text{орт}} = \frac{S \omega r}{s L \pi / 60} = \frac{S_1 (\pi) / 30}{S_2 r \pi / 60} = \pi \quad (8.15.)$$

Насосдаги узатишнинг нобарқарорлигини ишчи цилиндрларнинг умумий сонини орттириш усули билан етарли даражада камайтириш мумкин. Поршеньлар умумий тирсак ваliga ўрнатилади, кривошиплар эса бир-бирига нисбатан бурчак остида (ички ёнув двигателларига ўхшаш) жойлашади.

Икки поршенли насоснинг узатиш графиги 8.2. б-расмида келтирилган. Расмдан куринадики, узатишнинг энг катта миқдори Q_{\max} узгармасдан, унинг ўртача миқдори $Q_{\text{урт}}$ 2 марта ортар экан. Шунинг учун ҳам нотекис узатиш коэффициенти 2 марта камаяди:

$$S_H = Q_{\max} / 2Q_{\text{урт}} = \Pi / 2 \quad (8.16)$$

Уч поршенли насосдаги ҳар бир цилиндр кривошиплари 120° градусга силжиган бўлади. Шунинг учун ҳам узатиш графиги (8.2. в-расм) даги энг катта (максимал) бир ҳил сарф уринли бўлганида насоснинг узатиши 3 марта ортади, нотекис узатиш эса етарли даражада камайиб кетади: бунда нотекис узатиш коэффициенти бирга тенг бўлади:

$$S_H = Q_{\max} / Q_{\text{урт}} = \pi / 3 \cong 1. \quad (8.17.)$$

Поршенли насосларнинг узатиш нотекслигини камайтириш мақсадида, уларнинг конструкцияланиши турлича бўлиши мумкин; ҳаво қалпогини ўрнатилиши, дифференциал туридаги насосни қўлланилиши, икки томонлама ишлайдиган насослар ва бошқалар.

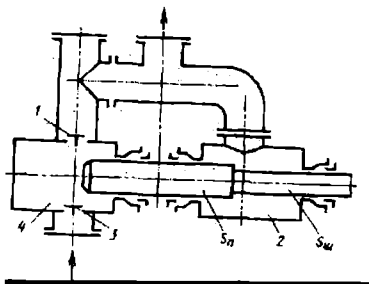
8.4. Поршенли насосларнинг таснифланиши ва асосий конструкциялари.

Поршенли насослар ўзларининг айрим асосий белгилари бўйича таснифланади:

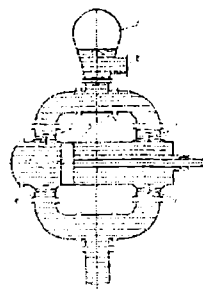
1. Етакловчи бўгин (қисм) ҳаракатини характери бўйича: тўғри таъсир этувчи насослар бўлиб, уларда етакловчи бўгин илгариланма – қайтма ҳаракат қилади (жуфт тўғри таъсир этувчи) етакловчи бўгини айланма ҳаракатланадиган вали насослар (кривошипли, кулочокли).
2. Поршеннинг бир марта ўтган иккиланган йўли (бориб қайтгани) узунлигида суюқликни сўриш ва ҳайдашдаги цикл сони бўйича: бир томонлама ва икки томонлама ишлайдиганлар.
3. Поршенлар ёки плунжерлар сони бўйича: бир поршенли, икки поршенли, уч поршенли ва кўп поршенли.
4. Сиқиб чиқаргичларнинг тури бўйича: поршенли ва диафрагмали (пардали).
5. Ишга тушириш усули бўйича: механикавий юритмали ва қўл билан юритиладиган.

Насосларнинг энг ажойиб лойиҳаларини қараб чиқамиз:

Дифференциал насослар. Икки томонлама ишлайдиган насослар (8.3-расм) бўлиб, сўрувчи (3) ва ҳайдаш (1) клапанлари жойлашган битта ишчи камерасига ва клапанларсиз иккинчи ишчи камерасига ва клапанларсиз иккинчи ишчи камерасида ишчи камералардан икки марта суюқлик ҳайдалади ва шу ҳисобига нотекис узатиш барқарорлашади. Дифференциал насос валининг бир марта айланишида назарий жиҳатдан узатган суюқлик ҳажмини қуйидагича ифодалаш мумкин. Поршеннинг чап томонга қараб ҳаракатланишида дамли калта трубага тушган суюқлик ҳажми $S_{\text{ш}} L$ га, аксинча, поршень унғ томонга ҳаракатланганида



8.3-рasm. Дифференциал насос схемаси.



8.4-рasm Иккиёқлама ишлайдиган насос

$$(S_n S_{ш})L \text{ эса тенг бўлади: } V = S_m L + (S_n - S_{ш}) L = S_n L_1$$

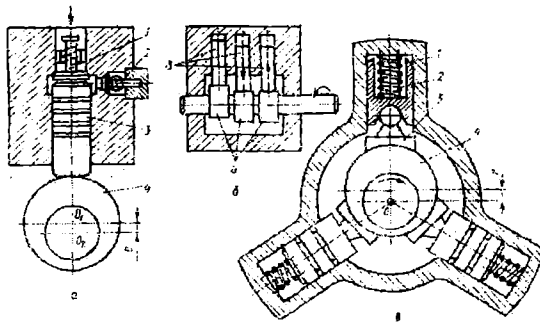
бунда S_n - поршень юзаси, M^2 ; $S_{ш}$ - штак юзаси, M^2 , L - поршень йўли, м.

Узатишнинг назарий қиймати ҳам ўзгармасдан қолади: $Q_H = S_n L_n / 60$ аммо, узатиш қиймати анчагина текис бўлади. $S_{ш} L = (S_n - S_{ш})l$, яъни $S_n = 2 S_{ш}$ - шток юзаси.

8.4 - рasm. Икки томонлама ишлайдиган насос схемаси. Поршень юзасидан икки марта кичик булган шarti бажарилганида узатиш жуда меъёрида, раvon булади.

Иккиёқлама ишлайдиган насослар. Бундай насос (8.4-рasm) содда ишлайдиган ва дифференциал насосларга нисбатан поршеннинг чап ва ўнг томонларида иккита ишчи камераси бўлиб, уларнинг ҳар бирида ҳам ҳайдаш (3) ва ҳам сўриш (4) клапанлари жойлашганлиги сабабли суюқликни жуда ҳам раvon (бир меъёрда) узатади. Чунки, тирсак валининг бир марта айланишида поршень (5) суюқликни икки марта сўради ва икки марта ҳайдайди. Тармоқланган калта труба (патрубка) (2) га уланган ҳаво қалпоги (1) ҳайдаш жараёнидаги суюқлик пульсацияси (узилишлар) ни пасайтиради. Валнинг бир марта тўлиқ айланишида узатган суюқликнинг назарий ҳажми қуйидагига тенг:

Кулачокли насослар. Бир цилиндрли насосларда (8.20 а-рasm) поршень (3) кулачок (4) билан ҳаракатга келтирилади ва пружина ёрдамида олдинги мувозанат ҳолатига қайтарилади. Кулачокнинг айланиш ўқи, унинг геометрик ўқига нисбатан эксцентриситет қиймати е катталигига силжиган бўлади. Кулачокнинг айланиши натижасида поршень цилиндрда $L = 2e$ тенг йўл бўйлаб илгариланма қайтма ҳаракатланади; шунда клапан (1) орқали суюқлик сўрилади ва клапан (2) орқали ҳайдалади.



8.5 – расм. Кулачокли юритмали насос схемаси;

а) Бир цилиндрли; б) Учала цилиндри бир қаторда жойлашган; в) Учала цилиндри ҳам радиал жойлашган ва клапан орқали ҳайдалади.

Узатиш бу турдаги насосда ҳам шатун – кривошип механизми содда ишлайдиган поршенли насосникига ўхшаш нотекис (бир меъёра эмас) бўлади. Узатиш равонлигини таъминлаш мақсадида насос ишчи шакларининг фазалар бирор бурчакка силжиган, цилиндрлар сони $Z = 3-11$ булган, куп поршенли насослар қўлланилади. 8.5. б – расмда уч цилиндрли насоснинг схемаси келтирилган. Айланма ҳаракат қиладиган валга кулачоклар (4) бир қаторда жойлашган, уларни поршенли пружина ёрдамида сиқилади (схемада пружиналар кўрсатилмаган).

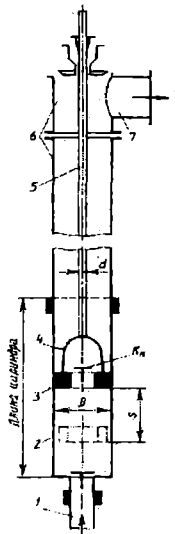
Кулачокли насос конструкциясининг ихчамлигига эришиши учун цилиндрни радиал жойлаштрилади ва уларнинг ўқларининг умумий ўқ билан кесишади (8.5. в-расм). Кулачок (4) ни айланиш маркази (келтирилган схемада) унинг геометрик ўқиға нисбатан е қийматта силжиган. Поршень (1) ва кулачок (4) орасидаги узаро тегиб туришдан пайдо буладиган (контакт) босимни бошмоқ (3) ёрдамида камайтириш мумкин. Поршенлар бошмоққа пружина (2) ёрдамида сиқиб турилади.

Насоснинг узатишини қуйидаги формуладан (M^3 / C) аниқланади.

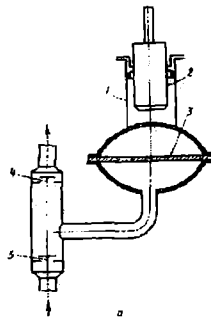
$$Q = S_{цп} n Z e v_0 / 60;$$

Бунда $S_{цп}$ цилиндрнинг иш юзаси, насоснинг ҳажмий ф.и.к.

Кулачокли, поршенли насослар юқори босим ҳосил қила олади. Бундай насослар турли – туман гидроюритмаларда, гидропрессларға суюқликни дамлаб узатишда ҳамда дизелли двигателларда ёқилги насоси сифатида қўлланиладики, улар тўтрисида автомобиль ва тракторни урганганинигизда тулароқ тушунчаға эға буласиз.



8.6-расм Поршень каллагидан суюқлик ұтувчи насос



8.7.Диафрагмалы насос

Поршень каллагидан суюқлик ұтувчи насослар. Бундай конструкциядағы насослар ұзларининг ихчамлиги билан фарқланади: уларда ишчи камера бұрмайды, ишчи цилиндрда сурувчи клапан, ҳайдовчи клапан эса поршень каллагида жойлашган булади. Поршенидан суюқлик ұтувчи насослар қудуқ (скважина) дан суюқликни кўтаришда қўлланилгани учун уларни чўктириладиган деб аташади. (8.6-расм). Пармаланган қудуқнинг химоя трубасига насос трубаси (6) тушурилади, унинг чўктирилган қисмига ичида поршен (3) жойлашган цилиндр (2) уланади. Поршени илгариланма - қайтма ҳаракатта келтириладиган махсус механизмига махкамланган штанга (узун металл қалпоқ стержен) (5) ни қудуқдаги учиде тевараги тешик гўмбадасимон металл қалпоқ (4) уланган, қалпоқ гардишига поршен каллагиде махкамланган поршен каллагиде ҳайдовчи клапан K_x жойлашган. Насос трубасининг охириги қисми сурувчи калта труба (1) ва юқориси эса – ҳайдовчи (7) билан туталанади.

Поршеннинг юқорига кўтарилишидан сурувчи клапан ечилиб, гидроцелендирга суюқлик қўйилади. Поршен юқоридан паства ҳаракатланганида эса, сурувчи клапан ёпилади ва цилиндрдаги суюқлик дами ортади, натижада поршен каллагидеги ҳайдаш клапанны ечилиб ундан суюқлик насос трубаси (6) га чиқарилган қисми эса ҳайдаш трубасиде орқали ташқарига узатилади.

Поршен каллагиде суюқлик ұтувчи чўктириладиган насони узатиши узатиши куйидаги формуладан (m^3/C).

бунда - S , чўктирладиган насос поршеннинг юзаси, M^2 ; $\frac{p = 0.7 - 0.85}{0}$

насоснинг ҳажмий ф.и.к.

Бундай турдаги насослар қўл билан юритиладиган (пешангричак) бўлиб улар қудуқ (скважина) дан сувни кутаришда тармоқ ва ҳовлиларда қўлланилади.

Диафрагмали насослар. Насоснинг диафрагмаси (8.7-расм) мембрана бўлиб, у эластик материаллардан (лак шимдирилган резина, тери, мато ва ш.к) тайёрланади. Мембарана ишчи камерани б ушлиқдан ажратиб туради ва бу бўшлиққа суюқлик мутлоқот утиши мумкин эмас.

Келтирилган 8.7. а расмдаги диафрагмали насоснинг сурувчи (5) ва ҳайдовчи (4) клапанлари урнатилган қутиси алоҳида жойлашган бўлиб у диафрагмакамераси билан труба орқали уланган. Диафрагма (3) нинг эгилиши махсус суюқлик билан тулдирилган насос цилиндри (1) да жойлашган плунжер (2) нинг итгариланма - қайтма ҳаракати туфайли амалга оширилади. Бундай турдаги диафрагмали насослар ҳар-қил аралашмалар билан ифлосланган (қум, балчиқ, чархтош материалари) суюқликларни ҳайдашда ҳамда кимёвий актив суюқликларни ва қурилиш қоришмаларини узатишда қўлланилади.

Диафрагма ва фақат плунжер билан ҳаракатта келтирмасдан содда пишангли (ричак) механизми ёрдамида ҳам амалга ошириш мумкин. Келтирилган 8.7 б-расмда пишангли, юритмали, диафрагмали насоснинг схемаси кўрсатилган. Ички камера (5) га иккита калта труба уланган уларнинг сурувчи (3) иккинчиси - ҳайдовчи (1) улар суриш (4) ҳамда ҳайдаш (2) клапанлари орқали амегага туташган.

Илгариланма - қайтма ҳаракат қиладиган шток (7) учига диафрагма (6) уланган. Бундай конструкциядаги диафрагмали насослар автомобил деталларида бензин насослари сифатида ишлатилади. Бу насосларнинг иккита пишангли бор: - бири қўл билан ҳаракатланиб бензин ҳайдашга мўлжалланган бўлса иккинчиси - двигател ишлаб турганди узлуксиз ёқилгини узатиб туришга мослашган у махсус кулачок ёрдамида ҳаракатта келтирилади.

РАТОРЛИ НАСОСЛАР

9.1. Роторли насослар таснифи ва уларнинг хусусиятлари.

Роторли насослар ҳам поршенли насослардай ҳажмий таъсир курсатиш турига мансуб булиб, суюқликни сиқиб чиқариш принципига асосланиб ишчи органларнинг (сиқиб чиқаргич) ҳаракатига мувафиқ роторли насослар айланма ва айланма – илгариланма ҳаракатларга бўлинади: айланма ҳаракатланадиган роторли насосларга тишли (дисторнияли, коловоторли) ва винтлилари айланма илгариланма ҳаракатли роторли насосларга–пластинкали (миберли) ва поршенли (радиал ва аксиал)лари киради.

Роторли насослар учта асосий қисмлардан: статор (қузғалмас тана) дан, асосий механикавий ўқ, (вал) билан мустаҳкам бирлашган ротордан сиқиб чиқаргич (битта ёки бир нечта) дан ташкил топган. Айрим турдаги конструкцияларда ротор (сиқиб чиқаргич вазифасини бажаради.

Роторли насосларнинг иш жараёни қуйидаги хусусиятларга эга. Роторнинг айланишидан насоснинг ишчи ҳажми-камераси силжиб, унинг ҳажмини ўзгартиради ва сўриш бўшлиғига суюқликни кесиб олиб, уни чиқариш канали бўшлиғига узатади. Бундай принципда ишлайдиган насосга сўриш ва чиқариш клапанлари керак бўлмайди ва иш жараёни уч даврга бўлинади: ишчи камерани суюқлик билан тўлдириш; ишчи камераларнинг туташ жойлашуви ва уларнинг кўчирилиши; ишчи камерадан суюқликнинг сиқиб чиқарилиши.

Роторли насосларнинг иш жараёнини ўзига хос хусусияти уларнинг энг муҳим хоссаларини белгилайди:

1. Катта тезликда юриш: валнинг айланишлари частотаси 5-10 мин этади;
2. Бир меъёрда узата олувчанлиги булиб, уни ростлаш ва оқим йўналишини ўзгартириш мумкинлиги;
3. Тиклана олувчанлиги, яъни ҳам гидродвигатель, ҳам насос булиб ишлай олишлиги;
4. Етарли даражадаги юқори ф.и.к. катта босим ҳосил бўлиб ишлай олишлиги;
5. Қувват бирлигига кичик масса ва ҳажми тўғри келиши;
6. Юқори даражада ишончли ишлашлиги;
7. Фақат агрессив бўлмаган тоза (чарх тошига хос бўлган ва бошқа турдаги заррачалари бўлмаган), мойлаш қобилиятига эга бўлган даражадаги аниқликда ясалишига ҳам улар орасидаги оралик масофа ўта кичиклигига боғлиқ.

Юқорида келтирилган насосларнинг олтита хоссаси уларнинг яхши томони бўлса, еттинчиси - насоснинг кенг қўламда турли соҳаларга қўлланишига тўсқинлик курсатувчи камчилиги ҳисобланади.

Роторли насосларнинг суюқликни узатиши, насоснинг ишчи бўшлиғининг ўлчами ва роторнинг айланишлар частотаси ҳамда насос элементларининг мустаҳкамлиги билан белгиланади. Агар насоснинг ҳайдаш каналидаги сурма клапан тасодифан ёпилиб қолса, унда насос

ичкарисидаги суюқлик босими қабул қилинган даражасидан анча ортиб кетиши натижасида насосни ишдан чиқаради ёки бузилади. Шунинг учун насосни хар хил зуриқишдан сақловчи асбоб-ускуна бўлиши шарт, булардан ташқари насос қисмлари ишлатилиш соҳасиги қараб маълум мустақамликка эга бўлиши керак (албатта, босими линия қаршилиги эътиборга олинади).

Узатиш миқдори унча катта бўлмаган, ammo юқори босим талаб этиладиган техникада роторли насослар кенг қуламда қўлланилади. Бу насослар гидроузатмаларда, автоматик насослар қурилмаларида, ростлаш системаларида, газ турубиналарининг ва ракета двигателларининг ёқилги системаларида, гидравлик прессларда, қовушқоқ суюқликларни ҳайдашда қўлланиладиган двигателларнинг мойлаш системаларида, нефть, кокс химияси ва бошқа турдаги ишлаб чиқаришларда муваффақият билан қўлланилади.

Роторли насослар тикланувчанлик хоссасига эга бўлганлиги сабабли, яъни агарда уларнинг кириш қисмига суюқликни босим остида узатганимизда, бу насослар гидродвигатель сифатида ишлай олади. Шунинг учун уларни техникавий адабиётларда гидромеханикалар деб аташади: бундан кейин биз ҳам худди шу терминни қўллаймиз.

