

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

**БУХОРО ОЗИК - ОВКАТ ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯСИ
ИНСТИТУТИ**

«МАШИНАШУНОСЛИК» КАФЕДРАСИ

**ГИДРАВЛИКА ВА ГИДРОМАШИНАЛАР ФАНИДАН
Маърузалар матни**

БУХОРО – 2007

Тузувчилар: проф. Сафаров И.И., т.ф.н.З.Ф.Джумаев.

Такризчилар: Бухоро Давлат Университети доц. Жумаев Ж.

“Машинашунослик” кафедраси к.укит.Т.Садуллаева.

Бухоро ОО ва ЕСТИ «Машинашунослик» кафедрасининг 3 июн 2007 - йил баёни № 10 билан Нефт ва газ иши йуналиши талабаларининг фойдаланиши учун услубий курсатма сифатида тавсия этилади.

Бух ОО ва ЕСТИ услубий комиссияси томонидан тасдиқланган. 2007– йил № ___ сонли мажлис баёни.

АННОТАЦИЯ

Ушбу услубий кўрсатма “Нефт ва газ иши” 5540300 йўналиши бакалавр талабалари учун ёзилган бўлиб у иккита бўлимни ўз ичига олади. Услубий кўрсатмада гидравликанинг асосий тушунчалари тенгламалари ва уларнинг гидравлик системаларини хисоблашда тадбик қилиниши хақида маълумотлар берилган. Шу билан бир каторда тест саволлари, дастур ва курс иши топшириклари тўлиқ баён этилган.

Услубий кўрсатма талабалар маъруза дарсларини ўзлаштириш ва курс иши топширикларини бажаришда асосий манба бўлиб хизмат қилади.

МУНДАРИЖА

1 маъруза.....	3
2.маъруза.....	
3 маъруза.....	
4 маъруза.....	
5 маъруза.....	
6 маъруза.....	
7 маъруза.....	
8 маъруза	
9 маъруза.....	
10 маъруза.....	
11 маъруза.....	
12 маъруза.....	
13 маъруза.....	
14 маъруза.....	
15 маъруза.....	
16 маъруза.....	
17 маъруза.....	
18 маъруза.....	
19 маъруза.....	
20 маъруза.....	
VI. АДАБИЁТЛАР.....	111

1. Гидростатика ва гидродинамика булими.

1-Маъруза. Гидравлика фанининг предмети . Суюкликлар механикаси ва гидравлик машиналар яратишда олимларимизнинг қилган ишлар. Суюкликлар тугрисида асосий тушунчалар.

Режа:

1. Гидралика ва гидромашиналар фани нимани урганеди.
2. Суюкликларнинг физик хассалари хақида маълумот.
- 3 .Бу фан соҳасида олимларнинг олиб борган ишлари хақида нималарни тушинасиз.

Суюкликларнинг мувозанат ва ҳаракат қонунларини ҳамда бу қонунларнинг техниканинг турли соҳаларига татбиқ этилишини урганувчи фан гидравлика деб айтилади.

Гидравлика суюкликларда қучларнинг тарқалиши ва бу қучларнинг ҳаракат давомида ўзгариб бориш қонунларини ҳар хил қурималар ва машиналарни ҳисоблаш ҳамда лойиҳалашга татбиқ этиш билан шугулланади.

Гидравлика сузи юнонча суздан олинган булиб (хюдор) – сув (аулос) қувурдаги ҳаракат деган маънони билдиради.

Гидравлика фани икки қисмдан иборат:

“Гидравлика ва гидродинамика” Гидравлика қисмида суюкликларнинг тинч ҳолатдаги қонунлари урганилади. Буни урганишдан мақсад – суюкликларнинг чуқурлиги бўйича ихтиёрий нуқталарда гидростатик босимни ўзгаришини аниқлаш. Гидростатик босимнинг ҳолатдаги суюкликларнинг турли нуқталарида ҳар хил бўлади. Гидростатик босим вақтга боғлиқ эмас, у фақат координаталарга боғлиқ.

$$P = f(x, y, z)$$

Гидродинамикада суюкликлар ҳаракат пайтидаги гидродинамик элементларнинг ўзгариш қонунлари урганилди, бунда суюкликнинг ҳар хил нуқталаридан тезлик ва P босимларнинг, вақт ўтиши билан миқдорлари ҳар хил бўлади.

Бундан ташқари U ва P лар бирон берилган нуқтада t вақт ичида ўзгариши қуйидагига ёзилади.

$$U_x = t_1(x, y, z, t)$$

$$U_y = t_2(x, y, z, t)$$

$$U_z = t_3(x, y, z, t)$$

$$P = t_4(x, y, z, t)$$

Гидродинамика қисми икки бўлимдан иборат. Унинг биринчи бўлимида гидродинамиканинг асосий назарий тенгламалари ёритилган.

I. Узлуксизлик тенгламаси (сув сарфининг баланс тенгламаси)

- II. Д.Бернулли тенгламаси (солиштирма энергиянинг боланс тенгламаси)
- III. Харакат микдорининг гидравлик тенгламаси.
- IV. Суюклик окимининг барқарор текис илгариланма харакатининг асосий тенгламаси.
- V. Узанларда суюклик харакати пайтида ишқаланиш натижасида йукотилган нопор (энергия) тенгламаси.

Гидравлика кисмининг иккинчи булимида эса унинг биринчи булимидаги асосий назарий тенгламаларни хар хил гидротехник иншоотларни гидравлик хисоблашда амалий куллаш усуллари берилади.

Бу фан сифатида мелоддан олдинги 4000 минг бурун Хитой ва Суриядан Кейинрс Юнонистон, Римда сувдан фойдаланиш дарёларида тугонлар, чархпалакли тегирмонлар куришни билганлар.

Гидравлика фанига оид дастлабки кулёзма милоддан аввал (287 – 212 й) яшаган Юнон физик Архимед томонидан ёзилган «Жисмнинг сузиш конунлари» асари. XV асрга келиб италиялик олим Леонардо да Винчи (1452 - 1519) гидравликага тегишли масалалардан янги кашфиётлар ихтиро этган. Булар «Дарё ва узанларда сув харакатини урганиш хамда «Суюкликнинг тешикдан оким чикиши деб номланган»

1612 йилда италиялик физик, механик хамда астраном Гомлео Голилей «Сувдаги жисмнинг харакати» асари ва унинг шогирди Э.Торфигеллининг суюкликларнинг тешикдан окиб чикиши конуни ишлаб чикди.

1650 йилда франсуз математиги Б.Посколь «Ёпик идишдаги суюкликка ташқаридан берилган босим суюкликларнинг барча нукталарига бир хил узгармас микдорда тарқалди» деб аниқлаган, 1687 йилда англиялик олим И.Ньютон суюклик харакатида ички ишқаланиш конуни кашф этди.

Гидравлика фанини ривожланишига асос солган олимлардан Рус олими М.Ламаносов ва Дониел Бернуллиллар узининг «Гидродинамика» китоби билан бутун дунёга машхур булишди. Кейинчалик швейцариялик олим Леонард Эйлер «Суюкликларнинг тинч холати ва харакат пайтидаги холатлари урганиб, суюклик харакатини дифференциал тенгламаларни ишлаб чиккан. Француз математиги Ш.Даланбар суюкликнинг тинч ва харакатдаги холатларини урганган. XVIII асрда келиб асосан Францияга гидравлика ва математика фанлари билан бир каторда техника соҳаси хам ривож топди, суюкликларнинг техник механикаси мактаби ташкил топтирилди. Бу мактабда Х.Пита, А.Шези, Ш.Борда каби йирик олимлар маҳалий каршилиқлар устида ишлаб, шу соҳадаги масалаларни ечимини беришди. Гидравлика фанининг ривожига собик республикалар иттифокидаги олимлардан Н.Пешров, Н.Жуковский, Р.Чугаев, Избаси, Великенов, Бахлемов, Боголонов ва бошқаларни айтиш мумкин.

Жуда кичик кучлар таъсирида уз шаклини узгартирувчи физик жисмлар суюкликлар дейилади. Гидравликада суюкликлар икки группага булинади томчиланувчи ва газсимон суюкликлар. Томчиланувчи суюкликлар бир канча хусусиятгага эга: 1) хажми босим таъсирида жуда кам узгаради; 2) температура узгариши билан хажми узгаради; 3) чузувчи кучларга деярлик

каршилик курсатмайди; 4) сиртида молекулалараро ковушкоклик кучи юзага келади ва у сирт таранглик кучини вужудга келтиради.

Газлар томчиланувчи суюкликларга нисбатан тез харакатланувчи заррачалардан иборат булиб, уларнинг хажми босим ва температура таъсирида тезрок узгаради.

Суюкликлар туташ жисмлар каторига киради ва мувозанат хамда харакат вактида доимо каттик жисмлар: суюклик солинган идиш туби ва деворларига турба хамда каналларнинг деворлари ва бошкалар билан чегараланган булади.

Суюкликларни физик хоссалари хажми бирлигидаги модда огирлиги суюкликларнинг солиштирма огирлиги дейилади формуласи

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

СИ системасида $\frac{H}{M^3}$

Солиштирма огирлик хажми аввалдан маълум булган суюкликларнинг огирлигини улчаш усули билан ёки аро метр ёрдамида аникланади.

Солиштирма хажм огирлик бирлигига тугри келган хажмига айтилади.

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

Суюкликларнинг хажм бирлиги тугри келган тинч холатдаги массаси суюкликнинг зичлиги деб айтилади.

$$P = \frac{M}{V} = \frac{H \cdot C^2}{M^4}$$

суюкликларни ковушкоклик ходисаси суюкликлар харакатланаётганда намоён булади ва заррачаларнинг харакатланиши каршилик курсатади. Суюкликларни ковушкоклиги канча юкори булса бу каршиликни енгиш учун сарфланадиган куч хам шунга катта булади. Ковушкоклик даражаси ковушкоклик коэффиценти деб аталади. Ковушкоклик аникланишига караб икки хил булади динамик ва кинематик ковушкоклик коэффиценти дейилади. Буни И.Ньютон гипотезеси аниклаб берган.

$$F = \pm \mu \cdot s \frac{du}{dy}$$

Пропорционаллик коэффиценти μ динамик ковушкоклик коэффиценти деб кабул килишган.

$$r = \frac{F}{S} = \pm \mu \frac{d^4}{dy}$$

2.Маъруза. Суюкликларни ковушкоклиги аниклаш, ички ишкаланиш тушунчаси. Идеал суюклик ва унинг хусусиятлари.

Режа:

1. Суюкликларни ковушкоклиги деганда маълумот бериш.

2. Идеал ва реал суюкликлар деганда кандай суюкликларни тушунасиш.
3. Суюкликлар тугрисидаги Нютон гипотезаси.

Гидравлика фанида назарий таткилотларини содалаштириш максидида идеал суюкликларда фойдаланилади. Босим ва харорат таъсирида уз хажмини мутлок узгартирмайдиган ёки мутлоко сикилмайдиган «узгармас зичликка эга булган ва ички ишкаланиш кучи булмаган ковшокклиги булмаган суюкликларга идеал суюклик деб айтилади. Табиатда аслида идеал суюклик булмайди, яъни табиатдаги барча суюкликлар реал суюкликдир. Тинч турган суюкликларда уриниш кучланиш булмайди. Харакатдаги суюкликларда эса уринма кучланиш булади, бундай суюкликларнинг ичида ихтиёрий икки катлам бир бирига нисбатан харакатда булганда, бу икки катлам сотхлари орасида ишкаланиш кучи пайдо булади, натижада ички уринма кучлар мувозанатлашди.

Демак 1) тинч холатдаги суюкликлар урганилаётганда суюкликларни идеал ва реал турларига ажратиш зарурати йук, чунки тинч холатдаги хар кандай суюкликда урунма кучланиш булмайди.

2) Реал суюкликларнинг харакати урганилаётганда ишкаланиш кучини, яъни ковшокклигини эътиборга олиш шарт, чунки ковшокклик харакатдаги реал суюкликнинг асосий хоссаси хисобланади.