Хамма турдаги роторли насослар орасида посторняли (тишли) насослар энг содда тузилишга эга. Улар ташқи ва ички тишлари билан Илашадиган қилиб ясалади. Ташқи тишлари билан илашадиган турдагилари (9.1-расм) энг кўп тарқалган. Насос бир жуфт ултамлари узаро тенг, тишлари билан илашган тишли гилдирак (шестерня) 4 дан ташкил топган ва статер (тапа) (I) да жойлашган. Тишли гилдиракларнинг бири етакловчи ва иккинчи етакланувчи бўлиб, улар статернинг ички девори билан радиал бўйлаб жуда тор тирқиш ҳосил қилиб жойлашади. Етакловчи тишли гилдирак двигатель ёрдамида айлаштирилади. Тишли гилдиракларнинг айланма харакати натижасида (мил йуналишида - расмда кўрсатилган) тишлар оралигидаги чуқурчага суюқлик оқиб кириб, уни тўлдирди ва сўриш бушлиги (2)дан ҳайдаш бушлиги (3) томон силжийди. Насосни ён қопқоғи тишли гилдиракнинг ён томонларига жуда ҳам яқин жойлашади. Шунинг учун ҳам суюқлик бу йул орқали чиқиб кета олмайди ва насоснинг ҳайдаш йули йуналишида тишлар оралигидаги чуқурчадан, тишларнинг айланиши натижасида сиқиб чиқарилади.

Тишли насослар роторли, яъни насоснинг сўриш канали сифатида исталган канални қабул қилинса ва унга мос равишда роторнинг айланиш йуналиши ҳам танланса, насос ишлай олади.

Тишли насослар металга кесиби ишлов берувчи дасттох (станок)-ларнинг, тракторларнинг, йул қурилиши машиналарининг гидросистемаларида ҳамда қовушқоқ нефть махсулотларини ҳайдашда кенг қўлланилади. Юқорида таъфрифланган насосларнинг қўлланилиши ҳақида сиз автомобиль, трактор ва металл кесувчи дасттохларнинг мойлаш системаларининг ҳамда осма гидросистемаларини урганишда яна учрашасиз.

Иткарисидан илашадиган тишли насослар ташқарисидан илашадиганларига нисбатан яна ҳам ихчамдир. Улар юқори даражадаги суриш қобилиятига эга, катта айланишлар частотасида ишлайди, аммо уларни тайёрлаш анча мураккаб булганлиги учун узининг кенг тадбиқини топмаган.

Коловоротли насосларни ҳам тишли гилдиракли насос деб қараш мумкин, чунки ҳар бир роторда икки ёки учтадан тиши бўлади. 9.2.-расмда икки тишли коловорт насоси кўрсатилган. Коловоротли насоснинг тишлари шундай ясаладикки, улар узаро ва статор билан жинс жуфтлашиб айлана олади. Роторнинг кўрсатилган мия йуналишида (етақловчи ўнгдан чапга ва етақланувчи чапдан ўнгга) айланишида чаптаги бушлиқ кенгайиб, ўнгдагиси торайиши натижасида сўриш ва ҳайдаш жараёни ҳосил бўлади. Иккала ротор ҳам айланувчи моментнинг статор ичида узата олмайди, чунки уларнинг ўқлари насос танасидан ташқарида узаро тишли гилдираклар жуфти орқали бир-бирига ишланган.

Коловоротли насослар юқори қовушқоқликка эга булган суюқликларни паст босим остида ҳайдашга муъжалланган: Масалан, тошқумир чиркайини (тошқумирни қиздириб олинадиган қора суюқлик) битумларни ва ш.к.

Винтли насосларни қия тишли шесторняли машина деб қараш мумкин булиб, ундаги тишларнинг сони винтли ариқчаларнинг кириш сонига тенг. Бундай насослардаги винтларнинг сонига қараб улар бир, икки, уч ва кўп винтли насосларга ажратилади. Энг кўп тарқалганлари бу икки ва уч винтлардир. 9.3.-расмда келтирилган насос уч винтли, бу винтлар тана (1) ни ичига жинс кўндирилган. Уртадаги винт (2) етақловчи, унинг икки биқинидаги винтлар (3) етақланувчилардир. Бир винтнинг бурама тепаликлари иккинчисининг бурама ариқчаларига ботиб кириши натижасида ариқчалар оралигиди буш чуқурликнинг бир қисмига сўриш бушлиги орқали оқиб кириб, уни тулдиради винтлар буралгандан сўнг, оқиб кирган суюқлик насоснинг сўриш бушлигидан кесиб олинади ва винт йуналиши буйлаб шу суюқлик айланма илгариланма ҳаракат қилади.

Етақланувчи винтлар суюқликнинг винт атрофидаги винтсимон бушлиққа оқиб утишидан сақлайди. Винтнинг бир марта тўла айланишида суюқлик ҳайдаш трубази томон ариқчасини қадамига тенг масофага силжийди. Шундай қилиб, винтнинг ҳар би қадмига берк бушлиқ ҳосил булар экан, бу бушлиқ насоснинг сўриш трубазидан, узлуксиз равишда, ҳайдаш трубази томон силжийди.

Винтли насослар узларининг бир меъёрада суюқликни узатиш қобилиятидан ташқари, ўз-ўзидан сўрилиш катталиги (то 6-7 м сув уст.) суюқлик босимини кенг орақлида ўзгартириш имкони борлиги, ф.и.к. нисбатан турғунлиги ва қонструкциясининг ихчамлиги билан фарқланади. Шундай бўлса ҳам, уларни тайёрлашга қўйиладиган аниқликнинг юқори даражадалиги ва мураккаблиги бундай насосларнинг кенг қўлланилишини чегаралайди.

Винтли насослар ўзларининг бир меъёردа суюқликни узатиш қобилиятидан ташқари, ўз-ўзидан сўрилиш катталиги (тоб-7 м сув уст.) суюқлик босимини кенг ораликда ўзгартириш имкони борлиги, ф.и.к. nisбатан турғунлиги ва конструкциясининг ихчамлиги билан фаркланади. Шундай бўлса ҳам, уларни тайёрлашга қўйиладиган аниқликнинг юқори даражадалиги ва мураккаблиги бундай насосларнинг кенг қўлланилишини чегаралайди.

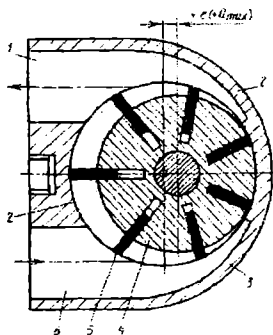
9.4. Пластинкали насослар.

Пластинкали насосларнинг сиқиб чиқаргичини шаклига ва сиқиб чиқарилаётган суюқлик ҳажмини тутатиш усулига мувофиқ, улар айланма (роторли) - илгариланма ҳаракат этувчи шиберли машиналарга мансубдир. Сиқиб чиқаргичлари пластинка (шиберлар) шаклида ясалган, улар насос роторидаги радиал кесикларга жойлаштирилган бўлиб, сиқиб чиқариладиган ҳажмлари эса пластинкалар ва ротор ҳамда статор юзалари билан чегараланган бўлади.

Бундан кўринадики, насос ротори айланма ҳаракат қилганида, унда жойлашган пластинкалар эса бир вақтни ўзида ҳам айланма, ҳам қайтма-илгариланма ҳаракатда бўлади. Пластинкали насослар бир карра, икки карра ва кўп карра таъсир этиб ишлайдиган бўлади.

Бир карра таъсир етказувчи пластинкали насослар ростланадиган ва ростланмайдиган: икки ва кўп карра таъсир этувчилари ростланмайдиган бўлади.

Пластинкали насоснинг бир карра таъсир этувчи конструкциядагиси 9.4-расмда кўрсатилган. Насоснинг танаси (статор) (3) цилиндр шаклида йўналган бўлиб унга радиал кесиклари булган гула шаклидаги ротор (4) жойлашган. Ана шу кесикларга тўртбурчак шаклидаги пластинкалар, сиқиб чиқаргичлар (5) жойлаштирилган. улар роторни айланма ҳаракати вақтида марказдан қочма кучлар таъсиридан ўзларининг ташқи қирралари билан статорнинг ички девори юзасига тарқалади ва унга сирпаниб ҳаракатланади.



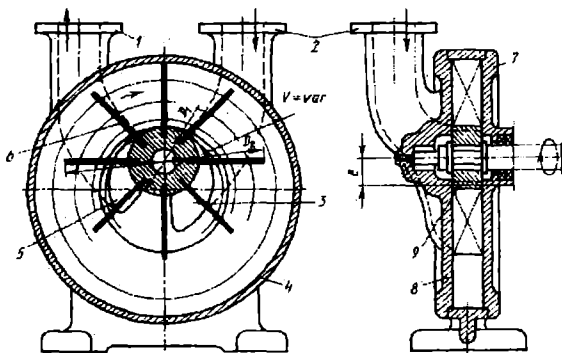
9.4-расм. Бир карра таъсир этиб ишлайдиган пластинкали насос.

Роторнинг соат стрелкаси йуналишида айланма харакати натижасида, насоснинг пастки бушлигида ҳаво сийраклашади ва суюқлик сўриш трубаси (6) орқали қўшни пластинкалар ҳамда статор ва ротор юзлари билан чегараланган ишчи камерада оқиб киради. Ишчи камера бушлиги томон торайиб боради, натижада суюқликнинг босими ортади ва у махсус канал орқали ҳайдаш трубаси (1) га узатилади. Сўриш бушлигини ҳайдаш бушлигидан ажратиш учун статорда зичлантирувчи тусик (2) жойлашган бўлиб, учун улчами пластинкалар оралигидаги масофадан каттароқ бўлиши шарт.

Роторли – пластинкали гидромашиналарнинг узатиш узатиш қиймати унча катта (5 дан то 200 д/мин гача) бўлмаганида, улар етарли даражадаги юқори (то 7 МПа) босимларда ишлайди. Улчами жиҳатидан ихтамаиғи, жойлаштиришни унғайлиғи ва ф.и.к. юқорилиғи сабабли улар дастгоҳ (станок) ларнинг турли-туман машина – қуролларнинг гидроюритмасида кенг қўламда қўлланилади.

9.5. Сув ҳалқали вакуум насослари.

Сув ҳалқали вакуум насослари ишлаш принципига мувофиқ роторли – пластинкали насосларга ухшаш бўлиб, конструкцияси жиҳатидан улардан мутлақо фарқ қилади. Улар вакуум ҳосил қилиш учун ва ҳаво ҳамда бошқа газларни сўриб чиқаришга мўлжалланган.

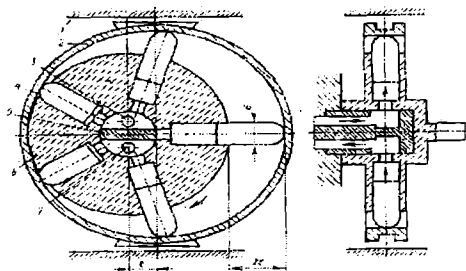


9.5-расм Сув ҳалқали вакуум насос

Насос (9.5.-расм) цилиндрик тана (4) дағ, унинг ён қопқоқлари (7) ва (8) ҳамда сўриш (2) ва ҳайдаш (1) трубаларидан ташкил топган. Тананинг ишчи бушлигида қанотсимон узунчоқ курақлар (6) дан ташкил топганишчи гилдирағи (9) жойлашган. Ишчи гилдиракни айланиши уқи насоснинг геометрик уқиға нисбатан бирор қийматига силжиган бўлади.

Насоснинг бушлиги сув билан тулғазилади: паррақларнинг айланиши натижасида пайдо булган марказдан қочма кучлар таъсиридан насос танасининг энг чека қисмларига отилиб кетишидан сув халқаси ҳосил бўлади. Шунда ишчи гилдирак гупчаги (ступица) ни сув халқаси ва ёнма-ён қўндирилган кураклар сиртлари билан чегараланган насоснинг марказий қисмида ўзгарувчан ҳажмдаги ҳаво бушлиги пайдо бўлади.

Ишчи гилдиракнинг соат миля йўналишида айланишдан хаво бушлигини ҳажми калта трубаи суриш канали қисмида ортиб боради ва унинг ластки қисмида энг катта қийматга эришади (энг катта эксцентриситет қийматида). Айнан шу фазадаги айланиш вақтида калта труба (2) ва уроқсимон тешик (3) орқали ҳавонинг сурилиши бошланади. Ишчи гилдирак айланишининг яна давом этиши натижасида ҳаво бушлигини ҳажми камаяди ва насоснинг ҳайдаш тешики (5) ҳамда калта трубаси (1) орқали ҳаво босим билан ташқарисига чиқарилади.



9.6.–расм. Радиал ротор – поршенли насос схемаси.

Агар насоснинг бушлигида етарли миқдорда сув булган тақдирдагина, сув халқали насосни ишга тушириш мумкин бўлади. Оз миқдордаги сув, насос ишлаганидан ҳаво оқими билан биргаликда тезда чиқарилиб кетади, шунинг учун сувнинг камайган қисмини доим тулдириб туриш керак. Сув халқали вакуум насослари, марказдан қочма ва ўқли насослардан ҳавони чиқаришда, шунингдек, бошқа ҳолатларда, вакуум ҳосил қилиш зарур булган тақдирда қўлланилади. Мамлакатимиз саноати сув халқали вакуум насосларидан КВН-4 ва КВН-8 турларини ишлаб чиқаради. Бу насослар 440 м.м. сим.уст (58,5 кПа) вакуум ҳосил қилишга муволафланган. Насослар турини белгиловчи харфлардан кейинги рақамлар, уларнинг тезюрарлик коэффицентини белгиловчи сонлар бўлиб, 10 марта кичрайтирилган ҳолда келтирилади.

9.6. Ротор – поршенли насослар.

Ротор-поршенли насослар узларининг конструкциялари жиҳатидан бир-биридан фарқланадиган икки гуруҳга бўлинади: поршенларининг жойлашуви бўйича радиал ва аксиал бўлади. Бу насосларда суюқликни

сиқиб чиқаргичлар вазифасини цилиндрларда илгариланма-қайтма ҳаракатланувчи кичик ўлчамдаги поршенлар бажаради. Бир қатордаги (бир текисликдаги) цилиндрлар сони 5 тадан то 72 гача, қаторлар сони кетма-кет ишлайдиган кўп сонли цилиндрлар суюқликнинг бир меъёрада узатилишини таъминлайди.

Поршенни ҳаракатга келтириш учун кривошип – шатупли, кулачокли ва бошқа турдаги ҳар хил механизмлар қўлланилади.

Радиал ротор-поршенли насоснинг принципиал схемаси 9.6.-расмда келтирилган. Унинг асосий қисмлари статор (1), цилиндрлар блокиротор (6), поршенлар (4), статор ҳалқаси (2) дан иборат. Тақсимлагич қурилмаси вазифасини тўсиқча эга булган ичи буш (ковак) ўқ бажаради. Роторнинг соат миля йўналиши бўйича ҳаракатидан ишчи камералар (цилиндрлар) навбатма-навбат тешик (3) билан уланиб туради ва у орқали суюқликни суради ҳамда бошқа тешик (7) орқали сурилган суюқлик дамлаб ҳайдалади. Поршенлар бўшлиги билан туташса, унга яқинлашганида эса-ҳайдаш бўшлиги билан туташади.

Статор ҳалқасини чап силжитиш йўли билан эксцентриситет қийматини, ўз навбатида, поршенлар йўли узунлигини, насоснинг ишчи ҳажминини ва унинг узатишини ўзгартириш мумкин.

Ротор-поршенли насоснинг цилиндрлари ҳам, поршенлари ҳам роторнинг айланиш ўқиға параллел ёки унга нисбатан 45° дан кичикроқ бурчакларда жойлашганида, уларни аксиал насослар деб юритилади. Бу гуруҳдаги ротор-поршенли насосларнинг яна иккита тури мавжуд: насос валининг айланиш ўқи роторнинг ўқи билан ўзаро кесишадиган қия блоккли (бир бутун ҳолда ишланган деталлар бирикмасини блок дейилади) ва етакловчи вал ўқи билан ротор ўқи устма-уст тушадиган бўлади.

Юқорида қараб чиқилган мазкур ротор-поршенли насос қайтарувчанлик хоссасига эга: шунинг учун ҳам уларни насос ҳамда гидрометр сифатида ишлатилади.

Радиал ротор – поршенли гидромашиналар бошқа турдаги роторли машиналардан ўзларининг катта ўлчамлари ва массалари билан ажралиб туради. Шунинг учун ҳам бундай турдаги гидромашиналар катта қувватли машиналарнинг гидроёритмаларида, масалан: одимловчи экскаваторнинг юритиш гидросистемасида ишлатилади.

Аксиал ротор – поршенли насослар ва гидромоторлар радиал гидромашиналарга нисбатан кичик ўлчамли ва ф.и.к. юқори бўлади; улар юқори частотадаги айланишларга (то 20.000 мин^{-1}) ва то 30 МПа босимгача чидаш бера олади. Бундай турдаги насослар ўтган асрнинг охириларида кўпгина мамлакатларнинг флотларида кема ва унинг қуроқларини бошқаришда энг муҳим операцияларни бажаришда кенг қўламда қўлланилган.

КУРАКЛИ НАСОСЛАР

10.1. Куракли насосларнинг таснифи.

Куракли насослар динамик машиналар синфга мансуб. Суюқлик оқимининг йўналишига қараб улар марказдан қочма ва ўқли насосларга бўлинади.

Марказдан қочма насослар ўзларининг конструкцияси жihatдан ҳосил қилинган дамига, узатишга, ҳайдаладиган суюқлик турига қараб қуйидаги белгилар бўйича таснифланади:

1. Босқичлар сонига ёки гилдираклар жойлашувини кетма-кетлигига қараб: бир босқичли, икки босқичли ва кўп босқичли (юқори босимли) бўлади.
2. Оқимлар сонига (гилдираклари параллел жойлашганда) қараб: бир томонлама ва икки томонлама киритиш каналига эга бўлади.
3. Ишчи гилдиракларга суюқликнинг келтирилиш шартига қараб бир оқимли, икки иқлимли ва кўп оқимли бўлади.
4. Ишчи гилдираклардан суюқликнинг келтирилиш шартига қараб: бурама (спиралсимон) шоҳабчали ҳалқали ва йўналтирувчи аппаратли бўлади.
5. Ишчи гилдиракнинг конструкциясига қараб: ёпиқ, ишчи гилдиракли (бир диски) ва очиқ гилдиракли (дисксиз) бўлади.
6. Вални жойлашувига қараб: горизантал ва вертикал бўлади.
7. Двигатель билан уланишга қараб: шкивли ёки редукторли юритмали, двигатель билан муфта орқали уланидиган, электр двигатели билан умумий бир валга эга (насослар-моноблоклар) бўлади.
8. Ҳосил қилинадиган босимга қараб: паст босимли (то 0,2 МПа) урта босимли (2% дан то 0,6 МПа) гача, юқори босимли (6 МПа дан ортиқ).
9. Ишчи гилдиракларнинг илдамлик даражасига қараб: секин юрадиган муътадил (нормал) юрадиган бўлади.
10. Ҳайдаладиган суюқлик турига қараб: сув қувурли, канализацияли, кислотали ва ишқорли, нефть, тупроқ-қум сўрувчи (замласос) ва бошқалар бўлади.

Марказдан қочма насосларнинг сув қувурлари тоза сувни ҳайдашга муъжалланганларининг ишчи гилдиракли ёпиқ, аммо сувда аралашиб оқувчи заррачалар бўлганда қўлланиладиганларининг ишчи гилдираклари очиқ турда бўлади. Шахталардан ёки трубасимон қудуқлардан юзага чиқаришда марказдан қочма насосларнинг чуқтириладиганларини махсус турлари ёки насос-моноблок ишлатилади.

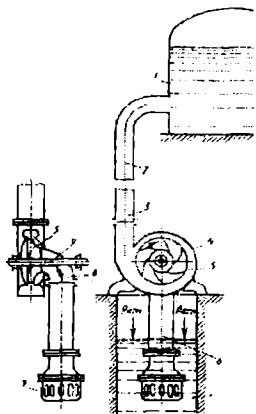
Ўқ оқимли насосда суюқлик ишчи гилдирак орқали ўтиб, унинг ўқи бўйлаб ҳаракатланади. Ўқ оқимли насослар кураклари буралмайдиган (қаттиқ урнатилган) ва бурала оладиган бўлади. Кураклари буралмайдиган насос куракларининг жойлашиш ҳолати ишчи гилдирак гупчаги (ступица)

га нисбатан узгармас бўлади, аксинча, курақлари бурала оладиганларида эса – уларни ростлаш мумкин.

10.2. Марказдан қочма насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.

Конструкцияси жиҳатидан энг содда бир гилдиракли, киритиши бир ёқлама булган марказдан қочма насосни қараб чиқамиз. (10.1.-расм) эгри курақли ишчи гилдирак (5) вал (9) га урнатилган бўлиб, у билан биргаликда чиганоқсимон шаклда ясалган насос танаси (4) ни ичида айланади. Гилдирак валини электр двигатели айланма ҳаракатга келтиради. Насос танаси (корпуси) ишчи камерадан сўрувчи (8) ҳамда ҳайдовси (3) калта трубалардан ташкил топган. Сўрувчи қисқа труба насос танасининг марказига йўналган, ҳайдовчиси эса чиганоқнинг давомидай унинг чеккасида жойлашган. Узатувчи қувур вазифасини бажарувчи (6) нинг охирига бегона нарсаларнинг ва ифлос аралашмаларнинг ўтишидан сақловчи фильтр (7) ҳамда суюқликнинг қайтиб оқиб чиқишини огоҳ этувчи тескари клапан ўрнатилган, шу қурувни иккинчи учига насоснинг сўрувчи қисқа трубаси уланган. Ҳайдовчи қисқа трубаси уланган. Ҳайдовчи қисқа труба босими қувур (2) га уланган бўлиб, у насосдан чиқарилаётган суюқликни керакли жойга узатиб боради, масалан, резервуар (1) га.

Марказдан қочма насослар ўз-ўзидан сўриш ҳоссасига эга булмаганлигидан, уларни ишга тушуришдан аввал насос ва уларнинг ҳамма келтирувчи қувурлари суюқликка тўлдирилади. Ана шу насосдан тескари клапан ёпиқ бўлиши шарт. Марказдан қочма насосларнинг катталарида, уларни ишга тушуришдан аввал, келтирувчи трубопроводларга суюқлик тўлдириш мақсадида, улардан ҳаво маҳсус вакуум насослари ёрдамида сўриб чиқарилади. Ана шунда



10.1.-расм. Бир ёқлама киритадиган бир босқичли марказдан қочма насос схемаси

суюқлик ҳосил қилинган бўшлиққа, яъни насос ва унинг қувур ҳажмига ўз-ўзидан оқиб киради. Насос суюқлик билан тўлдирилгандан сўнг, двигатель қўшилади ва ишчи гилдирак катта частотада айланади. Шунда курақлар оралигидаги бўшлиқни тўлдириб турган суюқлик курақлар бўйлаб насоснинг марказидан унинг энг чеккадаги ҳайдаш трубаси насоснинг марказий қисмида вакуум ҳосил бўлади. Суюқликнинг эркин сиртига таъсир этаётган атмосферани босим кучи ҳисобига тескари клапан очилади ва у орқали сўриш қурурига суюқлик оқиб киради.

Шундай қилиб, насоснинг ҳамма ишчи бўшлиқларида суюқликнинг узлуксиз ҳаракати бошланади. Агарда узгармас частотада ишчи гилдирак айланганида суюқликнинг бундай ҳаракатини барқарор деб аташ мумкин бўлади.

Бундай турдаги бир гилдиракли насосларнинг киритиш канали бир ёқлама булганлари асосан

узатиш ва истеъмол қуввати унча катта бўлмаган ҳолатларда ишлатилади. Чунки узатиш қиймати кўпайиши билан ишчи гилдиракни суриш йўналиши бўйича силжитувчи аксиал таъсир ҳам ортади. Бу подшипникларни ишлашига салбий таъсир кўрсатади, натижада насосни ишлаш мuddати қисқаради. Шунинг учун ҳам катта қувватли насосларнинг киритиши икки ёқлама этиб тайёрланади, бу эса ўз навбатида, роторнинг аксиал йўналишдаги силжишга барҳам беради.

Бу гилдиракли насослар паст босимларга мансубдир. Улар 1,0 МПа дан ортиқ босим ҳосил қила олмайди. Насосдан чиқаётган суюқлик босимини кўпайтириш мақсадида битта валга иккита, учта валдан ортиқ гилдираклар ўрнатилади. Суюқлик ҳар бир гилдиракдан кетма-кет утганида бир хил қийматларга ўз босимини орттиради. Бундай насосларнинг кўп босқичли деб юритилади. (10.2.-расм).

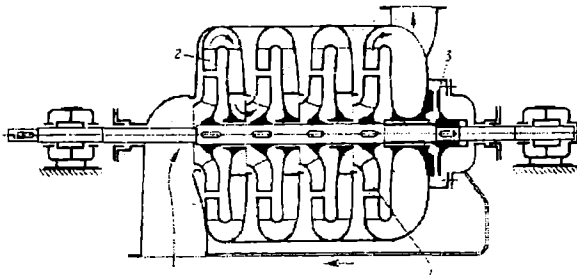
Бу насоснинг асосий қисмлари ишчи гилдирак (1), йўналтирувчи ашпарат (2), гидравлик турум (таянч) (3) дан иборат. Бундай турдаги марказдан қочма насосларнинг валидаги ишчи гилдиракларини сони 12 дан ошмайди.

Поршенли насосларнинг ҳосил қилган босими, улар конструкциясини мустаҳкамлиги ва двигатель қуввати билан чегараланган бўлса, марказдан қочма насосларда эса бир валга ўрнатишган гилдираклар сони ва насос валини айланишлар частотаси билан чегарланади. Аммо ишчи гилдиракларнинг сонини 10-12 тадан ортганида узун вал керак бўлади, қайсики айланиш вақтида йўл қўйиб булмайдиган эгилиш ва тебранишларни пайдо бўлишга сабабчи бўлади. Валининг айланишлар частотасини орттириб булмаслиги ишчи гилдиракда вужудга келадиган, катта қийматдаги, марказдан қочма кучлар таъсиридан гилдиракда дарс кетишини чегаравий мустаҳкамлик шарти билан белгиланади.

Шунинг учун марказдан қочма насослар паст босимли, катта миқдорда узатишлар талаб этадиган жойларда ишлатилади.

Насоснинг ишлаш шароитига ҳамда суюқлик турига қараб, унинг ишчи гилдираклари чўяндан, углеводли ва легирланган пулатлардан рангли металллар қотишмаларидан ва сопол (керамика) материалларидан ясаллади. Масалан, тоза ноагрессив булган суюқликларни ҳайдовчи, унга катта қувватли бўлмаган, насосни гилдираги билан кучли босимли марказдан қочма насослар ишлатилади, уларнинг ишчи гилдираклари хром ва никель билан легирланган пулатдан тайёрланади. Суюқлик ва қаттиқ зарралар аралашмасини узатишда ишлатиладиган марказдан қочма насосларнинг гилдираклари ишқаланиб ёйилишига бардошли оқ чўяндан қўйиб тайёрланади. Кимёвий санокта ишлатиладиган насосларнинг гилдираклари маҳсус қотишмалардан, сополдан, пластмассадан тайёрланади.

Насоснинг қуйи сиртларини (хусусан, гилдиракларини) нотекислигига (гадир-будурлигига) энг кам бўлгандагина, ички (маҳаллий қаршиликлар) исроф ҳам энг кичик бўлади.



10.2.-расм. Киритиш бир ёқлама булган кўп босқичлы марказдан қочма насос схемаси

Марказдан қочма насосларнинг танаси икки хил асосий конструкциядаги шаклда: қисми ва горизонтал бўлинмали этиб тайёрланади.

Қисми конструкциядаги насос танаси бир неча бир хил асосий қисмлардан ва сўрувчи ҳамда ҳайдовчи трубачалари урнашган иккита туташтирувчилардан ташкил топган. Ҳар бир асосий қисм диафрагма, тўғри ва тескари йўналтирувчи аппаратларини уз ичига олган цилиндрсимон қалин девор (қобик) дан иборат. Девори қисмлардан ташкил топган конструкциясини афзаллиги шундаки, бир хил қисмлар асосида турли хил босимларни ҳосил қилиш мумкинлиги булса, унинг камчилиги-йиғишни мураккаблиги ва ишчи гидраакларни эркин қараб чиқиш имкониятини анчагина пастлигидир.

Горизонтал ажраладиган (булинмали) конструкциядаги насос танаси иккита қуйма қисмлардан ташкил топган: унинг остки қисмида сўрувчи ва ҳайдовчи калта трубалар жойлашганлиги учун асосни ечиш ва таъмирлаш анча унғай.

Марказдан қочма насослар халқ хўжалигининг турли соҳаларида кенг қўлланилади. Тоза сув билан ишлайдиган насослар эса хўжалик, техникавий ва ўт учуриш соҳаларини сув билан таъминлашда уз тадбиқини топган. Хусусан, қишлоқ хўжалигида ерларнинг мелiorатив ҳолатини яхшилашда ва сугоришда бундай асослар кенг қўламда ишлатилади. Тоза сувда ишлайдиган кўп босқичли насосларнинг қисми (секцияли) конструкциядагиларини узатиши 6 дан то $1000 \text{ м}^3/\text{соат}$ ва дами 40 дан то 2000 м гача булганлари кўплаб ишлаб чиқарилмоқда.

Иссиқлик ва атом электр станцияларида температураси то 393 К (120°C) булган конденсатни ёпиқ контур буйлаб узатишда конденсат насослари қўлланилса, бу қозонларига тоза сувни етказиб боришда таъминлаш насослари ишлатилади. Кўпчилик ҳолатлардан уларда юқори температурали сувни узатишга мослаштирилган кўп босқичли марказдан қочмо насослари ишлатилади.

Кислотали ва ишқорли муҳитда ишлайдиган насослар махсус зангламайдиган пўлатдан ва нометалл материаллардан (махсус резина, пластикатлар, хусусан, фторпласт, сопол, шиша) ясалади. Бундай

насосларни узатиши 5 дан то 300 м³/соат, дамлари эса 7 дан то 500 м гача бўлади.

Марказдан қочма насоснинг узатиши,
қуввати ва ф.и.к.

Узатиш миқдорини назарий йўл билан аниқлаш учун маълум формулада

$$Q = VS \quad (10.13.)$$

фойдаланамиз.

Суюқлик оқимининг тирик кесимини (10.4.-расм) қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$S = \Pi D_2 e_2 \quad (10.14.)$$

бунда D_2 – насос ишчи гилдирагининг ташқи айланмасини диаметри; чиқаришдаги ишчи гилдирак каналининг кенглиги.

Оқимнинг тирик кесимига нормал йўналган оқимни V тезлиги радиус йўналишидаги абсолют V_2 тезлик проекциясига яъни меридиан тезлик деб аталадиган V_{2r} га тенг:

$$V_{2r} = V_2 \sin \alpha_2 \quad (10.15.)$$

Топилган V ва S қийматларини (10.13) формулага қўйиб, насоснинг узатиш миқдорини назарий ҳисобланадиган формула ифодаси ҳосил қилинади:

$$Q_H = \Pi D_2 e_2 V_{2r} \quad (10.16)$$

Топилган (10.16) формуласи тақрибий ҳисоблашга мос келади, чунки унда кураклар эгаллаган ҳам ва насос деталлари орасида ҳосил бўлган тор тирқишлардан суюқликнинг сиқиб чиқиши эътиборга олинмаган. Фойдали узатиш миқдорини аниқлаш учун (10.16) формуласига иккита тузатма коэффициентларини, яъни Ψ – гилдирак кураклари билан насоснинг чиқариш каналидаги суюқлик оқимини сиқиб чиқариш (кураклар сони $Z = 6-12$; $\Psi = 0,90-0,95$) коэффициентини ва $\eta_0 = 0.85-0.95$ ҳажмий ФИК киритиш керак.

Насоснинг ҳақиқий узатишини қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$Q_i = \Pi D_2 e_2 V_2 \sin \alpha_2 \Psi \cdot \eta_0 \quad (10.17)$$

Марказдан қочма насоснинг фойдали қуввати ҳамда худди бошқа турдаги гидравлик насосларникидай аниқланади, яъни бу насоснинг ҳайдаш йўлидаги калта трубасидан ўтадиган суюқликка узатилган қувватдир:

$$N_\phi = g \rho Q \cdot H \delta \quad (10.18)$$

Сарфланган қувват $N_{\text{сарф}}$ – бу двигателнинг насос роторини ҳаракатлантиришга сарфланган қуввати. Бу қувват насоснинг умумий ФИК η_n ни ҳисоблашда эътиборга олинади:

$$N_{\text{сарф}} = N_{\text{тул}} / \eta_n \quad (10.19)$$

Насоснинг тула ФИК, шу насоснинг ишлаш вақтида пайдо бўладиган ҳамма турдаги исрофларини ҳисобга олади. Бу исрофлар уч қил: ҳажмий η_0 , гидравлик η_r ва механикавий $\eta_{\text{мех}}$ ФИК ташкил топади. Насоснинг тула ФИК шу коэффициентлари кўпайтмасига тенг бўлади:

$$\eta_n = \eta_0 \cdot \eta_r \cdot \eta_{\text{мех}} \quad (10.20)$$

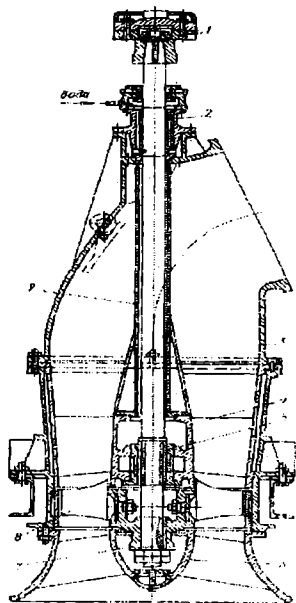
10.6. Уқли насослар.

Уқли насосларнинг суюқликни узатиш миқдори катта ва дами кичик бўлганлигидан, улар ўта илдамлар гуруҳига мансубдир. Улар конструкциялари (тузилиши) нинг соддалиги ва ихчамлиги, ҳамда ифос суюқликларни ҳам ҳайдаш имкониятига эгалиги билан ажралиб туради.

Кураклари қўзғалмас этиб ўрнатилган уқли насоснинг схематик тасвири 10.5.-расмда келтирилган. Суюқлик насоснинг сўриш трубасидан ўтказиш қисмига ўтади. Ишчи гилдирак гулчак (7) га ўрнатилган кураklar (8) дан ташкил бўлиб, у насоснинг суюқлик ўтказиш қисмида жойлашган. Насоснинг гулчагининг қошқоғи сўйри бўлиб, у суюқликни кураklarга равион узатилишини таъминлайди. Кураklar сони 3 тадан то 6 тагача бўлади. Ишчи гилдирак ортида қўзғалмас куракли йўналтирувчи аппарати (4) жойлашади. Насос вали (9) иккита подшипниклар (2) ва (5) таяниб электродвигатель валидан муфта (1) орқали қувват олиб айланади.

Саноатда ишлаб чиқарилаётган уқли насосларни чўчук ва денгиз сувини ҳайдашда қўллаш мумкин. Бу насослар сугориш системаларида ҳамда сувни юкорига мажбурий кўтариб берувчи каналлар станцияларида муваффақият билан қўлланилаётипти.

Вертикал уқ оқимли насосларнинг ОВ ва ОПВ (о- кураклари қўзғалмас, ОП-кураклари буралувчи) турлари катта қувватли иссиқлик эсларида ишлатилади. Улар асосан тўғри оқимли ва айланма оқимли сув таъминотида



10.5-расм. Қўзғалмас оқимли насос схемаси. куракли уқ

ховуз- совиттич системасида асосий бўлиб, насос станцияларида урнатилади.

Бундай турдаги насослар 750 дан то 16500 м³ /соат миқдоридаги суюқликни 1,3 м дан то 28 м/дам билан ҳайдайди.

10.7. Уюрмали насослар

Уюрмали насослар ҳам куракли насосларга мансубдир. Марказдан қочма насослардай, улар ҳам марказдан қочма кучлардан фойдаланиш асосида ишлайди. Шундай бўлсада, улар ўзларининг тузилиши жиҳатидан ва бошқа айрим белгилари билан марказдан қочма насосларга нисбатан анчагина фарқланади.

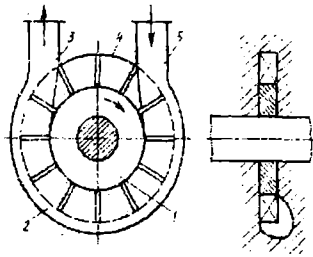
Уюрмали насос (10.6-расм) нинг ишчи органи-кураклари радиал ёки қия жойлашган ишчи гилдирак (1) бўлиб, у цилиндрсимон ишчи камера деворлари билан жуда кам бўш орқали ҳосил қилган ҳолатида шу цилиндрда жойлашган. Насос ишчи камерасининг ён ва узоқроқдаги деворида концентрик канал (2) уйилган бўлиб, у сўриш (5) ва ҳайдаш (3) калта трубалари билан улашиб кетади. Сўри (5) ва ҳайдаш (3) трубалари оралигидаги бўшлиқ тўсиқ (4) билан ажратилган.

Уюрмали насоснинг ишлаш жараёни куйидагича кечади:

Сўрилган суюқлик кураклар ёрдамида камеранинг энг чеккасидан марказга томон айланма ҳаракатланиб силжийди, яъни марказдан қочма насосниқига қарама-қарши йуналишда суюқлик ҳаракатланади. Суюқлик куракларга тушгандан сўнг, улар билан биргалиқда айланиб, марказдан қочма куч таъсиридан етарли даражадаги кинетик энергияга эга бўлади ва шу куч таъсирида насос тепаси билан ишчи гилдирак орасидаги концентрик каналга ҳайдалади, ҳамда шу ерда суюқликнинг кинетик энергияси босим энергиясига айланади.