Суюклик окувчанлик хусусиятига эга булиш у кандай шаклдаги идишга куйилса, уша идиш шаклини олади, яъни узининг баркарор шаклига эга эмас. Бунинг сабаби шундаки, суюкликнинг тинч холатида уринма кучланиш булмайди

Реал суюкликлар харакатланган пайтда унинг ички катламлари (сув билан сув катламлари сатхлари ва сув билан девор сатхлари) орасидаги сатхда ички ишкаланиш кучлари хосил булиб бу катламларнинг бир-бирига нисбатан силжишига каршилик килади.

Суюклик катламларининг орасидаги сатхда ишкаланиш кучини енгишга, яъни катламларнинг узаро силжишига сарф булган куч ковшокклик (ёки ички гидравлик ишкаланиш кучи) дейилади.

бу ерда T – таёсир этаётган ички ишкаланиш кучи ds – икки катлам орасидаги элементар сотих; μ – динамик ковшоклик коэффиценти. $\frac{du}{in}$ –

тезлик

Демак ички ишкаланиш кучи тезлик градиспютига тугри пропорционал.

Агар юкоридаги формулани ds юзига ----- бирлик юзадаги ишкаланиш кучини топамиз.

$$\tau = \mu \frac{du}{du}$$

Гидравликада μ - гидродинамикада, динамик ковшоклик коэффиценти дейилади.

Кишилик ковушкоклик коэффиценти динамик ковушкоклик коэффицентининг шу суюклик зичлигига нисбати булиб у V харфи билан белгиланди.

$$V = \frac{\mu}{P}$$

ковушкоклик суюкликларнинг физик хоссасига ва унинг хароратига боглик холда узгаради.

Гидравликанинг амалда кулланилиши учун Гидродинамиканинг иккинчи булимида биринчи булимидаги назарий тингламалар кулланилиб хар хил гидротехник иншоотларни гидравлик хисоблаш ишлари бажарилади. Бунда асосан кувурда ва очик ----- харакатланаётган суюкликларни шунингдек ер ости сувларини харакатини ва суюкликларнинг тешиklar оркали окиб чикиши гидравлик опператлар ёрдамида урганишлари Гидравлика техниканинг ривожланишига шахар ва кишлокларни сув ва газ билан таъминлаш шахарларни катализация ва бошка камуникацияларни яхши ишлашини таъминлаш учун ишлатилди. Хозирги кунда куп каватли уйларни иситиш системалари хам гидравликани асосида хисоблашлар кишилари ва лойихаланади.

Ковушкоклик ходисаси суюкликлар харакатланаётганда номоён булади ва заррачаларнинг харакатланишига каршилик курсатади. Ковушкоклик канча юкори булса бу каршиликни енгиш учун сарфланадиган куч хам шунча катта булади. Ковушкоклик даражаси ковушкоклик даражаси *ковушкоклик коэффиценти* дейилади. Аниклаш усулига караб *динамик* ва *кинематик ковушкоклик* коэффицентлари дейилади.

Суюкликни юзаси катта булган идишга солиб ,унинг юзига бирор пластинка куйсак ва бу пластинкани маълум бир куч билан торта бошласак суюклик заррачалари пластинка сиртига ёпишиши натижасида харакатга келади.Агар пластинканинг F -куч таъсирида олган тезлиги u булса у билан ёнма-ён турган заррачалар хам u тезликка эга булади .

Суюклик сиртидаги пластинкага куйилган куч канча катта булса силжиш шунча куп булади .Бу эса куйилган куч билан тезлик градиенти орасидаги богланишни курсатади. Шундайкилиб суюкликдаги ички ишкालаниш кучи тезлик градиентига боглик .

1686 йили И.Ньютон ана шу богланишни чизикли богланишдан иборат деган гипотезани олдинга сурди. Бу гипотезага асосан суюкликнинг икки харакатланувчи катламлари орасидаги ишкालаниш кучи F катламнинг тегиб турган сирти S га ва тезлик градиенти $\frac{\partial u}{\partial y}$ га пропорционал ,яъни

$$F = \pm \mu * S \frac{\partial u}{\partial y} ,$$

Пропорционаллик коэффиценти μ динамик ковушкоклик коэффиценти деб кабул килинган.

Ковушкоклик коэффициентини бирлиги СИ системада. $[\mu] = \frac{[t]}{\frac{\partial u}{\partial y}} = \frac{Нс}{\rho}$;

Ковушкоклик коэффициентини аниқлаш учун вискозиметрдан фойдаланилади. Ковушкокликлиги сувга нисбатан катта булган суюкликлар учун Энглер вискозиметри ишлатилади. У бирининг ичига иккинчиси жойлашган иккита идишдан иборат булиб улар орасидаги бушлик сув билан тулдирилган. Ички идишнинг сиферик тубига диаметри 3 мм булган найча кавшарланган булиб у тикин билан беркитилган булади.

Ички идиш текширилаётган суюклик куйилиб унинг температураси икки идиш оралигида сувни иситиш йули билан керакли температурага етказилади. Текширилаётган суюкликнинг ва $t = 20^0С$ да дистилланган сувнинг оқиб чиққан вақтларининг нисбати ковушкокликнинг шартли градуслари ёки Энглер градусларини билдиради:

$${}^0E = \frac{T_{суюк}}{T_{суб}};$$

Энглер градусидан $\frac{M^2}{c}$ га утиш учун Уббелоденинг эмприк формуласидан фойдаланилади. $v = (0,0731^0E - \frac{0,0631}{^0E})10^{-4} M^2 / c$.

Ковушкокликни аниқлаш учун капилляр вискозиметр, ротацион вискозиметр, стокс вискозиметри ва турли вискозиметрдан фойдаланилади. Ковушкоклик суюкликларнинг турига температурасига ва босимига боғлиқ. Температура ортиши билан томчиланувчи суюкликларнинг ковушкокликлиги камаяди, газларники эса ортади.

Турли суюкликларнинг ковушкокликлиги бошлангич ковушкоклик ва температурага қараб турлича узгаради. Қупинча суюкликларнинг ковушкокликлиги босимнинг кутарилиши билан ортади.

2) Суюкликлар харакатини текширишда, одатда, хамма кучларни хисобга олишнинг иложи булмагани учун суюклик мувозанат ҳолатига ёки харакатига таъсири катта булган кучлар олинади ва шу усул билан суюкликлар учун идеал ва реал суюкликлар модули тузилади. Идеал суюклик деб, босим ва ҳарорат таъсирида уз ҳажмини мутлоқо узгартирмайдиган ёки мутлоқо сикилмайдиган, узгармас зичликка эга булган ва ички ишқаланиш кучи булмаган ковушкокликлиги булмаган суюкликларга айтилади. Аслида ҳар қандай суюклик босим ёки ҳарорат таъсирида уз ҳажмини бир оз булса хам узгартиради, уларда ички ишқаланиш кучлари булади. Демак табиатда идеал суюклик булмайди. Харакатдаги суюкликларда эса уринма кучланиш булади, бундай суюкликнинг ичида ихтиёрий икки қатлам бир-бирига нисбатан харакатда булганда бу икки қатламсатхлари орасида ишқаланиш кучи пайдо булади, натижада ички урунма кучлар мувозанатлашади.

1) тинч холатдаги суюкликлар урганилаётганда суюкликларни идеал ва реал турларига ажратиш зарурати йук, чунки тинч холатдаги хар кандай суюкликда урунма кучланиш булмаиди.

2) Реал суюкликларнинг харакати урганилаётганда ички ишкаланиш кучини ,яъни ковушкоклигини эътиборга олиш шарт чунки ковушкоклик харакатдаги реал суюкликнинг асосий хоссаси хисобланади.

Реал суюкликлар харакатланган пайтда унинг ички катламлари (сув билан сув катламлари сатхлари ва сув билан девор сатхлари) орасидаги сатхда ички ишкаланиш кучлари хосил булиб бу катламларнинг бир-бирига нисбатан силжишига каршилик килади. *Суюклик катламларининг орасидаги сатхда ишкаланиш кучини энгишига ,яъни катламларнинг узаро силжишига сарф булган куч ковушкоклик (ёки ички гидравлик ишкаланиш кучи)дейилади.*

3.Маъруза.Гидростатик босим ва унинг хоссалари.Тинч холатдаги суюкликнинг асосий дифференциал тенгламаси.

Режа.

1. Гидростатик босим ва унинг хоссалари.
2. Тинч холатдаги суюкликлари асосий дифференциал тенгламаси.
3. Куч бирликларини кандай изохлайсиз.
4. Гидростатиканинг асосий тенгламасини тушунтиринг.

Гидростатика – гидравликанинг суюкликлар мувозанат конунларини урганадиган булимдир. Бу конунларни урганиш суюкликлар оркали кучларни узатиш билан боглик масалаларни хал килишда мухим ахамиятга эга,бундан ташкари гидростатика суюкликларга тулик ёки кисман ботирилган каттик жисмнинг мувозанат конунларини урганади.

Суюкликларга таъсир килувчи кучлар куйилиш усулига караб ички ва ташки кучларга булинади.

Ташки кучлар – суюклик ка бошка жисмларнинг таъсирини ифодалайди (масалан суюклик солинган идиш деворларининг таъсири ,очик юзага таъсир килаётган хаво босими ва хоказо).

Ички кучлар-суюклик заррачаларнинг узаро таъсири натижасида вужудга келади.

Ички кучлар силжитувчи кучларга курсатиладиган каршилик сифатида номоён булади ва *ички ишкаланиш кучи* деб аталади.Ташки кучларни юза буйича таъсир килувчи кучлар сифатида куриш мумкин .Шунинг учун суюкликларга таъсир килувчи кучлар сирт буйича ёки хажм буйича таъсир килишига караб сирт кучларига ва масса кучларига булинади.

Сирт кучлар—курилаётган суюкликнинг сиртига таъсир килувчи кучлардир. Бунга босим кучи, сирт таранглик кучи, ички ишкаланиш кучи ва суюклик солинган идиш деворининг реакция кучлари киради.

Ички ишкаланиш кучи суюклик харакат килган вақтда хосил булади ва ковушкоклик хусусияти юзага келади.

Масса кучлар —курилаётган суюкликнинг хар бир заррасига таъсир килади ва унинг массасига пропорционал булади. Гидравликада масса кучлар, массанинг хажмга нисбатини ифодаловчи, бирлик массага таъсир килувчи кучлар сифатида ифодаланеди.

Суюкликларга таъсир килувчи асосий кучлардан бири гидростатик босимдир. Курилаётган S юзага таъсир килувчи P куч гидростатик босим кучи ёки *гидростатик куч* дейилади. P куч иккала қисмига нисбатан ташки куч, бутун хажмга нисбатан эса ички куч хисобланади. P кучнинг S юзага нисбати уртача гидростатик босим деб аталади.

$$P = \frac{P}{S}$$

Агар S юзани кичрайтириб бориб нолга интилсак ($S \rightarrow 0$) P урт бирор чегара кийматга интилади.

$P = \lim_{S \rightarrow 0} \frac{P}{S}$ Бу киймат A нуктага таъсир килаётган босимдан иборат булади

ва у гидростатик босим дейилади. Тинч турган суюкликдаги босим иккита асосий хоссага эга: биринчи хосса—гидростатик босим узи таъсир килаётган юзага нормаль буйича йуналади.

Иккинчи хоссаси —гидростатик босим, у таъсир килаётган нуктада ҳамма йуналишлар буйича бир хил кийматга эга. Буни исботлаш мумкин эмас.

2). Босимни улчаш учун техникада куйидаги бирликлар ишлатилади:

1) Куч бирликларининг юза бирликларига нисбати билан $\frac{H}{m^2}$; $\frac{кГ}{m^2}$;

$$\frac{кГ}{см^2}; \text{ ПА (Паскаль)} = \frac{H}{m^2}.$$

2). Суюклик устунинг баландликлари билан мм сув устунни, мм симоб устунни.

3). Кучнинг бирор микдорининг юза бирликлари маълум микдорига нисбати ёки суюклик устунининг маълум сонлари билан улчанади.