Юқори босим остидаги суюқлик аввал ишчи гилдирак кураклари оралигидан бўшлиққа, сўнгра яна марказдан қочма куч таъсирида ҳайдаш каналига сўрилади ва ш.к. Демак, суюқлик зарралари уюрмавий спиралсимон траектория чизиб ҳаракатланади. Ишчи гилдиракнинг бир марта тулик айланишида бир хил миқдордаги суюқликка марказдан қочма кучнинг такрорий таъсир этиши ҳисобига, шу массани насоснинг марказидан энг чеккасига узатилиши натижасида ҳайдалаётган суюқликнинг энергияси ортиб боради. Энергиянинг бундай ўзгаришини кўп босқичли марказдан қочма насосдаги суюқлик дамнининг ортиши билан таққослаш мумкин. Шунинг учун ҳам насосларнинг улчамлари ва ишчи гилдираклар чеккаларининг айланма тезликлари бир хил бўлганида, уюрмали насос марказдан қочма насосдан 4-9 марта катта дам ҳосил қила олади.

Уюрмали насослар ишлашининг энг характерли томони шуки, суюқликнинг ўз-ўзидан сўрилиш афзаллиги билан марказдан қочма насослардан фарқланади. Уюрмали насосни ишга тушириш учун унинг ишчи бўшлигини тулдирадиган, яъни ўчириб, қайта ишга тушириш оралигида насосда қолган, суюқлик миқдори бўлишини ўзи етарли бўлади.



10.6.-расм. Уюрмали насос
схемаси.

Уюрмали насосларнинг паст ФИК эгалиги, яъни 45% етмаслиги, уларнинг асосий камчилиги ҳисобланади. Буни насоснинг ишчи бўшлиғида ҳосил бўладиган уюрмавий жараёнда гилдиракнинг гидравлик қаршилигини ва канал деворининг ишқаланишини енгилшга сарф бўладиган дамни пасайиши билан тушунтирилади. Бундай йўқотишлар (исроф) гидравлик ФИК η_r да ҳисобга олинади.

Насос ФИК суюқликни ишчи гилдирак насос билан девори уртасидаги ораликдан оқиб чиқиши ҳамда гилдирак ва тўсиқ орасидаги тирқишдан сирқиб ўтиши натижасида камаяди: бундай йўқотишлар насоснинг ҳажмий ФИК η_0 ҳисобга олинади.

Уюрмали насосларнинг ФИК кичиклиги сабабли, уларни катта қувват талаб этадиган жойларда қўлланилиши чегаралайди. Уларни узатиш қобилияти то 12 л/с, дами то 250 м, қуввати 25 кВт илдамлик коэффиценти $\eta_s = 10-25$. Демак, уюрмали насосларнинг қўлланилиши соҳаси, узатиш миқдори ва босими жиҳатдан, ҳажмий (поршенли ва роторли) насосларга яқин экан. Хусусан, уларни суюқлик ва газ аралашмасини ҳайдашда қўллаш истиқболдир. Хусусан, улар енгил учрашувчан суюқликларни (бензин, спирт ва бошқа) ишқор ва кислота бутларига тўйинган суюқликларни ҳамда суюлтирилган газларни узатишда кўп қўлланилади.

II-боб.

ГИДРАВЛИК ДВИГАТЕЛЛАР.

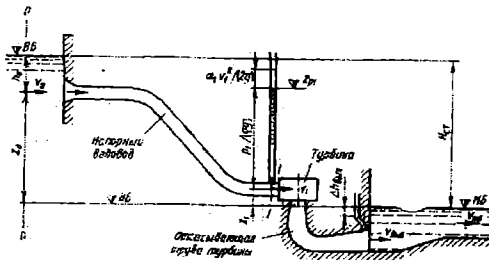
11.1. Асосий тушунчалар. Гидравлик турбиналар таснифи.

Гидравлик турбиналар ва сув гилдираклари кўп сонли гидравлик машиналар синфига мансуб бўлиб, улар суюқликнинг таъсиридан ишлаганлиги учун гидравлик двигателлар дейилади. Ҳозирги вақтда гидравлик турбиналар сув гилдираklarини амалда мутлақо сиқиб чиқарганлиги сабабли, уларни урганмаймиз.

Гидравлик турбина ҳаракатланаётган суюқлик оқими энергиясини турбина валининг (айланма ҳаракатдаги) механик энергиясига айлантирувчи машинадир: турбинанинг кириш қисмидаги суюқлик оқимнинг энергияси ҳар доим, унинг қисминикидан катта бўлади. Демак, турбинанинг иш жараёни насосларникига тескари бўлар экан.

Турбиналар гидроэлектр станция (ГЭС) ларида электр генераторларининг роторини айланма ҳаракатта келтириш мақсадида ўрнатилади. ГЭС ларда турбинанинг ўрнатилишини принципал схемаси 11.1.-расмда келтирилган. Сув тўғонининг энг юқори сатҳи (юқори бьеф ЮБ) дан тўғон танаси ичида жойлашган сув қабул қилгич ва босимли сув

йўли орқали гидротурбинага йўналтирилади, сунгра турбинадан утиб сурувчи трубадан сувнинг қуйи сатҳи (қуйи б'еф ҚБ) га қуйилади.



ГЭСда турбиналарнинг жойлашшнинг принципиал схемаси

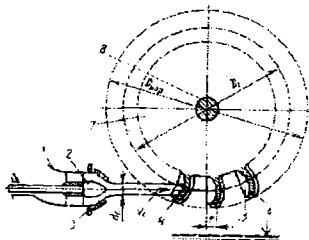
11.2. Асосий турлардаги турбиналарнинг тузилиши ва ишлаш принципи.

Турбина турини характерловчи асосий белги суюқлик оқиб ўтувчи қисмининг конструкцияси ҳисобланади ва у учта асосий конструкциялар элементларидан ташкил топади: сувни ишчи гилдирак: ишчи гилдиракдан сувни чиқарувчи қурилма: ишчи орган ёки ишчи гилдирак.

Турбина конструкцияси қуйдаги талабларни қониқтириши шарт: суюқлик оқими турбинанинг қўзғалувчи ва қўзғалмас қисмлари, қаттиқ ва суюқ сиртларига урилиши мутлақо мумкин эмас. Қаттиқ сиртларга ишқаланишдаги исроф энг кам бўлиши керак: ишлатилиб бўлган ҳолатида чиқиши керак.

Турбина конструкциясининг энг муҳим қисмларидан бири ишчи гилдирак ҳисобланади. Ишчи гилдиракнинг конструкциясига ва суюқлик оқими билан таъсирлашиш принципига қараб турбиналарни тўртта турга ажратади: ковшли, ўқли, диагоналли ва радиал-ўқли.

Асосий турдаги трубаларнинг тузилишини ва ишлаш принципини қараб чиқамиз.



11.2.-расм. Ковшля Турбина схемаси

унинг гардишига ишчи кураклар ўрнатилган.

Кураклар шакли чўмичсимон ковишга ухлаш (ковиш номи мана шундан олинган). Кураклар ўртасида оқимни тенг иккига ажратувчи

Ковшля Турбина (11.2.-расм). Турбина, сув сатҳидан юқорида жойлашган вал (8) га ўрнатилган ишчи гилдирак (7) дан ташкил топади. Ишчи гилдирак сувдан ташқарида айланади. Фақат куракларнинг саноқли қисми йўналтирилган суюқлик оқими билан таъсирлашади.

Ишчи гилдирак кураклари (6) га сув сопол (3) орқали труборевот (1) ёрдамида узатилади. Ишчи гилдирак диск бўлиб,

пичоқ (5) жойлашган. Ҳар бир курак иккита ярим сфера шаклида ясалган. Ишчи гилдирак турбина танасининг ишчи бушлигига шундай урнатилганки, ундаги пичоқлар суюқлик оқимининг ҳар бир булаги узи томонидаги ярим сферадан оқиб ўтиш жараёнида куракка P куч билан таъсир этади.

Ковиш марказига оқимни яқинлаштириш ва курак ортидан оқим урилишини йўқотиш мақсадида, куракларда кенглиги камида оқим диаметри d_0 га тенг бўлган узунчоқ махсус кесик (тирқиш) (4) ясалади. Оқим диаметрининг ўлчамига мос равишда кураклар ўлчами танланади: кенглиги – (2,8,3,6) d_0 , узунлиги – (2,...5,2,8) d_0 , қалинлиги – (0,9-1,0) d_0 .

Ишчи гилдиракдаги кураклар сони шундай танланадики, биринчидан суюқлик ковиш ёнидан ўтиб кетмаслиги, яъни курак илгариланма олдинга силжиганида ва оқим найи таъсиридан чиққандан сўнг, суюқлик албатта, ордаги келгуси куракка сочилмасдан урилиши керак ва иккинчисидан эса суюқликнинг олдинги ковишдан оқиб тушишига кейинги ковиш халақит бермаслиги шарт. Ишчи гилдирак диаметрига боғлиқ ҳолда куракларнинг умумий сони 12 тадан то 40 тагача бўлади.

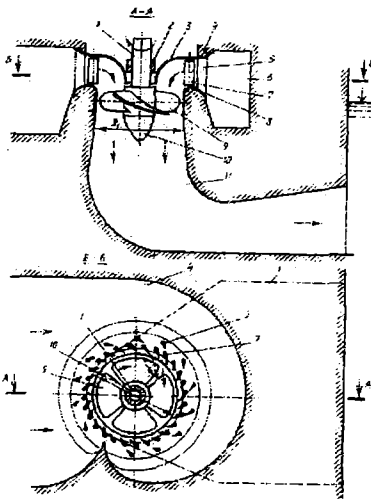
Суюқлик оқимидан куракларнинг ўтиш тезлиги жуда катта бўлиши қувват исрофини камайтириш учун ковишлар жуда ҳам юқори тийликка ва уларнинг сиртлари сифатли ишлов бериш билан аниқланиши керак. Бундан ташқари, турбина кураклари ўзгарувчан таъсир этувчи босим кучи остида ишлайди: бу таъсир фақат кураклар суюқлик наидан ўтаётганида энг катта бўлади, қолган вақтларда бўлмайди. Бу метални чарчатади, натижада ковишларнинг бириктирилган жойлари бушашиб ва қимирлаб қолишга олиб келади. Куракларнинг турбина дискига бириктирилиш конструкцияси ҳар доим такомиллаштирилмоқда. Охириги ун йиллар давомида қўйма бугун ва пайвандли қўйма конструкциядаги булакланмайдиган ишчи гилдираклар қўлланилмоқда.

Турбина ҳосил қилган қувват, сопол орқали узатиладиган сув миқдорини усули билан ростланади. Сополнинг чиқариш кесимини ўзгартириш ёки бугунлай бекитишга мўлжалланган игна 2 ёрдамида сув миқдори ростланади. Сопол орқали узатиладиган сув миқдорини ўзгартирмасдан ҳам вақтинча Турбина қувватини камайтириш мумкин. Бу мақсадни амалга оширишни дефлектор бажаради, у оқимни ё оғдиради, ё бир қисмини кесиб ташлайди.

Турбина танасидаги пожшипникларга ишчи гилдирак таяниб айланади. Сувнинг сачрашидан подшипниклар ҳимояланган бўлади (расмда турбина танаси ва қопламаси келтирилмаган). Ишчи гилдиракка сувни келтирувчи сопол сонини қўпайтириш йўли билан иккита, тўртта ёки олтита суюқлик найини ҳосил қилиш мумкин: мос равишда, бунда албатта, турбина қуввати ҳам ортади.

Валнинг жойлашувига қараб, ковишли турбиналар вертикал ва горизонтал ўқли бўлади. Горизонтал турбиналарнинг валида битта ёки иккита ишчи гилдираги бўлиши мумкин. Вертикал ўқли турбиналарнинг валида, худди қоидагидек, фақат битта ишчи гилдирак урнатилади.

Ковишли турбина билан жиҳозланган ГЭС лари бир нечани ташкил этади. Буларга Санкт-Петербург металл (АМЗ) заводида тайёрланган, қуввати 54,6 МВт булган, олти сополи вертикал уқли турбина Татеевск ГЭС урнатилганлиги мисол бўла олади. Бундай турбина суюқликнинг дами 576-538 м булган ҳолатда ишлашга муважжалланган бўлиб, унинг ишчи гилдираги зангламайдиган пўлатдан қуйма-пайванд усули билан тайёрланган ва ишчи гилдирак диаметри $d = 1,86\text{мм}$, кураклар сони 20 та, сопол вайини диаметри $d = 200\text{мм}$ ташкил этади.



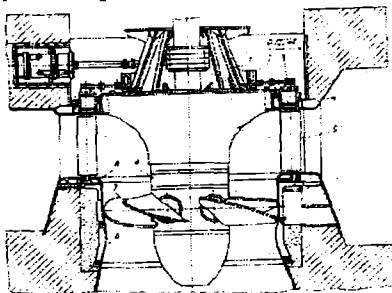
11.3-расм Уқ оқимли вертикал турбина

Уқ оқимли вертикал турбина (11.3-расм) турбинанинг айланадиган қисми (ротор) ишчи гилдирак бўлиб, у кураклар (9) вал (1) ва сўйрилиқ қопқоғидан ташкил топган. Статор (5) да турбина камерали (6) ва йўналтирувчи аппарат (7) жойлашган. Статор иккита бақувват металл халқадан (белбог) иборат бўлиб, юқори (4) ва пастки (8) таянчлар бутун конструкция мустаҳкамлигини таъминлайди. Ишчи гилдиракнинг 4 тадан то 8 тагача кураклари бўлади. Кураклар ишчи гилдирак валига маълум бурчак остида мутлақо маҳкамлашади ёки бурала оладиган этиб урнатилади: бундай ҳолатларда буралиш бурчакларини катталиги куракларга тушаётган таъсир кучининг катталигига мос равишда бўлиши мумкин. Кураклар бұра олмайдиған конструкцияда турбинани пропеллерли (парракли), иккинчисида-кураклари бурала оладиган деб юритилади. Чет элда, кураклари буралувчан турбинанинг шу конструкциясини яратган чех ихтирочиси номи билан "Кашлан" турбинаси деб юритилади. Кураклар буралувчан уқли турбина. пропеллерларига нисбатан, юқори энергетик кўрсаткичларга эга.

Трапециясимон турбина камераси (4) пулат ёки бетондан тайёрланади. Ҳалқасимон панжара ҳосил қилувчи суюқликни йуналтирувчи аппарат йуналтирувчи курақлардан ташкил топган.

Курақлар пастки ҳалқа (8) билан турбина қопқоғи (3) га уқлар ёрдамида урнатилади, бу эса уларнинг осонгина буралишга имкон беради. Ишчи гилдирак валнинг радиал силжишини чегаралаш мақсадида турбина қопқоғига йуналтирувчи подшипни (2) жойлаштирилади. Дам қийматига мос равишда курақлар сони танланади: катта турбиналарда, унча катта булмаган дамлар талаб этилганида, курақлар сони 32 та, юқори дамликларида - 24 та, айрим ҳолларда 20 та бўлади. Йуналтирувчи аппаратнинг вазифаси - сувнинг узатилиш миқдорини ростлаш ва унинг ишчи гилдирак курақларига тушиши олдидан оқимни бурама ҳаракатта келтирилишини таъминлашдан иборат йуналтирувчи курақларнинг ҳолатини узгартириш вазифасини махсус механизм бажаради.

Ўқ оқимли реактив турбинанинг конструкциясидаги энг муҳим элементларидан бири, бу унинг сўрувчи (11) ва раvon кенгаювчи сув утказгич қувири бўлиб унда суюқлик оқимининг кинетик энергияси аста-секинлик билан тушиб бориши таъминланади.



1.14расм

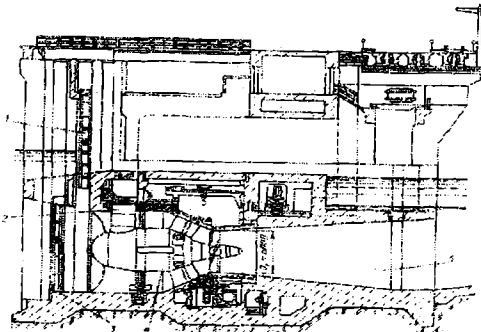
Курақлари буралувчи ўқли оқимли турбина. Бу турдаги турбиналар билан кўпчилик катта ГЭС жиҳозланган. Қуввати 126 МВт, курақлари буралувчи ўқ оқимли турбина Волга дарёсидаги ГЭС урнатилган (1.14-расм). Бу турбина куйидаги қисмлардан: 1-таянч конструкцияси, 2-юқори таянч ҳалқаси, 3-йуналтирувчи курақларни буровчи механизм, 4-турбина камераси, 5-йуналтирувчи аппарат ва унинг курақлари, 6-статор, 7-ишчи гилдирак курақлари, 8-пастки таянч ҳалқа, 9-ишчи гилдирак булган дам ва 700 м/с сув сарфи билан ишлашга мулжалланган. Ишчи гилдирак диаметри 9,3 м, ФИК 93,5 %.

11.4.- расм. Волга дарёсидаги ГЭС да урнатилган қуввати 126 Мвтлик, урақлари буралувчан ўқ оқимли турбина.

Курақлари буралувчан ўқ турбиналар нафақат вертикал жойлаштирилибгина қолмасдан, ўқи горизонтал урнатилганлари ҳам бўлади. Хусусан электр генератори пулатдан ясалган герматик гилофда (капсулада) жойлашган, гилофни сув ювиб ўтадиган чуқтириладиган ёки капсулали, курақлари буралувчан горизонтал ўқ оқимли турбиналари кенг тадбиқини тошган. Бундай турдаги турбиналар паст дамли ГЭС

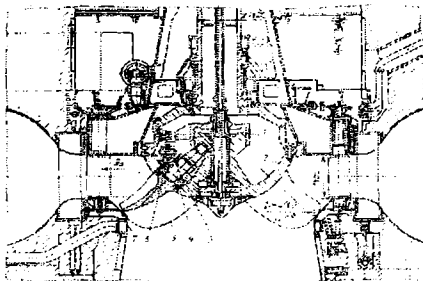
ҳамда тошқин энергиясидан (сув сатҳининг кўтарилиш паст дамли ГЭС ҳамда тошқин энергиясидан (сув сатҳининг кўтарилиш ва пасайиш энергияси) фойдаланишда қўлланилади.

Барнцев денгизи қирғоғида (Россия) қурилган Кислогуб тошқини ГЭС да горизонтал гидротурбогенератори урнатилган. Киев ГЭС нинг горизонтал капсулалӣ турбоагрегатти 11.5-расмда келтирилган. Турбина ва генератор пулат капсула 4 га жойлаштирилган. Агрегат таркибига сўрувчи труба 5, қўқум тутғич панжара 3 тошқин сувларини ташлаб юборишга мулжалланган эшик (затвор-сув туширмаси) 1 ва шахтасимон йулак 2 киради.



11.5-расм. Горизонтал капсулалӣ Киев ГЭС нинг турбоагрегати.

Оқимнинг генератор уқига параллел ҳаракатланиши ва сўрувчи қувурда бурулмаларнинг йўқлиги гидравлик исрофни камайтиради ҳамда ф.и.к. орттиради. Горизонтал уқли турбиналар вертикалларига нисбатан 20-25% қўпроқ қувват бера олади. Диагонал оқимли турбиналар. Диагонал турбиналарнинг яратилганига ҳали унча кўп вақт бўлгани йўқ.