Мувозанат ҳолатдаги суюкликларга босим ва огирлик кучлари таъсир килади. Босим суюклик эгаллаган хажмнинг хар хил нуктасида хар хил кийматга эга шунинг учун босимни x, y, z координаталарининг функцияси деб қараймиз. Огирлик кучининг проекциялари $\rho X dV, \rho Y dV, \rho Z dV$, булсин, яъни

$$G = \{\rho X dV, \rho Y dV, \rho Z dV\}.$$

Ох уқ йуналишда элементар хажмнинг u_{Ox} текисликда ётган сиртга P га тенг, унга параллел булган сиртга $P + \frac{\partial P}{\partial X} dX$, га тенг босимлар таъсир килади.

Бу сиртларга таъсир килувчи босим кучлари эса узаро $pdy * dz$ ва

$(P + \frac{\partial P}{\partial X} dX)dy * dz$ га тенг. Олинган элементлар ОХ уки буйича мувозанатда булиши учун, шу ук буйича йуналган кучлар йигиндиси нолга тенг булиши керак

$$pdy * dz - (p + \frac{\partial p}{\partial x} dx)dy * dz + \rho X dx * dy dz = 0$$

Худди шунингдек Оу уки буйича хОу текиликда ётувчи сиртга $PdX dZ$, унга параллел булган сиртга эса

$$(p + \frac{\partial p}{\partial y} dy)dx * dz \text{ кучлар таъсир килади.}$$

Шунинг учун элементар хажмининг Оу уки буйича мувозант шarti куйидагича булади;

$$pdx * dz - (p + \frac{\partial p}{\partial y} dy)dx * dz + \rho Y dx * dy * dz = 0 .$$

Шунингдек Оz уки буйича $pdx * dy + (p + \frac{\partial p}{\partial z} dz)dx * dy$ куч таъсир килади ва унинг мувозант шarti куйидагича булади;

$$pdx * dx - (p + \frac{\partial p}{\partial y} dz)dx * dy + \rho * Z dx * dy * dz = 0 .$$

Ухшаш микдорни кискартириб ва колган хадни dx, dy, dz га булиб куйидаги тенгламалар системасини оламир:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \rho X \quad , \quad \frac{\partial p}{\partial y} = \rho Y \quad , \quad \frac{\partial p}{\partial z} = \rho Z \quad , \quad \text{Гидростатик босимнинг бирор}$$

кордината укидаги узгариши зичлик билан бирлик огирлик кучининг шу ук йуналишидаги проекцияси купайтмасига тенг экан яъни мувозанатдаги суюкликларда босимнинг узгариши масса кучларига боглик.

2). Гидростатиканинг асосий тенгламаси.

Тинч турган идишдаги суюликни караймир. Бу суюликка огирлик кучи таъсир этади. Координата укларини шундай йуналтирамизки Оz уки вертикал юкорига йуналган булсин. Ухолда масса кучларининг координата системасидаги проекциялари куйидагича булади; $X=0, Y=0, Z=-g$.

Гидростатик босим p, суюликнинг эркин сиртидаги босим P эркин сирт хОу текилигидан z масофада жойлашган булсин. У холда Эйлер тенгламаси куйидагича булади: $\frac{\partial p}{\partial x} = 0, \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho * g$.

Бу тенгламалардан босимнинг Ох ва Оу координаталарига боглик эмаслиги келиб чикади. У холда куйидагича булади. $dp = -\rho g dz$.

Охирги тенгламани эркин сиртдаги А нуктагача булган оралик учун интегралламир ва куйидаги тенгламани оламир;

$p - p_0 = -\rho g(z - z_0)$. $z - z_0$ нинг киймати h га тенг булгани учун, сунгги тенглама куйидагича ёзилади;

$$p = p_0 + \rho gh \quad \text{ёки} \quad p = p_0 + \gamma h.$$

Бу гидростатиканинг асосий тенгламаси дейилади ва у суюкликнинг ихтиёрий нуктасидаги босимни суюклик турига караб ва олинган нуктанинг эркин сиртдан кандай масофага эканлигига караб аникланади.

Гидростатиканинг асосий тенгламаси ; суюклик ичидаги ихтиёрий нуктадаги босим p суюклик эркин сиртидаги p билан шу нуктадаги суюклик устуни босими нинг йигиндисига тенг.

4-Маъруза. Босими тенг сиртлар. Суюкликларда босимнинг узатилиши. Паскаль конуни. Гидростатик машиналар.

Режа.

1. Босими тенг сиртлар деганда нимани тушунилади
2. Суюкликларда босимни узайтирилиши.
3. Паскаль конуни.
4. Гидростатик машиналар ва уларнинг ишлатилиши.

Эйлер тенгламаларини интеграллашда уларнинг кулай шаклга келтириш учун хар бир тенгламасини dx , dy , dz ларга тегишлича куйайтирамиз ва уларни хадма хад кушиб чикамиз:

$$\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = \rho(Xdx + Ydy + Zdz) .$$

Бу тенгламанинг чап томони босимнинг тулик дифференциалини беради, шунинг учун: $dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz)$.

Хосил булган тенглама босим суюклик турига ва фазонинг нукталари координаталарига боғликлигини курсатади ва босимнинг ихтиёрий нуктадаги кийматини топишга ёрдам беради. Бу тенглама томчиланувчи суюликлар учун хам газлар учун хам уринли булиб ,газлар учун татбик килинганда газнинг холат тенгшламалари билан биргаликда ва хамма нукталарда босим бир хил булган сиртни топиш мумкин ва бу сиртлар босими тенг сиртлар дейилади. Шунинг учун босими тенг сиртлар тенгламаси куйидагича булади; $Xdx + Ydy + Zdz = 0$.

Босими тенг сиртлар хусусий холда суюликнинг эркин сирти булиши мумкин. Суюкликнинг девор билан чегараланмаган сирти эркин сирт дейилади.

2). Идишда тинч турган суюкликка факат огирлик кучи таъсир килади.У холда бирлик массанинг проекциялари: $X=0, Y=0, Z=-g$, булади.Бу кийматларни куйсак; $gdz = 0$ га эга буламиз.

Уни интегралласак; $gz = \text{const}$ булади ва горизантал тексликнинг тенгламаси булади. Шундай кидлиб тинч турган суюкликлар учун хар кандай горизантал текислик босими тенг сиртдан иборат. Унинг хаво билан чегараланган сирти хам горизантал булиб, у эркин сирт булади. Эркин сиртда босим P эканлигини хисобга олиб гидростатиканинг асосий тенгламаси хосил булади:

$$p = \gamma * h + p_0.$$

2) Суюкликларда босимнинг узатилиши. Паскаль конуни.

Суюклик солинган ва огзи поршень билан ёпилган идиш оламиз. Суюклик эркин сиртидаги босим P булсин. У холда бирор А нуктадаги абсолют босим $P_A = P_0 + \gamma h_A$ га, В ва С нукталарда эса $P_B = P_0 + \gamma h_B$; $P_C = P_0 + \gamma h_C$ га тенг булади. Агар поршенни ΔL масофага силжитсак у холда эркин сиртдаги босим ΔP га узгаради. Суюкликнинг солиштирма огирлиги босим узгариши деярик узгармайди. А, В, С нукталардаги босим куйидагича булади; $P_A^1 = P_0 + \Delta P + \gamma h_A$; $P_B^1 = P_0 + \Delta P + \gamma h_B$; $P_C^1 = P_0 + \Delta P + \gamma h_C$.

Бу холда босимнинг узгариши хамма нукталар учун бир хил; $P_A^1 - P_A = \Delta P$; $P_B^1 - P_B = \Delta P$; $P_C^1 - P_C = \Delta P$; Бундан куйидаги хулоса келиб чиқади: суюкликка ташкаридан берилган босим суюкликнинг хамма нукталарига бир хил микдорда тушади ва бу Паскаль конуни дейилади.

Паскаль конунини техникада кулланиши.

Гидростатиканинг асосий конунлари асосида ишлайдиган машиналар гидростатик машиналар деб айтилади. Уларда босимнинг узатилиши конуни (Паскаль конуни) мухим рол уйнайди. Бу машиналарга гидропресслар, гидроаккумуляторлар, домкратлар ва бошқалар киради.

Гидропресслардан гидростатика конуни асосида катта кукларни хосил килиш учун фойдалинилади. Бу нарса пресслаш, штамплаш, болгалаш, материалларни синаш ва бошка ишлар зарур.

ОАВ ричагнинг В учига Q куч куйилган булсин, у холда куч моменти учун куйидаги тенгламани оламиз:

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

Бу тенгламадан кичик поршень остидаги суюклик босими куйидагига тенг

булади; $P_1 = \frac{a+b}{a} Q$. У холда кичик поршень остидаги суюклик

босими куйидагига тенг булади: $p = \frac{P_1}{S_1} = \frac{a+b}{a} \frac{4Q}{\pi d_1^2}$.

Катта поршень остидаги босим эса

$p + \gamma h = \frac{a+b}{a} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h$, бу ерда h -поршенлар остки сиртлари орасидаги

геометрик масофа. Натижада катта поршенга таъсир килувчи куч куйидагича топилади;

$$P_2 = (p + \gamma h)S_2 = \left(\frac{a+b}{a} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h\right) \frac{\pi d_2^2}{4} .$$

Куп холларда гидростатик босим жуда катта булгани учун γh ни ҳисобга олмаса ҳам булади, яъни;

$$P_2 = \frac{a+b}{a} \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 Q .$$

Гидропрессларда суюкликнинг поршень ва цилиндрлар орсидан сизиб утиши , туташтирувчи турбалардаги каршилиқ кучи юкорида келтирилган назарий ҳисобдан фарқ килади ва у куйидагича булади;

$$P_2^1 = \frac{a+b}{a} \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 Q \eta \quad \text{бу ерда } \eta\text{-юкорида айтилган хатоликларни ҳисобга}$$

олувчи коэффиценти деб аталади.

Ёпишкоклик кучи икки оралик катламнинг тезроқ ҳаракатланаётганини тухташга ва секинроқ ҳаракатланаётганини тухтатишга ва секинроқ ҳаракатланаётганини тезлатишга интилади (каттик жисмлар орасидаги сирпаниш ишкалишидаги каби.)

Ёпишкоклик коэффиценти калинлиги 1 см ва юзаси 1 см² булган суюклик катлами ичида устки катламни остки катламга нисбатан 1 см/сек тезлик билан ҳаракатлантириши учун неча дона куч кераклигини курсатади. Ёпишкоклик бирлиги 1 дан – сек/см² ёки, худди шунинг узи, 1 г – см/сек пуаз деб аталади.

Суюклик ва газларнинг ёпишкоклигини улчаш учун ишлатиладиган асбоблар вискозиметрлар деб юритилади. Ёпишкокликни аниқлаш учун куйидагилар кузатилади: суюкликнинг ингичка капилляр найчада (Пинкевич вискозиметри) оқиши; ораларига ёпишкок мухит тулдирилган икки цилиндрнинг бир – бирига нисбатан айланиши (Воларович вискозиметри); ёпишкоклик мухитда шарчанинг тушиши.

Ёпишкоклик коэффиценти, тажриба курсатишича, температурага боғлиқ булиб, турли моддалар учун жуда кенг чегарада узгаради. Куйида баъзи суюк ва газсимон моддаларнинг 18⁰ С даги ёпишкоклик коэффицентилари (пуазларда) келтирилган:

Хамма жойда кесими бирдек булган горизонтал найда суюклик тургун оқаётган булса, оким кесимининг най деворидан энг узок ётган нукталарида тезлик энг катта булади. Найнинг деворига бевосита тегиб турган суюклик заррачалари кузгалмайди.

Тажрибадан аниқланишича, турбулент оким вақтида тезлик шу тезлик текшириляётган жойдан деворгача булган масофанинг тақрибан еттинчи даража илдизига пропорционал.

$$v_x = K \sqrt[7]{r-x}$$

(девор гадир – будур булганда илдиз даражаси камроқ, масалан олти ёки бешинчи булади). Суюкликнинг деворига бевосита ёпишган бир молекулали катлами турбулент окими вақтида ҳам тинч қолади.