11.6-расм. Кураклари буралувчан, қуввати 215 МВт Зейск ГЭС нинг гидротурбинаси.

Улар анчагина юқори босимларда ишлашга мулжалланган ва уқли турбиналарда асосан, турбина роторининг айланиш уқига нисбатан кураклар унча катта бўлмаган оғиш бурчаги (45-60С) остида урнатилганлиги билан фарқланади. Шунинг учун ҳам уқли турбиналарга

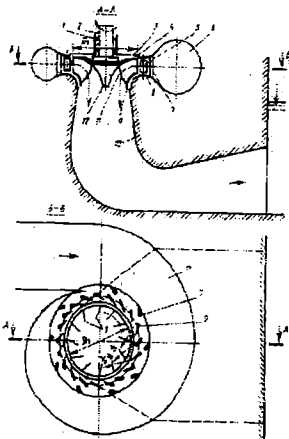
нисбатан диагональ турбиналарнинг ишчи гилдираги ва камераси конструкцияларига маълум ўзгаришлар киритилган, қолган қисмлари, яъни статор, йўналтирувчи аппарат ва йўналтирувчи курақларнинг юритма механизм ўзгаришсиз қолдирилган. Қуввати 215 МВт бўлган курақлари буралувчан энг катта диагональ турбина 11.6.-расмда келтирилган. Унинг ишчи гилдирагини диаметри 6 м.

Ишчи гилдирак 8 нинг курақлари 5, сферик шаклидаги ротор танасининг охири 2 га цапфа (ўқ ёки валнинг подшипникка тиралиб кирадиган қисми) орқали 45 С бурчак остида ўрнатилган. Ҳар бир цапфанинг ричаги 6 бор, у ишчи гилдирак курақларини бир вақтнинг ўзида бирданига бир хил бурчакка огдиришга мулкаланган ва соқолли шарнир ёрдамида тортқи 3 билан уланган. Бу механизм сервомотор 1 ёрдамида юритилади. Ишчи гилдирак камераси 7 сферик шаклда қурилган. Бу эса камера девори билан ишчи гилдирак курақлари орасидаги тирқишнинг жуда ортади.

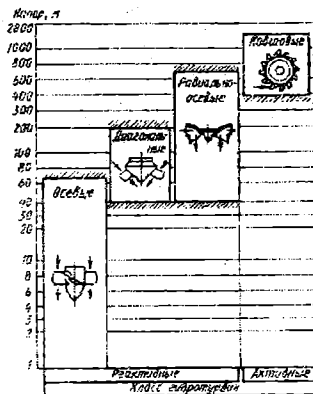
Радиал - ўқ оқимли турбина. (11.7.-расм) бу турдаги турбиналар френсис турбинаси бўлиб, унинг ишчи гилдираги атрофидаги суюқлик оқими аввал радиал, сўнгра ўқ йўналишида ҳаракатланади. У актив турбинага мансуб бўлиб, ўрта дамда (25 дан 700 м гача) ишлашга мулкаланган. Дам 25-60 м бўлганида бурилама-куракли, 200-1500 м да эса қовишли турбиналар ишлайди. Бундай радиал ўқ турбинанинг ишчи турбинанинг ишчи гилдирагини тузилиши юқорида қуриб чиқилган турбиналарниқидан анчагина фарқ қилади. Юқори даражадаги мустаҳкамликни таъминлаш мақсадида ишчи гилдирак курақлари 11 гупчак (ступица) 4га қўзгалмайдиган этиб ўрнатилади ва гилдирак тўгини (тевараги) 10 узига хос айланма панжара ҳосил қилади. Ишчи гилдирак вал 2 билан фланец орқали уланади. Турбина курақлари билан сув таъсирлашиб утгандан кейин чиқишдаги гидравлик исрофни камайтириш вазифасини сўйри гумбазсимон қошқоқ (суйрилагич) 12 бажаради. Ишчи гилдиракка сув турбинанинг спиралсимон камераси 6 орқали узатилади. Турбина статори 7, йўналтирувчи аппарати 9, юқори 5 ва пастки 8 ҳимоя ҳалқалари, қошқоғи 3 ва бошқа элементлари юқори қараб чиқилган конструкциялардаги ўқ турбиналарниқидан жуда ҳам катта фарқ қилади.

Радиал - ўқли турбиналар гуппина катта ГЭС ларида ўрнатилган: Днепр ГЭС (75 МВт), Братск ГЭС (225 МВт), Красноярск ГЭС (508 МВт), Саян-Шушенск ГЭС (650 МВт) ва ш.к. Бу ГЭС лари катта дам билан ишлайди. Масалан, Братск ГЭС да ўрнатилган радиал ўқли турбинаси то 106 м дам билан ишлашга лойиҳаланган бўлиб, ишчи гилдирагининг диаметри 5,5 м ва ФИК эса 93% ташкил этади.

Суюқлик оқимини турбина ишчи камерасидаги ҳаракати турларига ва суюқлик дамига боғлиқ ҳолда. Турбиналар танланишини схематик тасвири. 11.8.-расмда келтирилган. Ундан кўринадики, суюқлик ўқ буйлаб ўтадиган турбиналар то 70 м дамгача, диагоналлилари 40-200 м гача дам оралигида булса, радиал ўқлари 40-700м булган давларда ишлайди. Шундай қилиб, реактик турбиналар 1-2 м дан то 700 м дамгача булган оралиқда ишлар экан.



11.7.- расм. Радиал - ўқ оқимли гидротурбина схемаси



11.8.-расм. Турла хил синф ва турга мансуб гидротурбиналарнинг қўлланилиши соҳалари.

Энг юқори дамларда (400 дан то 1500 м ва ундан ортиқроғида) ковишли актив турбиналар ишлайди.

Турбиналарнинг қўлланилиши соҳаларига қараб, уларнинг ишчи дамлари оралиқлари бири-иккинчисининг ишлаш чегарасини камайди. Масалан, 50-70 м дамларда ўқ радиал ва радиал ўқ оқимли турбиналар кўп қўлланилади. Турбина турини танлашда, шунинг учун ҳам уларнинг техникавий ва иқтисодий самарадорлиги асосий уринни тақозо этади.

Шу параметрларни ҳисобга олган ҳолда маълум аниқ жой учун гидротурбина тўғони ва унинг конструкция ҳисобланади.

11.3. Актив турбинанинг иш жараёни.

Турбинанинг суюқликни ўтказувчи қисмида сув оқимининг энергиясини турбина Валга ўтказишда содир бўладиган гидравлик ходисаларнинг мажмуасини, одатда турбинанинг иш жараёни деб туширилади.

Актив турбиналарда сув найи H дам таъсирида сополдан катта V билан отилиб чиқади. Тезлик V ни аниқ бўлган $V = E\sqrt{2gh}$ формуладан топиш мумкин, чунки ϕ сопо учун тезлик коэффициенти булиб, у 0,98-0,99 тенг.

Ковишли турбиналар юқори дамларда ишлашини ҳисобга олганида суюқлик найининг тезлиги жуда катта қийматларга эришиши мумкин. Масалан, $H=500$ м бўлганида $V=100$ м/с, $H=1000$ м бўлганида $V=140$ м/с, $H=1500$ м бўлганида эса $V=165$ м/с тенг бўлади.

Соплонинг ҳар қандай кесимидаги тезлик қиймати ва оқими йўналишини амалда узгармасдан қолганлиги учун ҳам тезлик

коэффициенти ϕ жуда катта қийматта ўзгармайди. Шунинг учун оқимнинг кураклари тушиш, V_1 тезлигини оқим тезлиги $V_1 \cong V$.

Суюқлик найининг ҳар хил қўзғалмас тўсиқлар юзаларига таъсири § 6.6. қараб чиқилган эди. Қўзғалмас қаттиқ юза оқими найининг кинетик энергиясидан фойдаланиш имкониятини бермагани учун, шу юзанинг бирор тезлик билан ҳаракатланишга мажбур этиш керак бўлади. Актив турбиналарда оқим най вертикал кесим 3 (уч) рақами шаклидаги ковиш куракларга урилиб, ишчи гилдиракни бирор айланма тезлик билан ҳаракатлантиради. Оқим найи ўзининг кинетик энергиясини ковишларга узатиш учун у албатта, ковишга нисбатан тезроқ ҳаракатланиши шарт, яъни $V < V_1$ шарт қониқтирилиши керак: шунда, оқим найининг куракларга урилиши олдидаги нисбий тезлиги ω_1 қуйидагига тенг бўлади: $W_1 = V_1 - U$.

Оқим найи энг катта иш бажариши учун у ўзининг ҳамма энергиясини ишчи гилдиракка узата олиши керак. Бу шарт шу вақтда бажариладики, агарда оқим найининг V кураклардан оқим тушиш V_2 тезлиги ишчи гилдиракнинг айланма тезлигига тенг бўлганида уринли бўлади, яъни $V_2 = U$, чунки $W_1 = 0$.

Оқим йўналишига нисбатан $\phi = 180^\circ$ бурчак остида жойлашадиган эгри сиртли кураклар билан оқим найини узаро таъсирлашувидаги (6.16-расмга қаранг) босим кучи юқорида қараб чиқилган (6.36) тенгламага мувофиқ қуйидагини ташкил этади:

$$P = \frac{2\gamma S V}{g} (V_1 - U) \quad (11.15)$$

Унда ишчи гилдирак ҳосил қилган қувват қуйидагига тенг бўлади:

$$N = P U = \frac{2\gamma S V}{g} (V - U) U \quad (11.16).$$

Юқоридаги (11.16) тенглиқдан аниқки, ишчи гилдиракнинг қуввати икки ҳолатда нолга тенг бўлади, яъни $U = 0$ (гилдирак ҳаракатланмаганида) ва $V_1 = U$ (гилдирак оқим найи тезлигига тенг бўладиган айланма тезлик билан ҳаракатланганида). Демак, қолган ҳамма оралиқ тезликларда турбинанинг қуввати нолга тенг бўлмасдан, бирор U тезликда турбина энг катта қувват ҳосил қилади. Бу катталиқни (11.16) тенглиқда қувват N нинг айланма U тезлик буйича биринчи тартибли ҳосиласини олиш ва уни нолга тенглаштириш билан ҳосил қилинади:

$$\frac{dN}{dU} = V_1 - 2U = 0 \quad (11.17)$$

Бунда $r = \phi 5M_1$, тенг. Шундай қилиб, актив турбина қуввати ишчи гилдиракнинг айланма тезлиги оқим найи тезлигининг ярмига тенг бўлганида энг катта қиймагга эришади.

Аниқланган айланма тезлик қиймати (11.16) тенгламага қўйиб, энг катта қувватини ифодоловчи формулани ҳосил қиламиз:

$$N_{\max} = \frac{2\gamma sv}{g} \left(V_1 - \frac{V_1}{2} \right) \frac{V_1}{2} = \frac{mV_1^2}{2} \quad (11.18)$$

бунда $\gamma sv/g = m$ суюқлик массаси.

Ҳосил қилинган (11.18) тенгламадан кўринадики, оқим найи энергиясининг ҳаммаси курақларга тўлалигича узатилганда, турбина энг катта қувватни ҳосил қила олар экан.

Оқим найининг ковишдан оқиб ўтишидаги исрофлар ҳисобига энг қулай бўлган доиравий тезлик $U = 0.5V_1$ дан аниқланмасдан, бошқачароқ усулда топилади. Тезликларнинг яхлитланган (номинал) ўзаро нисбатлари қуйидагига тенг: $U_{\text{я}} \approx 0.45 V_1$.

11.4. Реактив турбинанинг иш жараёни.

Реактив турбиналарнинг курақларига оқиб кирадиган суюқлик, айланасига панжара шаклида жойлаштирилган курақлардан тузилган, йўналтирувчи аппаратдан ўтади. Бу аппарат оқим найининг ишчи гилдирак курақларига энг самарали бурчак остида урилишини таъминлаш учун оқимни бураб, уни шаклантиради. Натижада йўналтирувчи аппарат билан турбинанинг ишчи гилдирак оралигида уюрмали оқим ҳосил бўлади.

Ишчи гилдирак билан оқимни ўзаро таъсирлашуви натижасида оқимнинг гилдирак энергияси турбина валининг механик энергиясига айланади. Ишчи гилдиракдаги суюқликнинг ҳаракати мураккаб ва у икки жи: нисбий ва кўчирма. Бу ҳаракатларнинг йиғиндиси суюқликнинг абсолют ҳаракатини беради. Агар нисбий ҳаракат тезлиги векторини \vec{W} билан, кўчирма ҳаракатникини u билан белгиласак, у ҳолда абсолют тезлиги вектори \vec{V} қуйидаги йиғиндидан ташкил топади:

$$\vec{V} = \vec{U} + \vec{W} \quad (11.19).$$

Бу векторлар орасидаги муносабат тезликлар параллелограммини ёки учбурчагини қуриш орқали аниқланади. Тезликлар параллелограмини қуриш ишчи гилдирак шаклига (турбина турига) айрим турбинада эса оқимдаги (босимга) боғлиқ бўлади.

Реактив турбинанинг иш жараёнини шаклантирилиши сўрувчи қувурда кечадиган жараёнларга боғлиқ. Албатта, сўрувчи қувурдаги жараёнлар, паст дамда ишлайдиган турбиналарнинг энергетик кўрсаткичига ҳам сезиларли таъсир қилади. Бундан ташқари сўрувчи

кувур ГЭС иморатининг остки қисмини ўлчамини ва тагкурси (фундамент) чуқурлигини ҳам аниқлашда асосий ҳисобланади.

Сўрувчи қувур туфайли пастки бьефдан юқори, бирор Нга мос келувчи баландлиқда ургатилган турбинага тушаётган оқим энергиясидан бутунлигича фойдаланиш имконияти ва яна ишчи гилдиракдан оқиб чиқаётган қисмидан тулароқ фойдаланиш ҳолати пайдо бўлади.

11.5. Турбиналарни рoстлаш.

Турбиналарни бир маромада ишлатишдаги иш жараёни энг юқори ФИК олишга рoсланган бўлади. Унга узатиладиган суюқликнинг мақбул миқдори Q энг қулай айланишлар частотаси n таъминлашга мос келиши керак. Аммо турбина нобарқарор тартибда ишлаганида (агрегатни ишга туширганида, уни тўхтаганида, электр генераторидаги узатиш қуввати пасайтирилганида ёки рoсланганида) унинг иш тартибини узгартиришга тўғри келади. Бу ишни турбинанинг ишлашини автоматик рoстлагич системаси (ТАРС) бажаради.

Ковишли турбинанинг қувватини рoстлаш, махсус сўйригни ёрдамида сопол орқали узатиладиган суюқлик миқдорини оширилади. Сополнинг кириш тешигига (диаметрининг фойдали юзасини) сўйри игнани гидроюритма ёрдамида (11.2.-расмга қаранг) секин-аста киритиш ёки чиқариш йўли билан узатилаётган сув миқдорини рoстлаш усули ёрдамида турбина қуввати рoсланлади.

Сополдан чиқаётган сув оқимининг найи зич ва уюрмасиз бўлиши шарт. Буни сополнинг торайиш бурчагини $60-80^{\circ}$ ва сопол ўқишга кираётган сув миқдорини рoстлайдиган сўйри игна шаклини танлаш йўли билан амалга оширилади.

Ковишли турбина қувватини вақтинчалик пасайтиришни, узатилаётган суюқлик миқдорини камайтирмасдан, оқимни дефлектор (лотинча deflekte – оғдираман, олиб кетаман) ёрдамида курақлардан оғдириш усули билан амалга ошириш мумкин. Агар турбина қувватини камайтириш зарур бўлса, унда ТАРС гидроюритмасига импульс юборилади, шунда дефлектор тезлик билан зарур бўлган бурчакка бурилиб, оқимни ковдан оғдиради. Бу ҳолатда узатилаётган умумий суюқлик миқдори узгармайди. Худя шундай импульсни сўйри игна қабул қилганида, у секин-аста сопол ўқи бўйлаб ичкарига силжийди ва оқим йўлини торайтиради, уз навбатида узатиладиган суюқлик миқдорини камайтиради. Бундай усулда узатилаётган суюқлик миқдорини рoстлашга гидравлик зарб ҳодисаси пайдо бўлмайди.

Радиал – ўқ оқимли реактив турбиналарга узатилаётган суюқлик миқдорида мос келувчи қувват йўналтирувчи аппарат курақларини маълум α бурчакка синхрон бураш билан рoсланлади. Курақлари бурала оладиган турбиналарда ишчи гилдирак курақлари автоматик равишда йўналтирувчи аппарат курақлари билан бир вақтнинг ўзида бурилади.

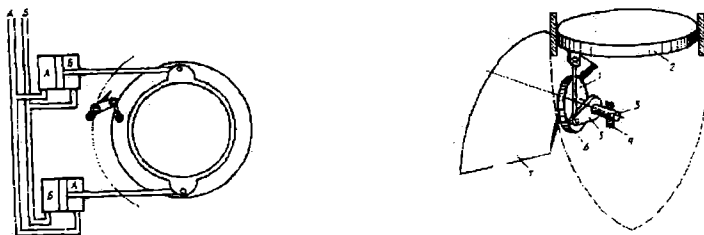
Йўналтирувчи аппарат ва ишчи гилдирак курақларини юритин учун серводвигателлардан ҳаракат оладиган махсус механизмлар қўлланилади. Йўналтирувчи аппарат курақларини бурай оладиган, энг кўп тарқалган механизм схемаси 11.9-расмда келтирилган. Ричаглар (пишанг) тортиқлар

орқали тўғридан-тўғри ростловчи ҳалқага, уз навбатида халқа эса кураклар билан уланган (11.9-расмга қаранг). Соат мили йўналиши бўйлаб халқа буралса, ричаглар ва кураклар бир кил катталиқдаги α бурчагига бурилади, натижада йўналтирувчи аппарат панжараси ёпилади, аксинча тескари томонга буралса, панжара очилади.

Ҳалқа ва куракларни бураб ростловчи серводвигателлар жуда ҳам охиста юрадиган ва катта қаршилиқларни енга оладиган бўлиши керак. Бу талабларга фақат гидравлик серводвигателлари жавоб бера олади.

Серводвигателлар ёрдамида йўналтирувчи аппаратни ҳаракатлантирадиган бир неча кинематик схемалар мавжуд. Штоклари ростланадиган халқага уланган, икки ёқлама ишлайдиган гидроцилиндрдан ташкил топган иккита сервомотор схемаси 11.9. ва 11.10-расмларда келтирилган.

Суюқлик (мой) катта босим остида цилиндрнинг чап ёки унғ бушлиқларидан бирига ҳайдалганида серводвигателлар ишга тушади.



11.9 - ва 11.10-расмлар: а) йўналтирувчи аппарат ва кураклар юритмасини схемаси; б) кураклари буралувчи турбина ишчи гилдираги курагини юритиш схемаси.

Агар мой катта босим остидаги А қувурдан цилиндрнинг А бушлиғига ҳайдалса, ростланувчи ҳалқа соат мили бўйлаб буралади ва йўналтирувчи аппарат кураклари ёпилади; агарда мой В қувур орқали ҳайдалса, у ҳолда йўналтирувчи аппарат очилади.