Амалиёт учун суюкликнинг найда уртача оқиш тезлиги муҳим аҳамиятга эга. Афтидан, найнинг S кундаланг кесимидан 1 секундда оқиб утаётган суюклик микдори Q уртача оқиш тезлиги билан кундаланг кесим юзасининг кўпайтмасига тенг: $Q = v \cdot S$

Гаген (1839й) ва ундан хабарсиз Пуазель (1841 й) тажриба йули билан суюкликларнинг найларда оқиш тезлигини урганиб, суюкликнинг най буйлаб уртача ламинар оқиш тезлиги най узунлик бирлигида босимнинг тушуви билан най радиусининг квадратига пропорционал ва ёпишқоклик коэффициентига тесқари пропорционал эканлигини аниқлади:

$$v = \frac{\rho_1 - \rho_2}{l} \cdot \frac{r_2}{8\eta}$$

$Q = v \cdot S$ ва думалок най учун эса $S = \pi r^2$ эканлигидан фойдаланиб, Гаген – Пуазель қонуни қуйидаги қурилишда ёзиш мумкин:

$$Q = \frac{\rho_1 - \rho_2}{l} \frac{\pi r^3}{8\eta}$$

Пуазель қонуни назарий йул билан Ньютон тенгламаси (3) дан келтириб чиқариш ҳам мумкин.

Турбулент оқимида оқиш тезлиги босим тушувининг биринчи даражасига эмас, балки босим квадрат илдизига тугри пропорционал.

Шези формуласини исталган кесимдаги қувурлар ва очик тармоқлар учун тадбиқ этиш мумкин; бу ҳолда юқорида келтирилган Шези формуласидаги қувур радиуси (r) ни гидравлик радиуси деб аталган ва оқим кундаланг кесими юзасининг «хулловчи периметрга» (очик оқим учун эркин юза кенглиги хулловчи периметр таркибига қирмайди) нисбатидан иборат булган r_h билан алмаштириш лозим.

Суюкликнинг найда оқишини белгилайдиган иккита ҳар хил қурилишдаги қонунлар (Пуазель қонуни ва Шези формуласи) билан иш қурмаслик учун баъзида Шези формуласидан фақат турбулент оқимнигина эмас, балки ламинар оқимни текшириш учун ҳам фойдаланилади. Бу йул ламинар оқим учун оқишга қўрсатиладиган қаршилик коэффициенти

$$\lambda = \frac{16\eta}{\rho r v}$$

деб қабул қилинганда тугри натижага олиб келиши мумкин. (λ нинг бу қийматини Шези формуласига қуйганда Шези формуласи Пуазель қонунига айланиб кетишига ишонч ҳосил қилиш қийин эмас). Демак ламинар оқим учун қаршилик коэффициенти тезлик ортиши билан қамая борад экан; турбулент оқим учун λ тезликка деярли боғлиқ эмас.

Агар бирор қонкрет ҳол ёпишқоклиги қам булган суюкликнинг (масалан сув ёки газларнинг) ҳақиқий оқишини ёпишқоклик мутлақо булмаган модданинг, яъни идеал суюкликнинг оқиши билан таққосласак, юқорида айтилганидек, ҳақиқий оқиш манзараси (уюрмалар ҳосил булганлиги учун) идеал суюкликнинг оқиш манзарасидан бутунлай фарқ қилади. Бирок бу ерда асосий фарқ суюкликларда уюрмалар мавжудлигида эмас; идеал суюкликларда ҳам уюрмалар мавжуд булибгина қолмай, улар ёпишқоклигига қичик суюкликлардаги уюрмаларга ухшайди (фарқ фақат

шундаки, биринчи холда улар абсолют тургун булса, иккинчи холда улар аста – секин тормозланадилар ва натижада уларнинг энергияси молекуляр иссиклик харакат энергиясига айланади).

Асосий фарк уюрмаларни юзага чиқарувчи шароитлардадир: ёпишқоклигидир энг кичик суюкликда маълум харакат тезликларида уюрмалар хосил булса, идеал суюкликларда улар юзага чикмаган булар эди. Бинобарин, ёпишқоклик канчалик кичик булмасин, каттик жисмни айланиб окувчи суюклик окимида ёпишқоклик каттарок (эффektiv) таъсир курсатадиган жойлар булади. Афтидан, факат бир – бирига жуда якин катламларнинг тезликлари катталиқ жихатдан кескин фарк киладиган, тезлик градиенти жуда ката ва шунинг учун ишқаланиш кучи хам катта булган жойлар анна шундай соха булиши мумкин. Юкорида айтилганларидан масаланинг асл мохияти суюклик чегара катламининг, яъни суюклик айланиб оқаетган жисмнинг сиртига тегиб турган катламнинг табиатига боглик деган хулоса чиқади.

Идеал суюклик каттик жисмнинг сирти буйлаб сирпаниши керак эди. Хакикатда эса реал суюкликнинг заррачалари жуда юпка (мономолекуляр

Катлам холида каттик жисм сиртига ёпишиб олиб, суюклик окимида кузгалмай колади. Иккинчи томондан, суюкликнинг ёпишқоклиги кичик булганда, суюклик айланиб оқаетган жисмнинг сиртига тегиб турган катламнинг табиатига боглик деган хулоса чиқади.

Идеал суюклик каттик жисмнинг сирти буйлаб сирпаниши керак эди. Хакикатда эса реал суюкликнинг заррачалари жуда киска масофа айланиб оқаетган каттик жисм сиртидан жуда киска масофалардаёк окиш тезлиги идеал суюкликнинг окиш тезлигига деярли тенг булади.

Тулик босим кучини ва унинг йуналишини аниқлаш

Тулик босим кучи вектор катталиқ булиб, у горизонтал P_x ва вертикал P_y ташкил этувчиларнинг вектор йигиндисидан иборат:

$$\vec{P}_{OPT} = \vec{P}_x + \vec{P}_y .$$

Юкорига келтирилган формулалар буйича горизонтал ташкил этувчининг катталиги

$$P_x = \gamma \times S_y \times h_0 ;$$

вертикал ташкил этувчининг катталиги

$$P_y = \gamma \times W$$

формулалар ёрдамида хисобланади. Тулик босим кучи эса унинг катталиги ва йуналиши билан ифодаланади. Цилиндрлик сиртга тушадиган босим кучининг катталиги векторларни кушиш коидасига асосан горизонтал ва вертикал ташкил этувчилар оркали куйидагича топилади:

$$P_{OPT} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} .$$

Демак, цилиндрлик сиртга тушадиган босим унинг ташкил этувчилари P_x ва P_y квадратларининг йигиндисидан олинган илдизга тенг. Цилиндрлик

сиртга тушадиган босимнинг йуналиши куйидаги формулалар билан аникланади:

$$\cos \alpha = \frac{P_x}{P_{OPT}} \text{ еки } \sin \alpha = \frac{P_y}{P_{OPT}}.$$

Кучнинг куйилиш нуктаси график усулда топилади ва куч йуналиши билан эгри сирт кесишган нуктада булади. Бунда α -куч йуналиши билан горизонтал орасидаги бурчакдир.

Техник гидродинамика асослари

Гидравликанинг суюкликлар харакати конунлари ва уларнинг харакатланаётган ёки харакатсиз каттик жисмлар билан узаро таъсирини урганувчи булимига гидродинамика дейилади.

Харакатланаётган суюклик вакт ва координата буйича узгарувчи турли параметрларга эга булган харакатдаги моддий нукталар тупламидан иборат. Одатда, суюкликни узи эгаллаб турган фазони бутунлай тулдирувчи туташ жисм деб каралади. Бу деган суз текшириляётган фазонинг исталган нуктасини олсак, шу ерда суюклик заррачаси мавжуд демакдир. Гидростатикада асосий параметр босим булса, гидродинамикада эса босим ва тезликдир.

5-маъруза: Суюкликда жисмларнинг сузиш конуни. Архимед конуни. Суюклик харакатини кинематикаси.

Режа.

1. Суюкликларда жисмларнинг сузиш конуни.
2. Архимеднинг утказган тажрибаси.
3. Суюкликларнинг харакатга келиши ва уларга ташки кучлар таъсири.
4. Гидравликанинг узлуксизлик тенгламаси.

1. Жисмларнинг суюклик сатхида сузиш назарияси бизга аввалдан эрамиздан 287 – 212 йил илгари маълум булган Архимед конунига асосланган. Бу конун куйидагича Сувга ботирилган жисмга сув томонидан итарувчи (кутарувчи) куч таъсир этади. Бу куч пастдан юкорига вертикал йуналган булиб, у куч жисм сикиб чикариш суюкликнинг огирлигига тенг. Сувга бутунлай ботирилган хар кандай ихтиёрий шаклдаги жисмни окиб, суюклик кандай куч Билан уни ташкарига итариб чикаришни аниклаймиз.

Сувга бутунлай ботирилган ихтиёрий шаклдан жисмнинг кундалик кесимининг майдонини жуда кичик элементар параллелопипедларга буламиз. Бу параллелопипедларнинг устки ва пастки томонларининг элементар юзаларини текис ва бир хил деб оламиз. У элементар юзларининг майдонини ΔW булсин. У холда хар бир параллелопипеднинг устки томонига йуналган булади.

$$\Delta P_1 = \gamma h_1 \Delta W$$

Пастки томонига эса пастдан юкорига тик йуналган булади.

$$\Delta P_2 = y h_2 \Delta W$$

Бу ерда h_1 ва h_2 – параллелопипеднинг устки ва пастки томонлари элементар майдонлари огирлик марказларини сув сатхига нисбатан жойлашган чукурликлари.

Параллелопипедга нисбатан элементар тенг таъсир этувчи ΔP_r босим кучи пастдан юкори йуналган булади.

$$\Delta P_r = \Delta P_2 - \Delta P_1 = (y h_2 - y h_1) \Delta W$$

Бу ерга ΔV асоси ΔW ва баландлиги h булган элементар параллелопипеднинг хажми.

Суюкликда сузиб юрган жисмнинг сувга ботган энг пастки нуктасини чукиш чукурлиги деб аталади. Уни h билан белгилаймиз. Амалда, параходда ёки баржаларда Тула юк булган холдаги чукиш чукурлиги унинг ташки деворининг сирти буйича периметрининг узунлиги кизил буёкда горизонтал чизик билан белгиланади, бу чизик юк ватер чизиги деб аталади. Умуман ватер чизиги деб аталади. Умуман ватер чизик деб, сузаётган жисмнинг суюклик сатхи билан кесишиш текислигида хосил булган чизикка айтилади.

Сикиб чиқарилган сув хажми (сув сигими) маркази. Жисмнинг G (огирлик кучи) куйилган нукта огирлик маркази дейилади ва u нукта шартли белги D харфи билан ифодаланади. Кутарувчи куч куйилган нукта эса босим маркази ёки сув сигими маркази дейилади ва D харфи билан ифодаланади. Бу нукта сузаётган жисм сикиб чиқарган суюклик хажмининг огирлик марказида жойлашган. Суюкликда сузаётган жисмнинг огирлик маркази хатто у кия холатда булса ҳам узгармас булади. Суюкликда сузаётган жисм сикиб чиқарган суюклик хажми u кия холатда булганда ҳам узгармайди, аммо унинг жойи ва шакли узгаради, факат сикиб чиқарилган сув хажми маркази бошка чнги холатга утади. Шундай килиб, тинч холатдаги суюклик сатхида сузувчи жисм мувозанатда булиши учун куйидаги икки шарт бажарилиши керак:

1. Жисм ва унга ортилган юк огирликлари кутарувчи кучга тенг булиши керак.

2. Жисмнинг огирлик маркази ва сикиб чиқарилган сув хажми маркази бир вертикалда ($0 - 0$ вертикалда) ётиши керак.

Гидродинамикада суюкликларнинг харакат конунлари урганилади. Бу ерда мухандислик гидравликаси масалаларини ечишда, асосан нукталардаги суюклик заррачалари и тезлиги ва p босимлар микдорларини аниклаш билан шугулланилади.

Суюкликларнинг харакатга келишига уларга ташкаридан куйилган кучлар: огирлик кучи, ташки босим кучи, ишқаланиш кучи, Архимед кучи ва бошкалар сабаб булади. Гидравликанинг гидродинамика кисмида масалаларни ечаётганда, ташкаридан куйилган кучлар маълум, яъни уларни берилган деб хисоблаб, гидравликада факат ички кучларни аниклаш билан шугулланилади.

Суюклик харакати пайтида ривожланаётган ички босимларни суюклик окимининг бирор кундаланг кесимининг майдонига нисбатан олсак,

бундай босим гидродинамик босим деб аталади. Бу босим гидростатик босим сингари шартли белги p билан ифодаланади. Гидродинамик босимнинг гидростатик босимдан фарқи шундаки, у фақат координата уқи бўйича узгармай, вақт утиши билан ҳам узгарди. Гидродинамик босим фақат кундаланг кесимда гидростатик босим конунига бўйсунди. Шундай қилиб, суюқлик ҳаракатларини урганишда асосан икки хил масалага дуч келамиз.

1. Ташқи масала – бу ҳолда оқим берилган бўлиб, шу оқим ичидаги каттик жисмга таъсир этаётган кучларни аниқлаш керак.

2. Ички масала – бу ҳолда суюқликка таъсир этувчи ташқи кучлар (чунончи, ҳажмий куч, оғирлик кучи, ишқаланиш кучи ва бошқалар) берилган бўлиб, оқимнинг гидродинамик характеристикасининг узғариш конунлари урганилади. Оқимнинг гидродинамик характеристикасининг узғариш конунлари урганилади. Оқимнинг гидродинамик характеристикалари каторига: а) суюқлик заррачаларининг ҳаракати тезликлари; б) ундаги гидродинамик босимларнинг узғариши ва бошқалар қиради.

Суюқлик билан банд бўлган фазонинг ҳар хил нуқтасида и тезлик ва p босим ҳар хил бўлади. Бундан ташқари и ва p лар фазонинг берилган нуқтасида ҳам вақт утиши билан узғариб боради. Уни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\begin{aligned} u_x &= f_1(x, y, z, t); \\ u_y &= f_2(x, y, z, t); \\ u_z &= f_3(x, y, z, t); \\ p &= f_4(x, y, z, t), \end{aligned}$$

бу ерда u_x , u_y , u_z тезликнинг тугри бурчакли координата уқларидаги проекциялар. Агар f_1 , f_2 , f_3 ва f_4 функцияларнинг ечимини топганимизда, масалани ечган булар эдик.

Гидравликада қабул қилинган асосий назарий тенгламалар қуйидагилар:

1) узлуксизлик тенгламаси

Элементар сарфлар тенглигидан $u_1 dS_1 = u_2 dS_2$ эканлиги келиб чиқади. 1-1 ва 2-2 кесимлар ихтиёрий танлаб олинганлиги учун элементар оқимчанинг хоҳлаган кесими учун элементар сарф тенг бўлади яъни

$$u_1 dS_1 = u_2 dS_2 = u_3 dS_3 = \dots u_n dS_n = const$$

Бу тенгламадан қуришиб турибдики элементар оқимчанинг барча кесимларида элементар сарф бир хилдир ва бу тенгламани қуйидагича ёзамиз. $\frac{u_1}{u_2} = \frac{dS_2}{dS_1}$ Оқим сарфи чексиз қуп элементар оқимчалар сарфлари

йигиндисидан иборат эканлиги назарга олиб тенгламанинг чап ва унғ қисмини S_1 S_2 .юзвлвр бўйича олинган интеграллар билан алмаштирамиз.

$$\int u_1 dS_1 = \int u_2 dS_2 \quad \text{тенгламага асосан} \quad \int u_1 dS_1 = Q_1 S_1, \quad \int u_2 dS_2 = Q_2 S_2$$

бўлади

6 маъруза. Гидродинамиканинг асосий масаласи ва услуги.

Режа.

1. Гидродинамиканинг асосий масаласи.
2. Суюкликларнинг барқарор ва беқарор ҳаракати.
3. Суюкликларнинг оқим чизиги.
4. Суюкликларнинг оқим трубкаси.

Суюклик ҳаракат қилаётган фазонинг ҳар бир нуктасида шу нуктага тегишли тезлик ва босим мавжуд бўлиб, улар уз қийматига эга бўлади, яъни тезлик ва босим координатлар x, y, z га боғлиқ. Табиатдаги кузатишлар шуни курсатадики, нуктадаги суюқ заррачага таъсир қилаётган босим ва тезлик вақт ўтиши билан ўзгаради. Суюклик ҳаракат қилаётган фазонинг ҳар бир нуктасида ҳаёлан тезлик ва босим векторларини қуриб чиқсак, қурилаётган ҳаракатга мос келувчи тезлик ва босим тупламларини куз олдимизга келтирамиз. Ана шу усул билан тузилган тезлик туплами тезлик майдони дейилади. Худди шунингдек, босим векторларидан иборат туплам босим майдони деб аталади. Тезлик ва босим майдонлари вақт ўтиши билан ўзгариб боради. Гидростатикадаги каби гидродинамикада ҳам гидродинамик босимни p билан белгилаймиз ва уни содда қилиб босим деб айтаемиз. Тезликни эса u билан белгилаймиз.

У ҳолда тезликнинг координата ўқларидаги проекциялари u_x, u_y, u_z бўлади.

Юқорида айтилганга асосан суюклик параметрлари функция қуринишида ёзилади:

$$p = f_1(x, y, z, t); \quad u = f_2(x, y, z, t).$$

Тезлик проекциялари ҳам функциялардир.

$$u_x = f_3(x, y, z, t); \quad u_y = f_4(x, y, z, t); \quad u_z = f_5(x, y, z, t).$$

Бу келтирилган функцияларни аниқлаш ва улар уртасидаги ўзаро боғланишни топиш гидродинамиканинг асосий масаласи ҳисобланади. Гидродинамика масалаларини ҳал қилиш назарий текширишлар ва тажрибалар ўтқизиш, сунгра олинган натижаларни ўзаро таққослаш усули билан олиб борилади.

Назарий текширишлар ҳаракатини ифодаловчи дифференциал тенгламалар тузиш ва уларни ечиш ёки ўхшашлик назарияси асосида асосий параметрлар орасидаги муносабатларни топишга олиб келади. Тажрибалар эса турли ўлчов асбоблари ёрдамида ҳаракат параметрларини топишга ёрдам беради.

Суюкликнинг барқарор ва беқарор ҳаракатлари

Ҳаракат вақтида суюклик оқётган фазонинг ҳар бир нуктасида тезлик ва босим вақт ўтиши билан ўзгариб турса, бундай ҳаракатга беқарор ҳаракат дейилади. Табиатда дарё ва каналлардаги, техникада трубалардаги

суюкликнинг ҳаракати асосан бошланганда ва куп ҳолларда бутун ҳаракат давомида бекарор булади.

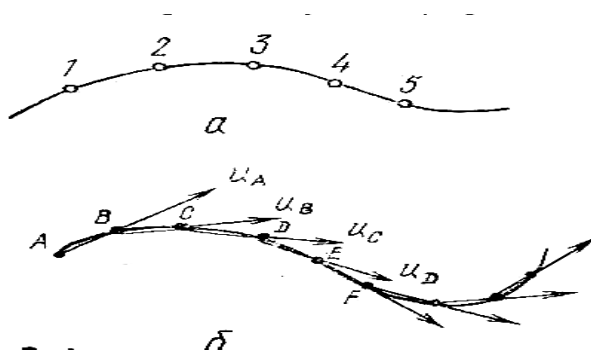
Агар суюклик оқётган фазонинг ҳар бир нуктасида тезлик ва босим вақт бўйича узгармаса ва фақат координаталарига боғлиқ бўлса,

$$p = f(x, y, z); \quad u = f(x, y, z),$$

бундай ҳаракатга баркарор ҳаракат дейилади. Бу ҳол труба ва каналларда суюклик маълум вақт оқиб турганда юзага келиши мумкин. Оқим чизиги, оқим трубкаси ва оқимча ҳақида тушунча. Элементар оқимчаларнинг баркарор ҳаракат вақтидаги хусусиятлари.

Одатда бирор воқеа ёки ҳодисани текширишда уни бутунлигича текшириб бўлмагани учун бирор соддалаштирилган схема қабул қилинади ва шу схема асосида текширилади. Гидравликада суюклик ҳаракати қонуниятларининг табиатини энг яхши ифодалаб берувчи схема суюклик оқимини элементар оқимчалардан иборат деб қаровчи схема ҳисобланади. Буни гидравликада «суюклик ҳаракатининг оқимчали модели» деб аталади. Бу модел асосида оқим чизиги, оқим трубкаси ва оқимча тушунчалари ётади.

а) Оқим чизиги – суюклик ҳаракат қилаётган фазода суюкликнинг бирор заррачасининг ҳаракатини кузатсак, унинг вақт утиши билан олдинмакетин олган вазиятларини 1,2,3... нукталар билан ифодалаш мумкин (1-расм) ва бу нукталарда ҳаракатдаги заррача ҳар хил тезлик ва босимга эга булади. Шу нукталарни чизик билан туташтирсак, суюклик заррачасининг траекторияси ҳосил булади. Энди, суюклик заррачасининг тезлигини кузатамиз. Заррачанинг қуриляётган вақтда А нуктадаги тезлик вектори $\overline{u_A}$ ни кураемиз. Шу вектор давомида А дан dl_1 масофада турган В нуктада ҳаракатдаги суюклик заррачасининг В нуктага тегишли тезлик вектори $\overline{u_B}$ ни кураемиз.



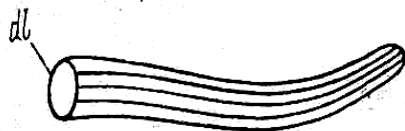
1-расм. Оқим чизигининг тушунтиришда оид чизма:
а- траектория, б-оқим чизиги.

Ҳосил бўлган янги векторнинг давомида В дан dl_2 масофадаги С нуктада шу нуктага тегишли заррача тезлигининг вектори $\overline{u_C}$ ни кураемиз.

$\overline{u_C}$ векторнинг давомида dl_3 масофадаги Д нуктада шу нуктага тегишли заррача тезлигининг $\overline{u_D}$ векторини кураемиз ва х.к. Натижада ABCDE синик чизикни ҳосил қиламиз (1-расм). Агар dl_1, dl_2, dl_3 ларни чексиз кичрайтира бориб, нолга интилтирсак, ABCDE урнида бирор эгри чизикни ҳосил қиламиз. Бу эгри чизик оқим чизиги деб аталади.

Юкорида айтилгандан куриниб турибдики, оким чизиги деб суюклик харакатланаётган фазода илинган ва берилган вақтда хар бир нуктасида унга утказилган уринма шу нуктага тегишли тезлик вектори йуналишига мос келувчи эгри чизикка айтилади. Бекарор харакат вақтида тезлик ва унинг йуналиши вақт давомида узгариб таргани учун траектория билан оким чизиги бир хил булмайди. Баркарор харакат вақтида эса, тезлик вектори нукталарининг вазияти вақт утиши билан узгармагани учун, траектория билан оким чизиги устма-уст тушади.

Оким трубкиси. Энди, суюклик харакатланаётган сохада бирор A нукта олиб, шу нукта атрофида чексз кичик dl контур ажратамиз ва шу контурнинг хар бар нуктасидан оким чизиги утказамиз. У холда оким чизиклари оким трубкиси деб аталувчи трубка хосил килади (2-расм). Оким трубкисида харакатланаётган суюклик элементар окимча деб аталади.