Кураклари бурала оладиган турбинанинг (11.10-расм) ишчи гилдирак куракларини буровчи механизми куракларнинг $30-40^\circ \varphi = -15^\circ$ дан то $\varphi = +20^\circ$ бурчак оралигида бурила олишини таъминлаши зарур. Бу механизм фланецли (немисча - flansch) курак 7 дан ташкил топган бўлиб, цапфа 3 маҳкамланган. Цапфа (немисча. - zapfen) юритиш механизми танасидаги иккита 6 ва 4 таянчлар ёрдамида маҳкамланади. Цапфага кулочок шаклидаги пишанг 5 кийгизилган, унинг иккинчи томони серводвигатель поршени 2 га тортиқи орқали уланган бўлиб, улар ағдарилган гүмбазсимон суйрилагич 8 ичида жойлашган. Поршен 2 силжиганида тортиқ ёрдамида цапфа 3 ва у билан биргалиқда эса курак буралади. Бир вақтнинг ўзида йўналтирувчи аппарат куракларининг бурилиши билан ТАРС аппарати ёрдамида поршень силжитилади ва керакли ҳолатида тутиб турилади. Бир вақтнинг ўзида йўналтирувчи аппарат куракларининг бурилиши билан.

ГИДРОЮРИТМА ВА ГИДРОУЗАТМА.

12.1. Асосий тушунча ва таърифлар. Гидроюритма таснифи.

Машина ва механизмларни суюқлик таъсири ҳисобига ҳаракатга келтирувчи мосламалар мажмуасига гидроюритма дейилади. Гидравлик узатма гидравлик юритмани асосини ташкил этади.

Гидравлик узатманинг асосини насос, гидродвигатель ва уларни узаро уловчи гидролиниялар (гидро магистрал) ташкил этади. Гидроюритма таркибига булардан ташқари фильтрлар, гидробаклар, гидроаккумуляторлар ва бошқа бошқариш ва хизмат қилувчи мосламалар киради. Гидро узатма ишлаш усулига мувофиқ ҳажмий ва гидродинамик турларига бўлинади.

Гидравлик узатмаси сифатида ҳажмий таъсир этувчи гидронасос ва гидродвигатель қўлланиладиган гидравлик системага ҳажмий гидроюритма дейилади. Ҳажмий гидроюритманинг ишлаши томчи суюқлигининг сиқилмаслиги хоссасига ва босимнинг Паскаль қонунига мувофиқ узатилишига асосланган. Ҳажмий гидроюритманинг энг содда конструкциясига 2.20-расмда (2.10) келтирилган гидравлик пресс мисол бўла олади.

Бир ўқ чизиқда, ётан урта яқин масофада жойлашган насос ва турбина гилдиракларидан ташкил топган гидравлик узатмали системани гидродинамик юритма дейилади. Етакловчи звено (вал) нинг энергияси етакланувчига фақат суюқлик оқими орқали узатилади. Буровчи момент эса ишчи суюқлик оқими ҳаракати миқдорининг фақат гилдиракларда ўзгариши ҳисобига узатилади. Етакловчи ва етакланувчи валлар узаро мутлақо механикавий боғланган бўлади. Шунинг учун ҳам шуларга қўра, кўпчилик ҳолатларда гидродинамик юритмани гидродинамик узатма деб юритилади.

Ҳажмий гидроюритма энергия турига қараб учга бўлинади:

1. Насосли гидроюритма бу ишчи суюқликни ҳажмий насослар орқали узатадиган гидроюритмалардир. Насосли гидроюритмалар ёпиқ ва очиқ циркуляцияли бўлади: ёпиқ циркуляцияли турида ишчи суюқлик гидродвигателнинг чиқиш каналидан насоснинг суриш каналига тушади: Очиқ циркуляциясида эса ишчи суюқлик гидродвигателнинг чиқиш каналидан гидробакка қўйилади. Гидроюритмадаги насос электр двигатели, турбина карбюраторли ва дизелли ички ёнув двигателлари ҳамда бошқа турдаги механикани энергия ҳисобига ҳаракатга келтирилиши мумкин.
2. Аккумуляторли гидроюритма - ишчи суюқлик гидродвигателга олдиндан йиғиб-тупланган суюқлик гидроаккумулятордан узатилади. Бундай гидроюритма иш цикли қисқа бўлган системаларда қўлланилади.
3. Магнитрал гидроюритма бу бир вақтнинг узида бир неча гидроюритмани суюқлик билан таъминлай оладиган, гидронасос

станциясидан қувват оладиган гидромагистралдан гидродвигателга ишчи суюқлик узатувчи гидросистемадир.

Ҳаракат қилувчи қисмининг ҳаракати турига қараб гидроюритма илгариланма, буралма ва айланма ҳаракат қилувчи бўлади. Гидроюритма ростланадиган ва ростланмайдиган бўлади. Тезлигининг ростланишига қараб гидроюритма учта турга бўлинади:

1. Дроссель билан ростлаш усули бўлиб, суюқлик оқими тезлиги дросселланади ва суюқликнинг бир қисмини гидродвигателга кирмасдан ўтиб кетади.
2. Ҳажми билан ростлаш усули бўлиб, суюқлик оқими тезлиги нисбатан ёки гидродвигател ишчи ҳажмини иш жараёнида ўзгартириш натижасида амалга оширилади.
3. Ҳажм ва дроссель билан ростлаш усули бўлиб, суюқлик оқими тезлигини ростлаш бир вақтнинг ўзида ҳам ҳажмий ва ҳам дросселлаш усули қўлланилади.

Гидроюритманинг ҳаракатланадиган қисми (звеноси) ни ҳаракатининг тезлиги бир хил сақласа ва ташқи таъсир кучларига боғлиқ бўлмасан, ушбу тургун (стабил) гидроюритма дейилади.

Гидроюритманинг ҳаракатланадиган қисмини ҳаракатланиши билан маълум қонуният бўйича юбориладиган ташқи таъсирга боғлиқ ҳолда ўзгарса, уни кузатувчи гидроюритма дейилади. Гидроюритмаларда ишчи жисм сифатида қўлланиладиган суюқликлар (веретена, автол, тормоз мойлари ва х.к.) бир вақтнинг ўзида ҳам мойловчи ва ҳам совитувчи агент вазифаларини бажарибгина қолмасдан деталларни занглашдан химоя қилади ва гидроюритманинг ҳамма бугинларини ишончли ишлашини таъминлайди.

Шунинг учун ҳам гидроюритмаларда ишлатиладиган суюқликлар маълум талабларни қониқтириши шарт: юқори мойлаш хоссасига эга бўлиши, маълум иш температураси оралигида ўз хоссасини яъни қовушқоқлигини кам ўзгартириши, бут эластиклиги оз бўлиши, юқори температураларда қайнайдиган бўлиши керак; гидравлик система материалларига ва уларни химояловчи қопламаларга нисбатан нейтрал бўлиши керак; механикавий таъсирга барқарор, сақланиш ва ишлатиш давридаги тавсифи тургун (стабил) бўлиши керак; ёнгинга нисбатан хавфсиз, захарламайдиган, электрик хоссаси эса юқори бўлиши керак.

Бу талабларга маълум даражада қуйидаги минерал мойлари— жавоб беради: саноат, турбина, веретена (урчуқ мойи), трансформатор ва бошқа мойлар.

Паст температура шароитида, масалан, Шимолий муз океани ва Сибирда, гидроюритманинг бир меъёрада ишлаши учун, гидросистемани ишчи суюқлиги совуққа бардошли бўлиши керак. Одатда, бундай ишчи суюқлик сифатида глицерин ва спирт аралашмаси ишлатилади, бундай аралашмани музлаш температураси пастда бўлади.

Гидроюритма ва гидроузатма техниканинг турли-туман тармоқларида қўлланилади. Бундай ҳолат гидроюртманинг қонди афзалликлари билан тушунтирилади. Булардан айрим муҳимроқларини санаб ўтаемиз:

- ✓ тезликни кенг оралиқда босқичсиз ростлаш;
- ✓ катта куч ва қувватни механизмнинг ўлчами кичик ва огирлиги кам бўлганида ҳам олиш мумкин;
- ✓ турли хил ҳаракатларни олиш, тез-тез ва тезкорлик билан қайта қўшиш имкониятига эга;
- ✓ қувват ва момент бўйича катта зўриқишларга бериш ва зарар келтирмаслик имкониятига эга;
- ✓ автоматлантириши ва масофадан туриб бошқариш (дистанцион бошиқариш) имкониятига эга;
- ✓ механикавий юритмага нисбатан кинематик схемаси содда;
- ✓ юритма элементларининг ўз-ўзидан мойланувчилиги, уларни махсус мойлаш операциясидан озод этади;
- ✓ шунга қарамасдан гидроюритма ва гидроузатма айрим камчиликлардан холи эмас;
- ✓ энергиянинг узатилишидаги исроф қиймати электр узатмалардагига нисбатан катта;
- ✓ ишлатиш (эксплуатация) вақтидаги тавсифи температурага боғлиқ бўлишни натижасида катта қаршиликларда гидроюритма қизиб кетиши ва нобарқарор ишлаши;
- ✓ ишчи суюқликнинг сирқиб (ички ва ташқи уланиш нуқталардан) оқиши натижасида гидроюритманинг ФИК камайтиради: бу фактор, техникавий имкониятнинг сарфланиши натижасида, гидроюритмани мутлақо яроқсиз ҳолатга келтириши мумкин.

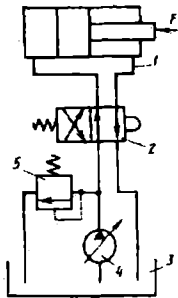
Катта афзалликлари туфайли юқорида санаб утилган камчиликлари мисқолдай бўлганлигидан, гидроюритма ва гидроузатмани турли-туман машина ва механизмлардаги бошқа турдаги юритмалар билан алмаштириб бўлмайди.

12.2. Ҳажмий гидроюритманинг принципиал схемалари ва конструкциялари.

Турли-туман машиналарда гидроюритма ёрдамида ҳар хил ҳаракат ва операцияларни амалга оширилиши энергияни узатиш схемаларини яратилишига туртки бўлади. Ҳар бир ҳажмий гидроузатма схемасида бажарувчи орган вазифасини гидродвигатель утайди. Гидродвигательнинг ҳаракатланувчи қисмини ҳаракат турига қараб учта синфга бўлинади:

1. Гидроцилиндрларнинг ҳаракат қилувчи қисми (чиқиш звеноси) — илгариланма ҳаракат этувчи ҳажмий гидродвигательларидир.
2. Буралувчан гидродвигательлар – ҳаракат қилувчи қисми-маълум бурчакка бурила оладиган ҳажмий гидродвигательлардир;
3. Гидромоторлар ҳаракат қилувчи қисми — айланма ҳаракат қиладиган ҳажмий гидродвигательлардир.

Худди юқоридагидай ҳажмий гидроюритма схемалари ҳам таснифланади. Уларни гулароқ қараб чиқамиз.



Илгариланма ҳаракат гидроюритма схемаси (12.1-расм).

Ростланадиган насос (4) гидробак (3) дан суюқликни суриб қувур бўйлаб босим остида пружинали қайтаргичли икки позицияли (ҳолатли) кулочокли тақсимлагич (2) орқали гидродвигатель (1) га узатади. Насосли ва гидродвигателли гидроюритма системасини зуриқишдан ҳимоялаш вазифасини мумкин бўлган босимга ростланган сақлаш клапани (5) бажаради. Шунинг учун ҳам суюқликнинг иш бажариб бўлгани гидродвигатель (1) дан ва ортиқчаси сақлаш клапани (5) дан гидробак (3) га қўйилади. Бунда суюқликнинг узилиб узатилиши ўринли бўлади. Шунинг учун бундай гидроюритма схемасини суюқлик циркуляциясининг узлуксиз схемаси дейилади.

Ҳаракатнинг илгариланма ёки илгариланма қайта турини ҳосил қилишда, двигатель сифатида, гидроцилиндрлар тадбиқ этилади. Ишлаш принципига ва конструкциясига кўра гидроцилиндрлик жуда ҳам турличадир. Уларнинг асосийларини қараб чиқамиз.

Бир томонлама ишлайдиган гидроцилиндрнинг ҳаракатланадиган қисми (звеноси) штока ўргатилган поршень бўлиб, у цилиндрда силжийди. Бундаги ишчи камера цилиндр девори билан поршень камага ҳосил бўладиган ҳажмдир.

Камеранинг герметиклиги махсус зичлаттичлар ёрдамида таъминланади.

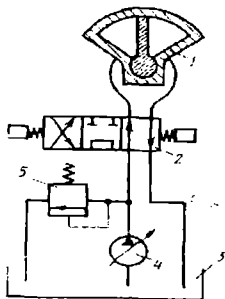
Плужерли гидроцилиндрнинг ҳаракатланадиган қисми плужер ҳисобланади. Бундай турдаги гидроцилиндрлар ўзларининг конструкцияси ва ясалиш технологияси нуқтаи назаридан жуда сода бўлиб, уларнинг ҳамма ишчи юзаларида юқори аниқлик ва тозалик даражасида тайёрланмайди, фақат ишчи камеранинг герметик ҳолатини таъминлаш учун зичлаттич ўрнатиладиган қисмигагина юқори аниқликда ишлов берилади.

Буралма ҳаракат гидроюритмасининг схемаси.

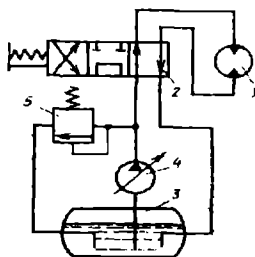
Суюқлик циркуляцияси узлуксиз бўлган, бу турдаги гидроюритма (12.3-расм) да махсус конструкциядаги гидродвигатель ишлатилади. Буралма гидродвигателлар ўзларининг конструкциялари (тузилиши) бўйича икки турга бўлинади: а) илгариланма – қайтма ҳаракатни айланма ҳаракатга айланттирувчи гидродвигателлар (масалан, тишли энсиз, металл тахта

(рейка) ёрдамида); б) бу ҳаракат турини узгартирмайдиган гидродвигателлар (масалан: шиберли буралма гидродвигателлар).

Биз қараб чиққан схемада, иккинчи турдаги гидродвигатель ишлатилган. Гидродвигателнинг ишчи бўшлиғи (1) га суюқлик куракнинг гоҳо чап, гоҳо унғ томонидан узатилиб турилади, натижада вал курак билан биргаликда тебранма ҳаракат қилади. Куракларнинг буралма бурчаги 120° дан ортмайди.



12.3-рasm. Буралма ҳаракат гидроюритмасининг схемаси. 1-гидродвигатель, 2-уч ҳолатли, 3-бак, 4-насос, 5-сақлагич клапани.



12.4-рasm. Айланма ҳаракат гидроюритмасининг схемаси: 1-гидродвигатель, 2-гидротаксимлагич, 3-гидробак, 4-насос, 5-сақлагич клапани.

Буралма гидродвигателни ишлатишга аниқ талаблар қўйилишини эътиборга олиб, 12.3-рasmдаги схемада электромагнит билан бошқариладиган уч ҳолатли (уч позицияли) гидротаксимлагич (2) қўлланилган. Гидротаксимлагични бошқариш қисмларининг ҳолатига мос равишда двигателнинг чиқиш зеносини ҳаракат йўналиши узгатирилади, ҳаракат тезлиги эса насос (4) нинг ишчи ҳажмини орттириш ёки камайтириш йули билан танланади.

Айланма ҳаракат гидроюритмасининг схемаси.

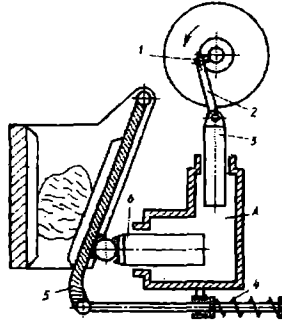
Айланма ҳаракат ҳосил қилувчи гидродвигателларнинг аниқ турларидан бирортасини бу (12.4-рasm) схемада қўлаш йули билан мазкур ҳаракатни олиш мумкин, масалан: тишли пластинкали, винтли, поршенли (радиал ёки аксиал) гидродвигателларни қўлаш мумкин.

Самолёт, трактор, йул қурилиши машиналари, металлга кесиб ишлов берувчи дастгоҳлар гидроюритмаларида роторли-поршенли гидродвигателлар кенг тадбиқини топган.

Суюқлик гидродвигатель (1) га ростланадиган насос (4) дан узатилади. Бак (3) дан суюқликнинг осон сўрилиши ҳамда қувурда суюқлик ва ҳаво аралашмаси (квитанция) ҳосил бўлмаслиги учун бакдаги суюқлик устида қўшимча босим ҳосил қилиш мақсадида унга ҳаво ёки бошқа турдаги газ босим остида ҳайдалади.

Насос ишлатилмайдиган суюқлик берк контурда циркуляцияланадиган, гидроюритма турига 12.5-рasmда кўрсатилган тош майдалайдиган машина гидроюритмаси мисол була олади. Кривошип-шатун механизми (рasmда:

1-кривошип, 2-шатун) плунжер (3) ни илгариланма қайта ҳаракатга келтиради. Кичик диаметрли плунжер (3)ни паст бушлигида, кўшимча босим пайдо бўлади. Бу босим таъсирдан катта диаметрли плунжер (6) илгариланма ҳаракатланиб кўзгалувчи қаттиқ тўсиққа таъсир этади. Катта диаметрли плунжер сирти катта бўлганидан тош майдалаш машинасининг силжишдаган металл тахтасига босим билан таъсир қилади ва пружина (4) таъсир қилади ва пружина (4) таъсирида металл тахта мувозанат ҳолатига қайтариледи ва яна цикл такрорланади.



12.5.-расм. Тош майдалайдиган насоссиз гидроюритма.

12.3. Кузатгичли гидроюритма.

Чиқиш звеноси бошқариш звеносининг ҳамма ҳаракатларини берилган аниқ масштабда такрорлайдиган юритмани кузатгичли гидроюритма дейилади. Бундай турдаги гидроюритмада, одатда, гидроцилиндр штоги ёки гидродвигатель вали чиқиш звеноси ҳисобланса, бошқариш звеноси вазифасини бошқариш сигналинини қабул этиб турадиган махсус қурилма бажаради. Кўпчилик ҳолатларда, кузатиш функциясига бошқариш сигналинини қувват бўйича кучайтириш функцияси ҳам қўшилиб кетганида, бундай кузатувчи гидроюритманинг гидрокучайтиргич дейилади.

Гидрокучайтиргичнинг чиқиш қувватини унга кирган қувватга нисбати билан улчанадиган гидрокучайтиргични кучайтириш коэффиценти дейилади. Бу коэффицент катта қийматларгача стиши мумкин. Чунки бошқариш сигналлари жуда кам қувват талаб этади. Денгиз кемаларини қўлда бошқаришда қўлланиладиган гидроюритмаларини кучайтириш коэффицентлари то 10^3 гача, электр билан бошқариладиган автоматик системалардаги гидроюритмаларда эса то 10^7 гача этади.