а)

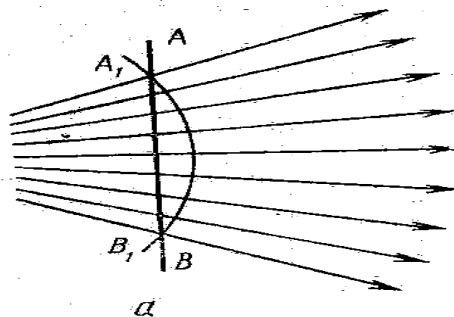
2- расм. Оким трубкиси.

Элементар окимча учун суюклик сарфи.

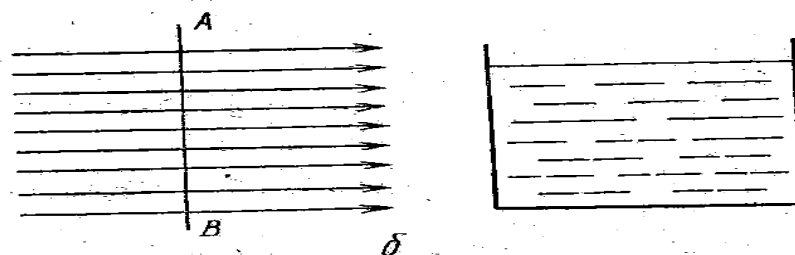
Суюклик харакатини текширишда мухим ахамиятга эга булган микдорлардан бири харакат кесимидир.

Харакат кесими деб шундай сиртга айтиладики, унинг хар бир нуктасида оким чизиги нормал буйича йуналган булади.

Умумий холда харакат кесими эгри сирт булиб (3-расм), параллел окимчали харакатлар учун тексликнинг булагидан иборат (яъни текис сирт) дир. Масалан, радиал таркалаётган суюклик окими учун харакат кесими сферик сирт булса, узанда ва трубада харакат килаётган окимнинг харакат кесими текис сиртдир (3-расм).



а)



б)

3- расм. Харакат кесими.

Элементар окимчалар барқарор ҳаракат вақтида қуйидаги хусусиятларга эга бўлади:

1. Оким чизиклари вақт ўтиши билан узгармагани учун улардан ташкил топган оким трубкаси ўз шаклини узгартрмайди.
2. Бир окимчада оқиб ўтган суюқлик заррачаси бошқа ёнма-ён окимчаларга ўта олмайди. Шунинг учун элементар окимчаларнинг ён сирти окимча ичидаги зарралар учун ҳам, ташқаридаги зарралар учун ҳам ўтказмас сирт бўлади.
3. Элементар окимча кундаланг кесими чексиз кичик бўлгани учун бу кесимдаги барча нукталарда суюқлик зарраларининг тезлиги узгармасдир.

Элементар окимчанинг ҳаракат кесимидан вақт бирлигида ўтаётган суюқлик микдорига унинг сарфи дейилади. Элементар окимчанинг сарфини ҳисоблаш учун тезлик u ни ҳаракат тезлиги юзаси ds га қўпайтирамиз.

$$dq = u ds.$$

Бу микдорни соддалаштириб, элементар сарф деб ҳам аташ мумкин.

7 март. Суюқлик окими, унинг ҳаракат кесимидаги сарфи.

Режа.

1. Суюқлик окимининг ҳаракат кесимидаги сарфи.
2. Суюқликларнинг ўртача тезлиги.
3. Элементар окимча учун ўзлуксизлик тенгламаси.

I. Суюқлик окими, унинг ҳаракат кесимидаги сарфи.

II. Ўртача тезлик.

Суюқлик оқиб ўтган соҳанинг кесим юзаси S ни ds элементар юзаларга ажратиш мумкин (4 - расм). S юзадан оқиб ўтаётган суюқликни оким деб аташ, u чексиз қўп элементар окимчалардан ташкил топган бўлади ва ҳар бир элементар окимчада суюқлик тезлиги бошқа элементар окимчалардагидан фарқ қилади. Элементар окимчалардаги каби, окимнинг барча оким чизикларига тик бўлган юза окимнинг ҳаракат кесими дейилади.

Суюқлик сарфи деб, вақт бирлигида окимнинг берилган ҳаракат кесими орқали оқиб ўтаётган суюқлик микдорига айтилади. Сарф Q ҳарфи билан белгиланади ва $л/с$, $м^3/с$, $м^3/соат$ ларда ўлчанади. Элементар юза бўйича сарф dq билан, бирлик юза бўйича сарф q билан белгиланади.

4 - расмда трубадаги (а) ва каналдаги (б) окимлар учун тезлик эпюралари келтирилган. Расмдан қурилиб турибдики, тезлик суюқлик оқиб ўтган идиш деворларида нолга тенг бўлиб девордан ўзлашган сари орта боради.

Трубада тезликнинг энг катта қиймати унинг ўртасида, каналда эркин сиртга яқин сиртга яқин ерда бўлади. Ихтиёрий элементар окимчалардан ташкил топгани учун элементар сарфлар йигиндиси бутун окимнинг сарфи интеграл қурилишида ифодаланади:

$$Q = \int u d\omega, \quad (1)$$

Бу ерда ω - ҳаракат кесими; $d\omega$ - ҳаракат кесимининг элементар окимчага тегишли кismi.

Уртача тезлик деб, шундай тезликка айтиладики, суюклик заррачаларининг хаммаси шу тезлик билан ҳаракатланганда буладиган сарф хакикий ҳаракат вақтидаги сарфга тенг булади, 3 - расмларда (а, б) хакикий тезлик эпюраси пунктир чизик билан белгиланган булиб, пунктирли стрелкаларнинг учини бирлаштиради. Уртача тезлик v харфи билан белгиланади ва сарфни ҳаракат кесимига булиш йули билан топилади:

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{\int \omega v \cdot d\omega}{\omega} \quad (2)$$

Бу холда суюклик сарфи уртача тезлик оркали куйидагича ифодаланади:

$$Q = v \cdot \omega. \quad (3)$$

Ҳаракат кесими ва суюклик ҳаракат килаётган соҳа учун умумий булган чизик хулланган периметр дейилади ва χ харфи билан ифодаланади.

Ҳаракат кесимининг хулланган периметрга нисбати гидравлик радиус деб аталади:

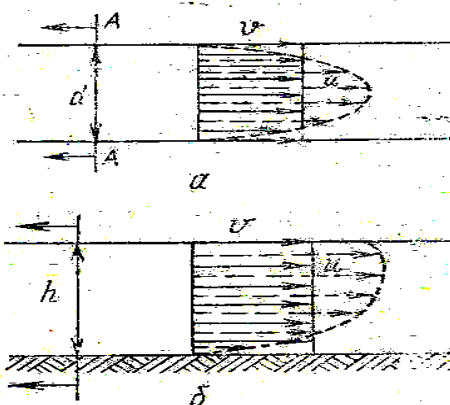
$$R = \frac{\omega}{\chi}$$

Цилиндрик трубалар учун $\omega = \pi d^2$, $\chi = \pi d$ булгани сабабли гидравлик радиус диаметрининг туртдан бирига тенг:

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

Ноцилиндрик трубалар учун гидравлик радиус тушунчасидан фойдаланиб, эквивалент диаметр киритилади. Эквивалент диаметр гидравлик радиуснинг туртга купайтирилганига тенг:

$$d_s = 4R.$$

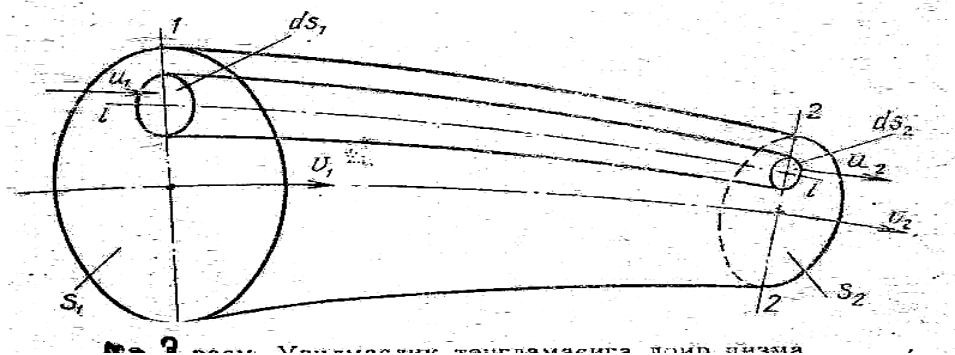


4 - расм. Тезлик эпюраси (пунктир чизик) ва уртача тезлик (туташ чизик): а- трубаларда, б- каналларда.

Элементар окимча учун узлуксизлик тенгламаси

Юкорида айтиб утилганидек, гидравликада суюкликлар туташ мухитлар деб аталади (яъни ҳаракат фазосининг исталган нуктасида суюклик заррачасини топиш мумкин). Элементар окимча ва оким учун узлуксизлик тенгламаси суюклик туташ окимининг математик ифодаси булиб хизмат килади. Суюкликнинг барқарор ҳаракатини куриб чиқамиз.

Элементар окимча учун узлуксизлик тенгламасини чиқарамиз. Окимда харакат уки $l-l$ булган элементар окимчани олиб, унинг 1-1 ва 2-2 кесимлар орасидаги булагини текширамиз (5 - расм). 1-1 кесимнинг юзаси dS_1 нинг тезлиги u_1 , 2-2 кесимнинг юзаси dS_2 нинг тезлиги u_2 булсин ва бу кесимларда тегишли элементар сарфлар $q_1 = u_1 dS_1$ ва $q_2 = u_2 dS_2$ га тенг булсин.



5 - расм. Узилмаслик тенгламасига доир чизма.

Бу холда 1-1 ва 2-2 кесимлар оркали утувчи бу элементар сарфлар

$$q_1 = q_2 \quad (4)$$

булади. Буни исботлаш учун куйидаги икки холни курамиз:

- 1) $q_1 > q_2$ булсин. Бу холда 1-1 ва 2-2 кесимлар уртасида суюклик тупланиши ёки элементар окимча деворлари оркали ташкарига чиқиши мумкин деган хулоса чиқади. Юкорида айтилганидек, элементар окимча деворидан суюклик утмайди ва элементар окимчанинг кундаланг кесимлари узгармасдир. Демак, бу тахмин нотугри эканлиги куришиб турибди.
- 2) $q_1 < q_2$ булсин. Бу холда 1-1 ва 2-2 кесимлар орасига каердандир суюклик кушилиб туриши ёки элементар окимча девори оркали ичкарига утиб туриши керак. Юкоридагига асосан бундай тахмин хам нотугри эканлиги куринади. Шундай қилиб (4) тенглик тугри эканлиги исботланди.

Элементар сарфлар тенглигидан

$$u_1 ds_1 = u_2 ds_2 \quad (5)$$

эканлиги келиб чиқади.

1-1 ва 2-2 кесимлар ихтиёрый танлаб олинганлиги учун элементар окимчанинг хохлаган кесими учун элементар сарф тенг булади, яъни $u_1 ds_1 = u_2 ds_2 = u_3 ds_3 = \dots u_n ds_n = const$.

(5) тенглама элементар окимча учун узлуксизлик тенгламаси деб аталади. Бу тенгламадан куришиб турибдики, элементар окимчанинг барча кесимларида элементар сарф бир хилдир. (5) тенгламани куйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{dS_2}{dS_1}$$

Бундан элементар окимчанинг ихтиёрый иккита кесимидаги тезликлар бу кесимлар юзасига тескари пропорционал эканлиги келиб чиқади.