Кузатувчи гидроюритмалар шу вақтда машиналарни қўлда бошқаришга одам кучи етмайдиган бўлган тақдирда, яъни самолётларда, кемаларда, оғир автомобиллар ва тракторларда, қурилиш, йўл қурилиши ва ш.к. машиналарда ҳамда металл кесиб ишлов берувчи дастохларнинг

автоматик бошқариш системаларида қўлланилади. Кузатувчи гидроюритма конструкцияларининг айрим схемаларини ва уларнинг амалда қўлланилишини қараб чиқамиз.

Кузатувчи гидроюритма металл кесиб ишлов берувчи дастих (станок)ларини автоматик бошқариш системаларида кенг тадбиқизи топган. Нусха тайёрлагич (копирлаш) токор станогининг суппортини кўндалангига силжитишда ишлатиладиган энг содда кузатувчи гидроюритма схемаси 12.6-расмда келтирилган. Суппорт (1) гидроюритманинг чиқиш звеноси ҳисобланган гидроцилиндр танаси (7) билан бирлаштирилган. Бунда шток станок танаси. (8) га маҳкамланган.

Гидроцилиндр билан қаттиқ бирлаштирилган золотник гидротақсимлагич (4) бошқариш звеноси вазифасини бажареди. Суппортнинг бўйлама ҳаракатида шчуп (5) нусха -деталь (6) сирғич бўйлаб сирпанади ва гидротақсимлагич штокани силжитади, натижада золотник А линиясидан келаётган суюқлик йўлини очади. Шунда суюқлик гидроцилиндр поршени устидаги ёки остидаги бўшлиғига оқиб киради. Бу суюқлик босимини таъсири натижасида гидроюритма танаси (7)га маҳкамланган кескич (резец) ҳам биргаликда гидротақсимлагич кучишини такрорлайди. Кескич нусха деталь ўлчамидаги асосий детални бу кучиш жараёнида кесиб тайёрлаб боради. Гидролиниядан келадиган суюқлик йўлини гидротақсимлагич ёпганида, гидроцилиндр бушлиғи (3) га ишчи суюқлик оқиб кирмайди, шунда суппорт вертикаль кучишда тўхтайди.

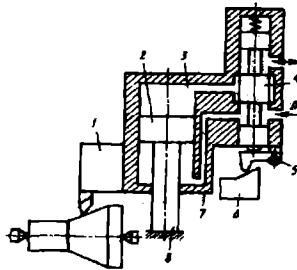
Шундай қилиб, бошқариш сигналига мос равишда ҳамма турдаги ҳаракатлар бажарилиб бўлганидан сўнг, системада мувозанат тикланади.

Чиқиш звеносини бўйриқ импульси кетидан кузатиши натижасида узлуксиз утаётган жараёндаги ноуйғунлик ва қайта тикланиш ҳаракати таъминланади.

Ўзи юрар машина рулини бошқаришда қўлланилган гидрокучайтиргичдаги кузатувчи системасининг ишлаш принципини 12.7-расмда берилган схема бўйича таҳлил этиш мумкин. Рул чамбараги (1) ни унга буралганида рул устун (колонка) нинг гидроцилиндри (2) даги поршень рул валидаги винтли изга илашади ва поршень чап томонга кучади ва сорвоцилиндр (3) ни чап бўшлиғига (2) цилиндрдан чиққан суюқлик қўйилади ва у сервоцилиндр поршенини ўнг томонга кучиради. Шунда кузатувчи золотник (4) нейтраль 11-ҳолатидан 111-ҳолатига силжийди.

Шу вақтда насос (11) дан ҳайдалаётган ишчи суюқлик бошқариши иккиланган клапан тескари клапани (5) орқали гидроцилиндр (6) га қўйилишини унинг поршени кўчади ва у таъсирида машинани кутариб турувчи гиддираклар маълум бурчакка бурилади. Бир вақтнинг ўзида суюқлик тескари клапани (5) ва золотник (4) орқали гидроцилиндр (8) дан оқиб чиқиб қабул этувчи гидролинияга ўтади, аммо траверс (7) узаро қаттиқ тескари боғланган қисмлари орқали кузатувчи золотник танасини ўнг томонидаги (11) ҳолатигача силжитиб боради, бу кучиш гидроцилиндр (6) га суюқликнинг узатилиши то тугамаганча давом этади.

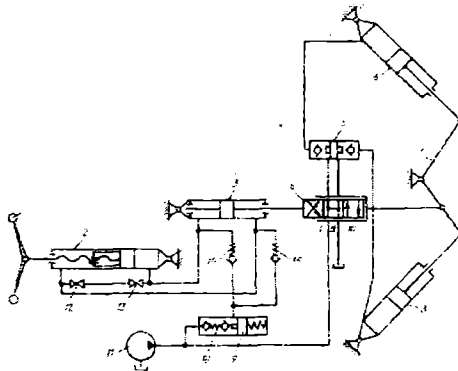
Шундай қилиб, машинани бошқариш кузатиш усулидан фойдаланган ҳолда амалга оширилар экан. Бунда, машина гидраги унинг бошқариш рули чамбараги билан механикавий жихатидан мутлаганмаган бўлсада, машина гидрагининг бурилиши бошқариш рулини бурилишига мос келади.



12.6.-расм Кучирувчи дастгоҳ кузатгичини гидрокүритмасы:

Пружинали аккумулятор (9) тулдиргич (зарядлаш) клапани (10) ва тескари клапанлар (14) ва (15) билан биргаликда бошқариш гидросистемасидан суюқлик оқиб чиқиб камайганида, уни ҳар доим тулдириб туриш вазифасини бажаради. Кран (12) ва (13) гидросистемани ростлашга мўлжалланган.

Руль бошқаришининг бундай конструкциядаги гидрокучайтиргичи ЗИЛ - 130, МАЗ, КраЗ автомобиларида, К-700, Т-150 ва ҳ.к. тракторларда қўлланилади.



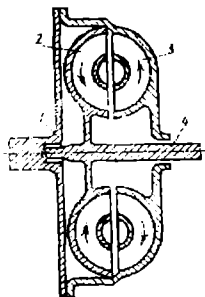
12.7.-расм. Гидрокучайтиргичли руль бошқариш схемаси.

12.5. Гидравлик муфтанинг тузилиши, ишлаш принципи ва тавсифи.

Етакловчи ва етакланувчи валларнинг узаро эластик уланишини суюқлик орқали таъминловчи ҳамда ишчи суюқликнинг насос

гилдирагидаги куракларга бера оладиган узатмани гидродинамик муфта дейилади.

Энг содда гидродинамик муфта (12.9-расм) бир ўқ чизиқда, мустақил валларда, бири иккинчисига қарама қарши жойлашган гилдираклардан иборат бўлиб, уларнинг ясси кураклари радиал ўрнатилган бўлади. Унда гилдираклар қуйидагича жойлашади: двигатель вали (1) насос гилдираги (3) билан ва турбина гилдираги (2) етакланувчи вал (4) (истеъмолчи) билан уланган бўлади. Насос гилдираги билан турбина гилдираги орасидаги масофа 3-10 мм дан катта бўлмайди. Гидромуфтанинг иш бўшлиги суюқликка тўлдирилади уз навбатида, бу суюқлик етакловчи ва етакланувчи валларнинг гилдиракларини ўзаро богловчи муҳит вазифасини ўтайди ҳамда етакловчи ва етакланувчи валларни ўзаро куч орқали богланишини таъминлайди.



12.9-расм
Гидродинамик муфта

Насос гилдирагининг тез айланиши натижасида марказдан қочма куч пайдо бўлади ва унинг таъсиридаги суюқлик гилдирак марказидан то чекка нуқталаригача отилиб кетади. Насос гилдирагидан отилиб чиққан суюқлик турбина гилдирагига тушади ва уни айлантириб яна насосга қайтиб киради. Мана шундай узлуксиз айланиш гидромуфтада давом этади ва маълум буровчи моментни узатади. Етакланувчи валнинг айланишлар частотасини ўзгариши турбина гилдирагига узатилган суюқлик миқдорини ўзгаришига боглиқ.

Энергия бир турдан бошқа турга айлантирилишида унинг маълум қисм гидравлик қаршиликларни энгишга сарфланади, булардан ташқари суюқликнинг гидромуфтага ўзаро уланган қисмлар

оралигидан сирқиб оқиши ҳам кузатилади. Шунинг учун гидромуфтада энергия унинг бир қисмидан иккинчи қисмига тўлалигича ўтмайди, натижада етакланувчи валнинг айланишлар частотаси етакловчиникига тенг бўлиши мумкин эмас. Етакловчи ва етакланувчи валларнинг айланишлар частоталари фарқини етакловчи вал айланишлар частотасига нисбати билан баҳоланадиган катталикини гидромуфтанинг сирпаниши дейилади ва уни S ҳарфи билан белгилайди:

$$S = (n_1 - n_2) / n_1 = 1 - n_2 / n_1 = 1 - i = 1 - n. \quad (12.1)$$

бу (12.1) формуладан куринадики, агарда $S = 0$ бўлса, $\frac{i = n}{i} = 1$ бўлади.

Етакловчи ва етакланувчи валларнинг айланишлар частоталари ($n_1 = n_2$) ўзаро тенг бўлганида, марказдан қочма кучлар таъсиридан пайдо бўлган суюқлик босими насоснинг ҳайдаш қисмидаги турбина гилдирагига киришидагисига тенг бўлади. Шу сабабли, насосдан чиқадиган суюқлик турбинага ўтмайди: суюқлик сарфи $Q = 0$ ва гидромуфтанинг буровчи momenti $M = 0$ бўлади. Мана шундай вазиятда муфтанинг бўшлигидаги суюқлик муфта танаси билан, бир бутун қаттиқ жисмдай, биргаликда айланади.

Демак, гидромурфта фақат, етакловчи ва етакланувчи валларининг айланишлар частоталари фарқи ($n_1 > n_2$) ва сирпаниш ($S > 0$) мавжуд бўлганидагина қувватни ҳамда буровчи моментни узата олар экан. Сирпаниш қиймати $S = (2-3) \cdot 10^{-2}$ бўлганида, гидромурфта нормал ишлай олади ва бу эса $\text{ФИК}_n = 1 - S = 0,97-0,98$ мос келади.

Гидромурфтада қанча сирпаниш қиймати катта бўлса, яъни насос гиддирагининг айланишлар частотаси турбина гиддирагиникига нисбатан катта бўлса, насоснинг чиқиши билан турбина киришидаги босимлар фарқи ҳам шунча катта бўлади. Натижада, гидромурфта бўшлиғида айланадиган (йиркуляция) суюқлик сарфи кўп бўлади. Ана шунда, узатиш нисбатини **ФМК** ва буровчи моментни ҳам ростлаш мумкин. Бу принцип гидромурфтанинг ҳажмий ростланишининг асосини ташкил этади.

12.6. Гидродинамик трансформаторнинг тузилиши, ишлаш принципи ва иш тавсифи.

Гидромурфтанинг ҳамма хоссаларига эга бўлган гидротрансформатор. двигателнинг етакловчи валига қўйилган момент M_1 ни i узатишга нисбатан автоматик ўзгартира оладиган қурилмадир. Агарда етакланувчи валга қўйилган қаршилик momenti M_2 двигателниқидан катта бўлса, унда етакланувчи валнинг айланишлар частотаси n_2 ортади. Бундай ҳолиса узатмани учуриб қўшмасдан, автоматик усулда двигатель имкониятидан тўлароқ фойдаланиш имконини беради.

ГИДРОЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИНИНГ ВА ГИДРОИНШОАТЛАРИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

13.1. Гидроэлектр станцияларининг асосий иншооти ва асбоб-ускуналари.

Гидроэлектр станцияси гидроузелнинг таркибий қисми ҳисобланади. Гидроузелъ — бу сув бойлигидан халқ хўжалиги мақсадларида фойдаланишга мўлжалланган гидротехникавий иншоот комплекси. Гидроузелдан электр энергиясини олишда, сугоришда, сув таъминотида, кемалар қатновини яхшилашда, сув тошқинларидан ҳимоя қилишда, балиқчиликда ва ш.к. энг кўп фойдаланилади.

Суюқлик оқимининг қуввати (11.11) тенглама мувофиқ сув сарфи ва унинг дамига боғлиқ. Сув оқимининг тезлиги дарё узунлиги бўйлаб, К нинг узани кесимига ва гидравлик қияликка мос равишда ўзгарди. Дарё сувнинг қувватини ва дамини бир жойга тўплаш мақсадида гидротехникавий иншоот қурилади, яъни тўгон, деривация (лот- оғиш, буриш) канали.

Дарё ўзани тўсилиб тўгон ҳосил қилинади. Тўгон ортида сув омбори найдо бўлади, унинг ҳажми гоҳо жуда ҳам катта бўлиб кетганида уни денгиз деб юритилади. Масалан, Волгоград, Цимлян, Қайрақ қум ва ш.к. денгизларини олсак, уларнинг узунлиги 100 км атрофида. Тўгон олдидаги сув сатҳини юқори бьеф (ЮБ), тўгондан кейингисини – пастки бьеф (ПБ) деб қабул қилинган. (11.1.- расмга қаранг).

Сув ташлама иншооти. Сув тошқинида, катта – кичик муз парчалари йиғилиб қолганида ва ш.к. ҳолатларда, ҳисоб – китобдан ортиқчи сув миқдорини эҳтиёткорлик учун, юқори бьефдан пастки бьефга ташлаш вазифасини бажаради.

Агар кемалар қатновига мўлжалланган бўлса, у ҳолда тўгонда маҳсус кема ўтказишга мослаштирилган шлюзлар (кема кўтаргичлар) қурилади. Гидроузелда жойлашган бу шлюзларга сув маҳсус каналлар орқали келтирилади ва бу каналларда кемалар, соллар ўтади. Булардан ташқари юкларни ортиш – тушириш, йўловчиларни қуриқлик транспортдан сув йўли транспортга ўтказиш ва аксинча ҳолатларда ҳам фойдаланилади.

Гидроузелъ таркибига кирадиган сув қабул қилгич иншоотлари ва насос станциялари нознергетик истеъмолчиларни уларга ажратилган сув билан таъминлаш вазифасини бажаради.

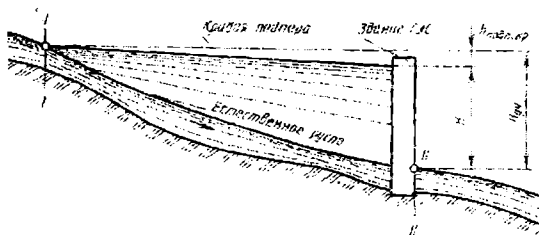
Балиқчилик хўжаликлари иншоотлари – бу балиқ йўллари ва балиқ кўтаргичлар бўлиб, улар гидроузелъ орқали балиқнинг қимматбаҳо навларини балиқлар увилдириқ сочадиган жойга, балиқ химояланадиган иншоотта ва балиқларни сунъий парвариш қилиш жойига ўтказиш вазифасини бажаради. Гоҳо кемалар шлюз орқали ўтаётганида балиқларни сунъий парвариш қилиш жойига ўтказиш вазифасини бажаради. Гоҳо кемлар шлюз орқали ўтаётганида балиқни ҳам бирга ўтказиб юборишади.

Гидроузелъ қисмларининг узаро боғланишини, давлат автомобиль темир йўли билан уланишини таъминлаш мақсадида ҳамда шу йўллارни гидроузелъ устидан ўтказиш учун транспорт иншоотлари, яъни йул, кўприклар ва ш.к. қурилади.

Электр энергиясини ишлаб чиқариш ва уни истеъмолчиларга тақсимлаш учун гидроузел таркибига ҳар ҳил энергетик иншоотлар киради: сув қабул қилгич қурилмаси ва сув узатгичлар бўлиб, улар сувни турбинага юқори бьефдан олиб узатади ва ундан сунг пастки сув узатгич орқали пастки бьефга чиқаради: гидроэлектр станциясининг биноси бўлиб, унда электр гинератори, гидротурбина ва трансформатор жойлашади: ёрдамчи механикавий ва юк кўтариш – транспорт асбоб – ускуналари (кран, лифт, машиналар): бошқариш бўлиб, энергияни қабул қилиш ва тақсимлашга мулжалланган.

13.2. Гидроэлектр станцияларининг асосий схемалари.

Сув оқими энергиясидан самарали фойдаланиш учун, энг аввало, дарё узанининг тор қисмида сув босимининг кескин тушишини ҳосил қилиш керак. Буни амалга ошириш гидроэлектр станция қуриладиган жойни танлаш ва сунгый равишда сув тупланишидан босимлар фарқи ҳосил қила оладиган гидроэлектр станциясининг энг қулай схемасини қурилишига қўллаш йўли билан амалга оширилади. Амалиётда ГЭС қурилишида сув сатҳларини фарқини ҳосил қилиш учун қуйидаги схемалар қўлланилади.



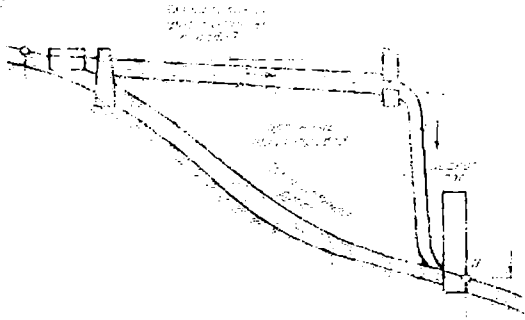
13.1-расм. ГЭС нинг тўгонли схемаси: Н-сув дами; Н_{с.к} урғавилаеттан дарё узани кесимидаги оқимининг эркин сатҳини пасайиши балаандлиги; - дамба ости эгри чизгининг балаандлиги.

Тўгонли схема (13.1-расм). Дарё узанида тўгон қуриш натижасида сув, дамланиб дарё сувининг сатҳини кўтарилиши ҳисобига босимлар ортиб боради.

Ҳосил булган сув омбори ростланадиган сигимга эга бўлади ва у сув тошқинидаги сувларни йигиш ҳамда ундан зарур бўлганида фойдаланиш имконини беради.

ГЭС биноси тўгон танасида жойлашганида, у тўгоннинг бир қисми ҳисобланади (узани схема), тўгон ортида жойлашуви (тўгон ортида схемаси) ҳам мумкин: охири ҳолатдагидек бино қурилас, сув турбинага махсус труба ёки қисқагина сув утказувчи каналлар орқали узатилади. Тўгонли схемага, яъни ГЭС биноси тўгонлида жойлашганларига мамлакатимиздаги Волга, Саратов, Иркутск ва бошқалари мисол бўлса, машина зали тўгон ортида жойлашганларига эса – Красноярск, Нукус, ГЭС киради.

13.2-расм. ГЭС нинг деривацияли схемаси: Н-сув дами; - деривайияли сув йўлида дам исрофи.



Деривацияли схема (13.2-расм).

Дарё сувини, унинг табиий узанидан кичик гидравлик қиялик остида махсус канал (деривация канали) ёрдамида буриб сув босими ортирилади. Бундай схема қўлланилганида суввий (деривация) канали охиридаги сув сатҳи дарё узанидаги нисбатан анча баландда жойлашади.

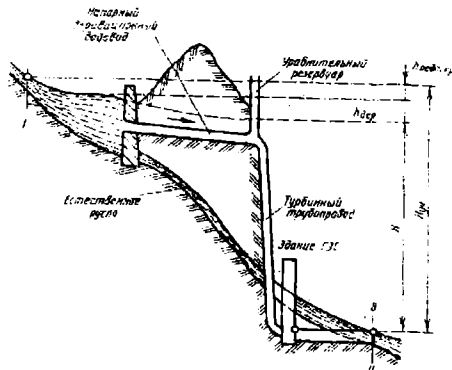
13.3-расм. ГЭС нинг аралаш схемаси: H – сув дами, $H_{с.к.}$ урганилаётган дарё узани қисмидаги оқимнинг эркин сатҳини пасайиш баландлиги; – дамба ости эгри чизигининг баландлиги; – деривация ер ости йулида сув дамининг исрофи.

Деривация сув ўтказгичининг қурилиш турига қараб, гидроэлектр станциясида қўлланиладиган деривация босимли (дамли), босимсиз (дамсиз) бўлади. Сув ГЭС га ёпиқ ер ости ўтказгичи орқали узатиладиган бўлса, бундай деривацияни босимли дейилади, аксинча очиқ узанли канал ёрдамида узатилса, босимсиз деривация деб аталади. Сув босимсиз деривация орқали ГЭС га дарё узанидан олиб узатилганида, босимсиз сув ўтказгич (канал) қўлланилади. Босимли деривация сув ўтказгичдан фойдаланиш мўлжалланганида, дарё узанига тўгон қурилиб, сув омбори ҳосил қилинади. Деривация сув ўтказгичи босимли сув омбори билан уланади, ва у орқали сув ГЭС нинг қувурлари орқали гидротрубинага узатилади.

Деривация схемасидан тоғли жойларда қуриладиган ГЭС да фойдаланиш мақсадга мувофиқ, чунки тоғ дарёларидаги сув миқдори кам бўлсада, гидравлик қиялик катта бўлади. Бундай ҳолатларда унча узун ва кенг бўлмаган деривация сув ўтказгичи ёрдамида каттагина сув дамини (то 1000 м) ва қувватни ҳосил қилиш мумкин.

Деривацияли гидроэлектр станциясига Арманистоннинг Раздан дарёсида қурилган Гюмуш ГЭС мисол бўла олади.

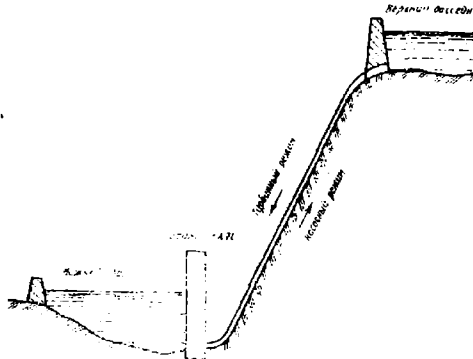
Аралаш схема (13.3-расм). Сув дами дарё узанида қурилган тўгон ва унга уланидиган деривация сув ўтказгичи ёрдамида ҳосил қилинади. Деривация сув ўтказгичи босимли тунел (ер ости сув қувури) ёки дамли қувурдан иборат бўлиб, у тўгоннинг сув омборидан бошланиб, охири тўгон ортидаги турбинага сув узатувчи қувурга уланади. Деривация иншооти (сув ўтказгичи) хусусан дамлисини, гидравлик зарбдан сақлаш вазифасини тенглаштирувчи резервуар (идиш, қул, ҳовуз) бажаради.



(13.3-расм) Аралаш схема

Деривация ва аралаш схемаси буйича турбиналарга сув келтириш усули купроқ тоғ куллари ва дарёларида қурилган ГЭС ларида, улар узаро яқин жойлашганида қўлланилади. Тоғ кулларида йиғилиб қолган сув манбаларидан фойдаланиб ҳам электр энергиясини ишлаб чиқариш мумкин.

Гидроаккумуляторли электр станцияси (ГАЭС). Гидроэлектр станцияларини қуриш имкониятлари чегараланган ва гидроэнергетика бойлигидан етарли даражада фойдаланиб булган жойларда ГАЭС қурилиш мақсадга мувофиқ. ГАЭС унча булмаган сув ҳавзасида ҳам ишлай олади, мана шундай ҳолатларда ишлайдиган бу турдаги электр станциялари, энергетик системадаги зуриқишни камайтиради. ГАЭС лар катта иқтисодий самарадорликка эга.



13.4. расм. Гидроаккумуляторли электр станцияси

ГАЭС лар икки хил тартибда ишлайди: насос ва турбина тартибда, шунинг учун уларни қайтарилувчан хоссасига эга булган гидромашиналар (ҳам насос ва ҳам гидродвигатель бўлиб ишлай оладиган) билан жихозланади, зарур булганида насос ёки гидродвигатель сифатида фойдаланилади. Насос тартибда (13.4-расм) ишлаганида сув

пастки ҳавзадан сурилиб, трубопровод орқали юқори юқори ҳавзага қуйилади. ГАЭС кечаси энергетик системада энергия истеъмоли пасайганида, насос тартибда ишлайди. Бунда ГАЭС умумий энергетик системадан, бошқа турдаги электр станциялари ишлаб чиқараётган энергиядан, истеъмолчи сифатида фойдаланиб, юқори ҳавзага гидроэнергияни тушлайди.

ГАЭС турбина тартибда ишлаганида, юқори ҳавзада йигилган гидроэнергияни (сувни) пастки ҳавзага турбина орқали утказиб, электр энергиясини ишлаб чиқаради. ГАЭС асосан энергетик системада истеъмолчилар ортганида, яъни энергияга талаб жуда ортган соатларда ишлайди.

Булардан ташқари, ГАЭС иссиқлик электр станцияларининг иш тартибини маълум даражада ростлайди ва ҳар бир квт. соат энергияга сарфланадиган ёқилги миқдорини камайтиришга ўз ҳиссасини қўшади. Сув бойликларидаги бундай самарали фойдалана олувчи ГАЭС га мисол қилиб Балаков ГАЭС келтириш мумкин. Саратов ГАЭС, АЭС ва МИЭС (ТЭЦ) – 4 гидроаккумуляторлар станция билан биргалиқда энг катта энергетик комплексни ташкил этади ва электр энергиясига истеъмолчилар томонидан энергияга талаб, яъни тармоқдаги юкланиш (нагрузка) жуда катта бўлганида, системадаги энергия етишмовчилигини тўлдирди.

13.3. Сув сатҳининг кўтарилишидан ишлайдиган электр станциялари.

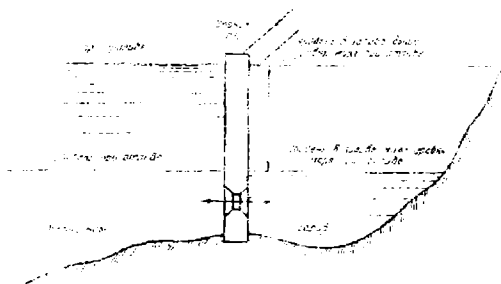
Ой ва қуёш орасидаги ўзаро тортишиш кучлари таъсиридан, ернинг айрим денгиз ва океан қирғоқларидаги сув сатҳининг кўтарилиши 15–20 м етади, лекин қуёш таъсиридан сув сатҳининг кўтарилиши ойникига нисбатан 2,6 марта кичик. Қуёш, ой ва ер бир тўтри чизиқда ётганида сув сатҳининг кўтарилиши кузатилади. Булардан ташқари сув сатҳининг кўтарилиши сайёраларнинг ўзаро жойлашувига, сув сатҳини кўтарилишидан ишлайдиган электр станциясининг географик минтақада жойлашган урнига, қирғоқнинг шаклига, сув остининг рельефига ва унинг чуқурлигига, муз қатламининг мавжудлигига боғлиқ.

Арзон элетр энергиясини ишлаб чиқарадиган, сув сатҳининг кўтарилишидан ишлайдиган электр станцияларини қуриш учун энг қулай топографик шароит (сув ирмоғи унча кенг бўлмаган чуқур қўлтиқлар) ва сув сатҳининг кўтарилиши амплитудаси катта бўлиши керак. Бундай талабга жавоб берадиган соҳиллар саноқли, шунинг учун сув сатҳининг кўтарилиши энергиядан тула фойдаланмасдан қолмоқда.

Сув сатҳининг кўтарилишида ишлайдиган электр станцияларининг ишлаш принципини 13.5 – расмда келтирилган схемадан қараб чиқиш мумкин. Денгиз қўлтиги узидан сув утказгич тешиги булган тўтон билан денгиздан тўсилади: электр станцияси биносига ўрнатилган турбина фақат сув қўлтиқдан денгиз оқиб ўтганида ишлайди. Бу бир ҳавзали сув сатҳи кўтарилишидан ишлайдиган электр станцияси бўлиб, у фақат сув бир томонга ўтганида электр энергисини ишлаб чиқади. Ҳадаги иш жараёни қуйидагилардан ташкил топади: ҳавзани сув қўлтиқдан оқиб чиқишда ишлаб чиқариш, ва яна сув сатҳининг қўлтиқда кўтарилишини кутиш. Сув сатҳининг кўтарилишидан ишлайдиган электр станциялари

(ССКИЭС) нинг бундай схемаларидан фойланилганда, улар фақат сув оқиб чиққанида қисқа вақт давомида ишлаб, сув оқиб келганида ишламайди.

Бир ҳавзали икки томонлама (оқиб кириш ва чиқиш) ишлайдиган ССКИЭС схемаси 13.6- расмда келтирилган. Қултиққа сув тулаётганида қулф-дарвоза 1 ва 3 ҳамда ундан оқиб чиқаётганида 4 ва 2 очилади. Сув оқими фақат бир йуналишда бўлмасдан ва бўлмага оқиб ўтади. Бунда, ССКИЭСларда қайтарилувчанлик хоссосасига эга бўлмаган турбиналар қўлланилади.



13.5-расм. Сув сатҳининг кўтарилишидан ишлайдиган электр станциясининг схемаси.

Баранцев денгизи соҳилида қуввати 1,2 МВт булган Кислогуб тажриба ССКИЭС қурилган. Бу станциянинг соҳилдаги сув сатҳини кутарилиш баландлиги 1,3 дан то 3,9 м етади. Мазкур станцияни қуришда ва уни ишлатишда туланган амалий натижалар ССКИЭС қуриш имкониятни кенгайтиради. Ҳозирги кунда Кольск ярим оролида қуввати 320 МВт булган Лумбовский ССКИЭС, овчилар денгизи соҳилида 9000 МВт булган Тутур ССКИЭС ва Оқ денгиз соҳилида қуввати 1000 МВт булган Мезанский ССКИЭСларини қуриш бўйича ялмий-қидирув ва лойиҳалаш ишлари олиб бориламоқда.



13.6-расм. Бир ҳавзали икки томонлама ишлайдиган ССКИЭС схемаси.

Дунёда биринчи марта 1966 йили Францияда қуввати 240000 кВт шундай электр станцияси ишга туширилган. Бу станциялар стуктурасига маълум соатларда (қисқа вақт давомида) ишлаганлиги сабабли, уларни иссиқлик электр станциялари ёки бошқа турдаги станциялар комплекси қўшиб ишлатиш мақсадга мувофиқ.

А Д А Б И Ё Т Л А Р

1. Алаи С.И. Ежевская Р.А. Антоненко Е.И. Практикум по машиноведению (Под общ.ред.) Р.А.Ежевской – М: Просвещение, 1985.
2. Аршиневский Н.Н. Губин Ф.Ф., Губин М.Ф. и др. Гидроэлектрические станции (под ред. Ф.Ф. Губина и Г.И. Кривченко – М: Энергия, 1980)
3. Башта Т.М. Руднев С.С. Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромашины и гидропроводы О М: Машиностроение, 1982.
4. Долгачев Ф.М. Лейко В.С. Основы гидравлики и гидропровод – М: Стройиздат, 1981.
5. Жабо В.В. Уваров В.В. Гидравлика и насосы – М: Энергоатомиздат, 1984.
6. Кривченко Г.И. Гидравлические машины – М: Энергоатомиздат, 1983.
7. Мажевитинов А.А. Симаков Г.В. Михайлов А.В. и др. Введение в гидротехнику (под ред. А.Л. Можевитинова – М: Энергоатомиздат, 1984.)
8. Пашков Н.Н., Долгачев Ф.М. Гидравлика. Основы гидрологии, – М: Энергоатомиздат 1985.
9. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры – М: Энергоиздат, 1984.
10. Чугаев Р.Р. Гидравлика – Л: Энергоиздат, 1982.
11. Эделью У. Ковшовые гидротрубины – М: Машиностроение, 1980.

Муқаддима

Биринчи қисм. Гидравлика

I – боб. Гидравликага кириш.

- 1.1. «Гидравлика ва гидравлик машиналар» фанининг мақсад ва вазифалари.
- 1.2. Гидравлика тараққиётининг қисқача тарихи.
- 1.3. Суюқликларнинг физикавий хоссалари.

II – боб. Гидростатика асослари.

- 2.1. Суюқликка таъсир этувчи кучлар.
- 2.2. Гидростатик босим ва унинг хоссалари.
- 2.3. Суюқлик мувозанатининг дифференциал тенгламаси.
- 2.4. Гидростатиканинг асосий тенгламаси.
- 2.5. Туташ идишларда суюқлик мувозанати.
- 2.6. Босимни улчам. Абсолют ва манометрик босим. Вакуум.
- 2.7. Ясси текисликда суюқлик мувозанати.
- 2.8. Цилиндрик деворга суюқлик босими.
- 2.9. Жисмларнинг сузиши. Архимед қонуни.
- 2.10. Гидростатика қонунларининг техникада қўлланиши ҳақида мисоллар.

III – боб. Гидродинамика асослари.

- 3.1. Гидродинамиканинг вазифаси. Асосий тушунча ва таърифлар.
- 3.2. Суюқлик сарфи. Урта тезлик. Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси.
- 3.3. Идеал суюқликнинг оқимчаси учун Бернулли тенгламаси.
- 3.4. Реал суюқликнинг элементар оқимчаси учун Бернулли тенгламаси.
- 3.5. Бернулли тенгламасини техникада қўлланилиши буйича мисоллар.

IV – боб. Реал суюқликнинг ҳаракатланиш тартиби. Ухшашликлар критерияси.

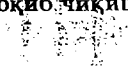
- 4.1. Суюқликнинг ламинар ва турбулент ҳаракати.
- 4.2. Суюқликнинг ламинар ҳаракатида тезликлар тақсимоти.
- 4.3. Суюқликнинг турбулент тартибдаги ҳаракатида тезликлар тақсимоти
- 4.4. Гидродинамик ухшашлик гидродинамик ходисаларни моделлаштириш.

V – боб. Гидравлик қаршиликлар ва дам исрофи.

- 5.1. Гидравлик қаршиликлар турлари. Оқим узунлиги буйлаб ишқаланишда дамни исроф бўлиши.
- 5.2. Гидравлик қаршилик коэффициентининг турли хил таъсирларга боғлиқлиги.
- 5.3. Маҳаллий қаршиликлар ва уларни енгишда суюқлик дамнинг исрофи.

VI – боб. Суюқликнинг катта трубадан оқиб чиқиши.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



- 6.1. Суюқликнинг оқиб чиқиш турлари.
- 6.2. Юпқа девордаги тешикчадан суюқликнинг оқиб чиқиши.
- 6.3. Ташқи цилиндрик калта трубадан суюқликнинг оқиб чиқиши.
- 6.4. Бошқа турлардаги калта трубалардан суюқликнинг оқиб чиқиши.
- 6.5. Суюқликнинг оқиб чиқиш ҳодисаларининг амалда қўлланилиши.
- 6.6. Суюқлик найининг қаттиқ тўсиққа динамик таъсири..

VII – боб. Босимли трубопроводларда суюқлик ҳаракати.

- 7.1. Трубопроводнинг вазифаси ва таърифланиши.
- 7.2. Трубопроводни ҳисоблаш ва лойиҳалашнинг асосий қонун қоидалари.
- 7.3. Содда трубопроводнинг гидравлик ҳисоби.
- 7.4. Ўзгарувчан диаметрли энг содда трубопровод ҳисоби.
- 7.5. Мураккаб трубопроводни ҳисоблаш.
- 7.6. Сифонли трубопровод ҳисоби.
- 7.7. Трубалардаги гидравлик зарб.
- 7.8. Гидравлик зарбни техникада қўлланилиши.

2 – ҚИСМ. ГИДРАВЛИК МАШИНАЛАР ВА ГИДРОЮРИТМА.

VIII – боб. Поршенли насослар.

- 8.1. Поршенли насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.
- 8.2. Насосларнинг асосий иш параметрлари.
- 8.3. Узатиш графикаси. Узатишнинг беқарорлигини камайтириш усуллари.
- 8.4. Поршенли насосларнинг таснифланиши ва асосий конструкциялари.

IX – боб. Роторли насослар.

- 9.1. Роторли насослар таснифи ва уларнинг хусусиятлари.
- 9.2. Тишли насослар.
- 9.3. Винтли насослар.
- 9.4. Пластинкали насослар.
- 9.5. Сув ҳалқали вакуум насослари.
- 9.6. Роторли поршенли насослар.

X – боб. Куракли насослар.

- 10.1. Куракли насосларнинг таснифи.
- 10.2. Марказдан қочма насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.
- 10.3. Куракли насосларнинг асосий тенгламаси.
- 10.4. Марказдан қочма насоснинг тузилиши қуввати, ФИК.
- 10.5. Ўшашликлар назариясини марказдан қочма насосларга қўллаш. Илдамлик коэффиценти.
- 10.6. Уқли насослар.
- 10.7. Уюрмали насослар.
- 10.8. Суюқликни пневматик кутаргичлар. Эрлифтлар.

XI – боб. Гидравлик двигателлар.

- 11.1. Асосий тушунчалар. Гидравлик турбиналари таснифи.
- 11.2. Турбиналарнинг тузилиши ва ишлаш принципи.

- 11.3. Актив турбиналарнинг иш жараёни.
- 11.4. Реактив турбиналарнинг иш жараёни.
- 11.5. Турбиналарни ростлаш.

ХII – боб. Гидроюритма ва гидроузатма.

- 12.1. Асосий тушунча ва таърифлар. Гидроюритма таснифи.
- 12.2. Ҳажмий гидроюритманинг принципиал схемалари ва конструкциялари.
- 12.3. Кузатгичли гидроюритма. Унинг амалий тадбиқи.
- 12.4. Гидродинамик узатишнинг тузилиши, ишлаш принципи ва асосий параметрлари.
- 12.5. Гидродинамик муфтанинг тузилиши, ишлаш принципи ва иш тавсифи.
- 12.6. Гидродинамик трансформаторнинг тузилиши, ишлаш принципи ва иш тавсифи.

ХIII – боб. Гидроэлектр станцияларининг ва гидроиншоотларнинг элементлари.

- 13.1. Гидроэлектрик станцияларнинг асосий иншооти ва асбоб ускуналар.
13. Гидроэлектр станцияларнинг асосий схемалари.
14. Сув сатҳининг кутарилишидан ишлайдиган электр станциялари.

310- буюртма 300 нусха. Ҳажми 8, 8 б.т.
2004 йил 19 октябрда босишга рухсат этилди.
Низомий номидаги ТДПУ Ризографида
нашр қилинди.