Оким учун узлуксизлик тенгламасини чиқарамиз. Бу мақсадда элементар окимча учун олинган узлуксизлик тенгламасидан фойдаланамиз. Оким сарфи чексиз куп элементар окимчалар сарфлари йигиндисидан иборат эканлигини назарга олиб, (5) тенгламанинг чап ва унг қисмини s_1 ва s_2 юзалар (5 - расм) буйича олинган интеграллар билан алмаштирамиз:

$$\int_{s_1} u_1 dS_1 = \int_{s_2} u_2 dS_2.$$

(1) тенглама асосан

$$\int_{s_1} u_1 dS_1 = v_1 S_1, \quad \int_{s_2} u_2 dS_2 = v_2 S_2.$$

булади. Шунинг учун

$$v_1 S_1 = v_2 S_2. \quad (6)$$

Танлаб олинган 1-1 ва 2-2 кесмалар ихтиёрий булгани учун

$$v_1 s_1 = v_2 s_2 = v_3 s_3 = \dots v_n s_n = const.$$

Бу оким учун узлуксизлик тенгламасидир. Бу тенгламадан куринадики, окимнинг йуналиши буйича кундаланг кесимлар юзаси ва тезлиги узгариб боради. Лекин сарф узгармайди. (6) тенгламани куйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{s_2}{s_1},$$

яъни окимнинг кундаланг кесимидаги уртача тезлик тегишли кесимлар юзига тескари пропорционалдир.

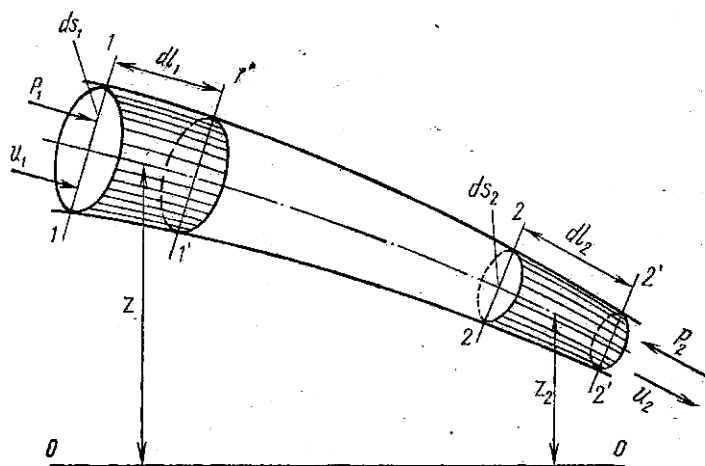
8 маъруза Идеал ва реал суюклик окимчаси учун Бернулли тенгламаси.

Режа.

1. Идеал суюклик учун бернулли тенгламаси.
2. Реал суюклик учун бернулли тенгламаси.
3. Пизометрик чизик ва бернулли тенгламасининг уч маъноси.

Бернулли тенгламасини чиқариш учун кинетик энергиянинг узгариши конунидан фойдаланамиз. Харакат уқи $l-l$ булган бирор элементар окимча ажратиб, унинг 1-1 ва 2-2 кесимлар билан ажратилган булагини оламиз. У холда бу булак dt вақтда харакат қилиб, $1'-1'$ ва $2'-2'$ кесимлар орасидаги вазиятга келади (6 - расм).

1-1 кесимнинг юзаси ds_1 , бу юзага таъсир қилувчи куч p_1 ва тезлик u_1 булсин, 2-2 кесимнинг юзаси эса ds_2 унга таъсир қилувчи куч p_2 тезлик эса u_2 булсин, кинетик энергиянинг узгариш конунини элементар окимчанинг ана шу харакатдаги булагига тадбик қиламиз. Бу конунга асосан бирор жисм харакати вақтда унинг кинетик энергиясининг узгариши, шу жисмга таъсир қилаётган кучлар бажарган ишларнинг йигиндисига тенгдир. Бунинг математик ифодаси куйидагича булади:



6 - расм. Идеал суюклик учун Бернулли тенгламасига доир чизма.

$$d \cdot \left(\frac{mu^2}{2} \right) = \sum Pi, \quad (7)$$

бу ерда $d \cdot \left(\frac{mu^2}{2} \right)$ - кинетик энергиянинг dt вақтда узгариши, $\sum Pi$ - барча кучлар бажарган ишларнинг йигиндиси.

Энди, элементар окимча булагининг 1-1 ва 2-2 кесимлар орасидаги вазиятдан dt вақт ичида 1'-1' ва 2'-2' кесимлар орасидаги вазиятга келганда унинг кинетик энергиясининг узгаришини кураимиз. Харакат барқарор булгани учун бу узгариш 1-1 ва 1'-1' кесимлар орасидаги булак билан 2-2 ва 2'-2' кесимлар орасидаги булак кинетик энергияларнинг айирмасига тенг.

1-1 ва 1'-1' кесимлар орасидаги булакнинг кинетик энергияси, унинг массаси m_1 булса, $\frac{m_1 u_1^2}{2}$ га тенг булади. 2-2 ва 2'-2' кесимлар орасидаги булакнинг кинетик энергияси эса $\frac{m_2 u_2^2}{2}$ га тенг. Демак, курилайтган 1-1 ва 2-2 кесимлар орасидаги булакнинг кинетик энергияси dt вақтда куйидаги микдорга узгаради:

$$\frac{m_2 u_2^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2}. \quad (8)$$

Иккинчи томондан, 1-1 ва 1'-1' кесимлар орасидаги булак массаси унинг хажми $dS_1 \cdot dl_1$ билан зичлигининг купайтмасига тенг, яъни

$$m_1 = \rho ds_1 dl_1.$$

Шунингдек 2-2 ва 2'-2' кесимлар орасидаги булакнинг массаси $m_2 = \rho ds_2 dl_2 \cdot dl_1$ ва dl_2 лар dt вақт ичида 1-1 ва 2-2 кесимларнинг юрган йулини

курсатади, шунинг учун

$$dl_1 = u_1 dt \quad dl_2 = u_2 dt \quad (9)$$

у холда m_1 ва m_2 учун куйидаги муносабатни олаимиз:

$$m_1 = \rho ds_1 u_1 dt. \quad m_2 = \rho ds_2 u_2 dt.$$

Бу муносабатни (7) га куйсак ва узлуксизлик тенгламасидан $q = u_1 ds_1 = u_2 ds_2$ эканлигини назарга олсак, кинетик энергиянинг узгариши куйидагича ифодаланади:

$$\frac{m_2 u_2^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2} = \frac{\rho q dt u_2^2}{2} - \frac{\rho q dt u_1^2}{2} = \rho q dt \cdot \left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right). \quad (10)$$

Энди, бажарилган ишларни текшираимиз. Бу ишлар 1-1 ва 2-2 кесимларга таъсир килувчи гидродинамик кучларнинг ва огирлик кучининг бажарган ишларидир. Элементар окимчанинг ён сиртларига таъсир килувчи босим кучининг бажарган иши нолга тенг эканлиги харакатнинг баркарорлигидан куринади.

1-1 кесимга таъсир этувчи p_1 босимнинг бажарган иши A_1 , 2-2 кесимга таъсир этувчи p_2 босимнинг бажарган иши A_2 билан белгиланади.

б - расмдан куришиб турибдики,

$$A_1 = p_1 ds_1 dl_1, \quad A_2 = p_2 ds_2 dl_2.$$

3 ни назарга олсак ва узлуксизлик тенгламасидан фойдалансак, куйидаги муносабат келиб чиқади:

$$A_1 = p_1 q dt, \quad A_2 = p_2 q dt. \quad (11)$$

Огирлик кучи бажарган ишни A_3 деб белгилаймиз. Бу иш 1'-1' ва 2-2 кесимлар орасидаги булак уз вазиятини саклагани учун 1-1 ва 1'-1' кесимлар орасидаги булак билан 2-2 ва 2'-2' кесимлар орасидаги булаklar марказларининг вертикал ук буйича вазиятлари z_1 ва z_2 фаркига куйайтирилганига тенг:

$$A_3 = G \cdot (z_1 - z_2),$$

лекин,

$$G = \gamma ds_1 \cdot dl_1 = \gamma ds_1 \cdot u_1 \cdot dt = \gamma q dt; \quad G = \gamma ds_2 \cdot dl_2 = \gamma ds_2 \cdot u_2 \cdot dt = \gamma q dt,$$

булгани учун

$$A_3 = \gamma q dt \cdot (z_1 - z_2). \quad (12)$$

Энди, (10), (11) ва (12) ларни (7) га келтириб куйсак, элементар окимча учун кинетик энергиянинг узгариш конунини хосил киламиз:

$$\rho \cdot q dt \cdot \left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right) = p_1 q dt - p_2 q dt + \gamma q dt \cdot (z_1 - z_2),$$

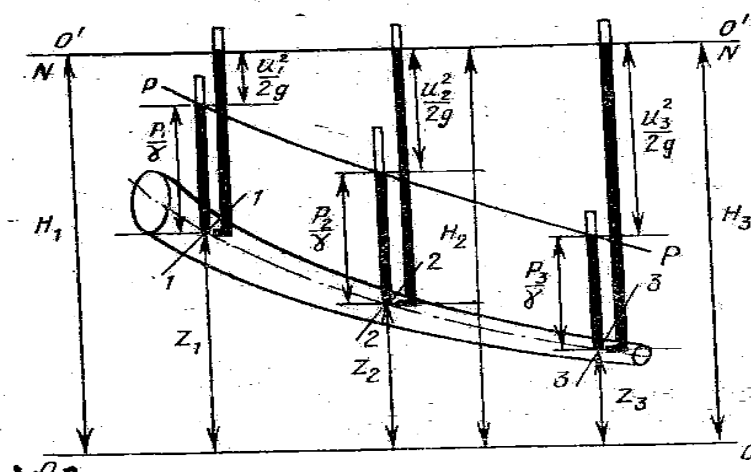
бу ерда p_2 куч суюклик харакатига тескари йуналган булгани учун тенгламанинг унг томонидаги иккинчи хад A_2 манфий ишора билан олинди. Охирги тенгламанинг икки томонини $\gamma q dt$ га булсак, у холда

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

Бир хил индексли хадларни группалаб жойлаштирсак, Бернулли тенгламаси хосил булади:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2. \quad (13)$$

Шундай килиб, окимча учун Бернулли тенгламаси кинетик энергиянинг узгариш конунини ифодалар экан.



7 - расм. Идеал суюклик учун Бернулли тенгламасининг геометрик маъносини тушунтиришга доир схема.

9 маъруза. Бернулли тенгламасининг геометрик, энергетик ва физик хоссалари.

Режа.

1. Бернулли тенгламасининг геометрик маъноси ва хоссаси.
2. Бернулли тенгламасининг энергетик маъноси ва хоссаси

Пьезометрик чизик

Бернулли тенгламасининг хар бир хади геометрик ва энергетик мазмунларга эга. Буни аниқлаш учун бирор элементар окимча олиб, унинг 1-1, 2-2 ва 3-3 кесимларини курамиз (7 - расм). Бу кесимларнинг огирлик маркази бирор 0-0 текислигидан z_1 , z_2 ва z_3 масофаларда булсин. Булар киесий текислик 0-0 дан элементар окимчанинг геометрик баландликларини курсатади. Энди, кабул килинган 1-1, 2-2 ва 3-3 кесимлар текисликлари марказида пьезометр ва учи этилган шиша трубкачалар урнатамиз. Бу холда пьезометрларда суюклик кесимлар огирлик марказига нисбатан маълум баландликка кутарилади. Бу кутарилиш гидростатика кисмида курганимиздек кесимларда куйидагига тенг булади:

$$h_1 = \frac{P_1}{\gamma}, \quad h_2 = \frac{P_2}{\gamma}, \quad h_3 = \frac{P_3}{\gamma}. \quad h_1, h_2, h_3$$

лар пьезометрик баландликлар деб аталади. Одатда пьезометрлар ёрдамида труба ва бошка идишларда харакат килаётган суюкликнинг гидростатик босими улчанади.

Учи эгилган найчаларда суюклик пьезометрдагига караганда баландрокка кутарилади. Бунинг сабаби шундаки, шиша найларнинг эгилган учи суюклик харакати йуналишида булиб, гидростатик босимга кушимча равишда суюклик тезлигига боглик булган босим пайдо булади. Бунда

суюклик заррачаларининг инерция кучи кушимча босим вужудга келишига сабаб булади. Баландиклар куйидагича булади:

$$h_1 = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g}, \quad h_2 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}, \quad h_3 = \frac{p_3}{\gamma} + \frac{u_3^2}{2g}.$$

Пьезометрдаги суюклик баландлиги билан учи эгилган шишалардаги баландлик фарки

$$h'_1 - h_1 = \frac{u_1^2}{2g}; \quad h'_2 - h_2 = \frac{u_2^2}{2g}; \quad h'_3 - h_3 = \frac{u_3^2}{2g},$$

ларга тенг булади ва тезлик баландлиги дейилари. Шундай килиб, геометрик нуктаи назардан Бернулли тенгламасининг хадлари куйидагича аталади: $\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$ - суюкликнинг

тегишли кесимларидаги тезлик босими (баландлиги); $\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ -

пьезометрик баландликлар; z_1, z_2, z_3 - геометрик баландликлар

(тегишли кесимларнинг огирлик маркази 0-0 текислигидан канча

баландликда туришини курсатади $\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$ лар узунлик бирликларида

улчанади. Пьезометрдаги суюклик баландликларини бирлаштирсак, хосил булган чизик пьезометрик чизик (P-P) дейилади. Бернулли тенгламасида тезлик баландлиги, пьезометрик ва геометрик балакликларнинг умумий йигиндиси узгармас микдор булиб, у 7- расмда N-N чизик билан белгиланади ва суюкликнинг босим (дам) чизиги деб аталади. Гидродинамикада бу учта баландлик $\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$ нинг йигиндиси суюкликнинг тулик босими (дами) деб

$$\text{аталади ва Н билан белгиланади: } H = \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = \text{const.} \quad (14)$$

Бу айтилганлар идеал элементар окимча учун Бернулли тенгламасининг геометрик маъносини билдиради. Унинг энергетик маъноси кинетик энергиянинг узгариш конунига асосланган. Бошқача айтганда, Бернулли тенгламаси суюкликлар учун энергиянинг сакланиш конунидир. Бернулли тенгламаси (13) нинг чап томони элементар окимчанинг 1-1 кесимдаги тулик солиштирма энергияга тенг ёки умуман узгармас микдордир. Бу ерда солиштирма энергия деб огирлик бирлигига тугри келган энергия микдорига айтилади. Бу айтилганларга асосан Бернулли тенгламаси

хадларининг энергетик маъноси куйидагича булади: $\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$ - элементар

окимчанинг 1-1, 2-2, 3-3 кесимларига тегишли солиштирма кинетик

энергияси; $\frac{p_1}{\gamma} + z_1, \frac{p_2}{\gamma} + z_2, \frac{p_3}{\gamma} + z_3$ - элементар окимча кесимлари учун

солиштирма потенциал энергия; $\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ - кесимларга тегишли босим

билан ифодаланувчи солиштирма энергия;

z_1, z_2, z_3 - 1-1, 2-2, 3-3 кесимларга тегишли огирлик билан ифодаланувчи солиштирма холат энергияси.

Суюклик харакати вактида механиканинг конунларига асосан иш бажарилади.

Шу бажарилган ишлар буйча Бернулли тенгламасини куйидагича ифодалаш мумкин: иккита кесим учун ёзилган Бернулли тенгламаси (14) шу икки кесимда тегишли хадларининг айирмаларидан ташкил топади:

$$\frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} - \text{кинетик энергиянинг бирлик огирлик учун узгариши};$$

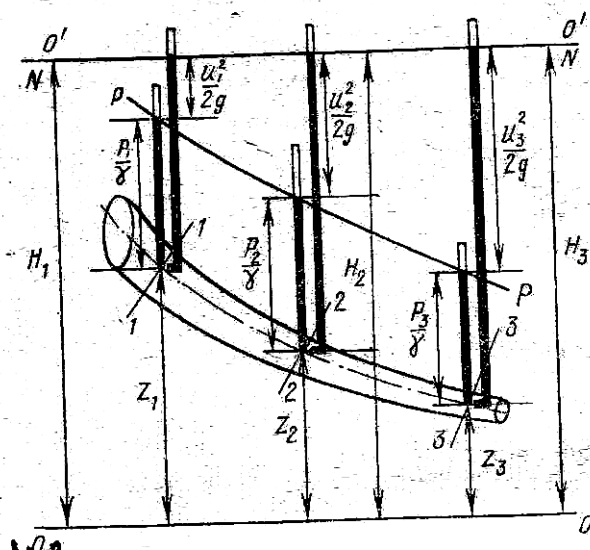
$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} - \text{босим кучи бажарган ишнинг бирлик огирликка тегишли кисми};$$

$$z_1 - z_2 - \text{огирлик бажарган ишнинг бирлик огирликка тегишли кисми}.$$

Бу айтилганлардан хулоса килиб айтиш мумкинки, суюклик харакат килаётганда солиштирма кинетик ва солиштирма потенциал энергиялар харакат давомида узгайиб боради, лекин тулик солиштирма энергия узгармайди.

Реал суюкликлар ва Бернулли тенгламаси.

Энди реал суюкликнинг элементар окимчаси учун Бернулли тенгламасининг графигини чизамиз (8 - расм). Бунинг учун харакат уки S-S, 1-1, 2-2 ва 3-3 кесимлардаги тезликлар u_1, u_2, u_3 , босимлари p_1, p_2, p_3 булган элементар окимча оламиз. Хосил булган окимча учун кесимларда пьезометр ва учи эгилган иша найча оламиз. Пьезометрлардаги суюклик баландликлар и туташтириб, пьезометрик чизик хосил киламиз. Учи эгик найчаларда суюклик баландликларини туташтириб, суюклик босими чизигини оламиз. Бу олинган графикни идеал суюкликнинг элементар окимчаси учун олинган график (11.2- расм) билан солиштирамиз.



8- расм. Реал суюклик учун Бернулли тенгламасининг геометрик маъносини тушунтиришга доир схема.

Натижада идеал суюкликлар учун суюкликнинг биринчи кесимидаги гидродинамик босими H_1 нинг иккинчи ва учинчи кесимлардаги

гидродинамик босимларга тенглигини, яъни $H_1 = H_2 = H_3 = const$ эканлигини, реал суюкликлар учун эса биринчи кесимдаги гидродинамик босим H_1 нингиккинчи ва учинчи кесимлардаги босимларга тенг эмаслигини, яъни $H_1 \neq H_2 \neq H_3$ эканлигини курамиз. 8 - расмдан куришиб турибдики бу тенгсизлик куйидагича ифодаланеди:

$$H_1 > H_2 > H_3 .$$

Демак, реал суюкликнинг элементар окимчаси харакат килганда солиштирма энергиянинг маълум бир кисми йукотилар экан. Биринчи ва иккинчи кесимлар бу йукотишни h_{1-2} билан белгилаймиз. Бунда индекс орасида йукотиш булаётган кесимлар номерини курсатади. Масалан, иккинчи ва учинчи кесим орасида йукотиш h_{2-3} , биринчи ва учинчи кесим орасидаги йукотиш h_{1-3} ва х.к. Айтилган йукотишнинг мохиятини куйидагича изохлаш мумкин. Реал суюкликнинг элементар окимчаси харакат килаётганда ички ишкаланиш кучи натижасида гидравлик каршилиқ мавжуд булади ва уни енгиш учун албатта маълум бир миқдорда энергия сарфлаш керак булади. Бу сарфланган энергия курилайётган харакат учун тикланмайди. Юкорида келтирилган тенгсизлик ана шу йукотилган энергия хисобига хосил булади. Биринчи ва иккинчи кесимлар орасидаги йукотилган солиштирма энергия гидравлик босимлар айирмасига тенг:

$$h_{1-2} = H_1 - H_2 .$$

Юкорида курилганга асосан:

$$H_1 = \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1$$

$$H_2 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 ,$$

Бунда

$$h_{1-2} = \left(\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right) ,$$

натижада куйидаги тенгламани оламиз:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{1-2} . \quad (15)$$

Олинган тенглама реал суюкликнинг элементар окимчаси учун Бернулли тенгламасидир. Бу тенглама идеал суюклик элементар окимчасининг тенгламасидан унг томондаги туртинчи хади h_{1-2} билан фарк килади. Бу хад 1-1 ва 2-2 кесимлар орасида босимнинг камайишини курсатади. Идеал суюкликларда ички ишкаланиш кучи хисобга олинмагани учун юкорида айтилган хад булмайди. Юкорида айтилганидек, оким чексиз куп элементар окимчалардан ташкил топган. Демак, оким учун Бернулли тенгламасини элементар окимчалар энергияларини харакат кесими буйича интеграллаш йули билан чиқариш мумкин:

$$\int_{\omega_1} \frac{u_1^2}{2g} \cdot d\omega + \int_{\omega_1} \frac{P_1}{\gamma} \cdot d\omega + \int_{\omega_1} z_1 d\omega = \int_{\omega_2} \frac{u_2^2}{2g} \cdot d\omega + \int_{\omega_2} \frac{P_2}{\gamma} \cdot d\omega + \int_{\omega_2} z_2 d\omega + \int_{\omega_2} h_{1-2} d\omega. \quad (16)$$

Окимнинг хар бир элементар окимчаси учун тезликни хисоблаш кийин булгани учун (16) тенгламадаги интегралларни хисоблаш жуда мураккаб. Шунинг назарга олиб, оким учун Бернулли тенгламасидаги тезликлар уртача тезлик v билан алмаштирилади. Бу Бернулли тенгламасидан фойдаланиладиган хисоблаш ишларида катта кулайлик тугдиради. Бу холда элементар окимчанинг геометрик баландлиги буйича интеграл оким харакат кесими огирлик марказининг геометрик баландлигига, босим буйича интеграл эса ана шу геометрик баландликдаги нуктага куйилган босимга айланади. Элементар окимчанинг 1-1 ва 2-2 кесимлари буйича, босимнинг камайиши буйича интеграл оким учун босимнинг уртача камайишига айланади. Солиштирма кинетик энергия интегралини тезликнинг уртача киймати буйича кинетик энергия билан алмаштирадик, унинг микдори камайиб қолади. Интеграл чексиз куп микдорларнинг йигиндиси булгани учун буни квадратлар йигиндиси мисолида курамыз.

Масалан,

$u_1 = 10 \text{ м/с}$, $u_2 = 11 \text{ м/с}$, $u_3 = 9 \text{ м/с}$, $u_4 = 12 \text{ м/с}$, $u_5 = 8 \text{ м/с}$ булсин. У холда уртача

$$\text{тезлик } u = \frac{u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5}{5} = 10 \text{ м/с};$$

тезликлар квадратларининг уртача киймати

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

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

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

Бу тенгсизликни интеграллаш йули билан хам хисоблаш мумкин. Бу хатони тузатиш учун Бернулли тенгламасининг биринчи хадига α коэффициентини киритамиз. Бу коэффициент тезликнинг бир текис микдорда булмаслигини ифодалайди ва Кориолис коэффициенти деб аталади. У холда

$$\alpha = \frac{\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \cdot d\omega}{\frac{v^2}{2g} \cdot \omega}. \quad (17)$$

Шундай килиб, юкорида айтилганларга асосан (17) тенглама куйидаги куринишга келади:

$$\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + H_{1-2}, \quad (18)$$

Бу ерда α_1, α_2 - биринчи ва иккинчи кесимларда тезликнинг нотекис тарқалганини ҳисобга олувчи коэффицент; H_{1-2} - биринчи ва иккинчи кесимлар учун босимнинг камайиши (йукотиш).

Оким учун ҳосил килинган Бернулли тенгламасида қолган бошқа ҳадлар элементар окимча учун бу ерда ҳам Бернулли тенгламасидан қаби аталади. Олинган Бернулли тенгламаси гидродинамика масаларини ҳал қилишда энг муҳим тенглама бўлиб, у барқарор ҳаракатлар учун татбиқ қилинади ва тезлик ҳаракат кесими бўйича қанча қам узгарса, шунча қам ҳатолик беради.

10 маъруза Гидравлик йукотиш

Режа.

1. Гидравлик йукотишнинг икки тури.
2. Суюқликларнинг тезлик ва сарфини улчаш асбоблари.
3. Пито найчаси.

Реал суюқликларда икки кесим орасида энергиянинг йукотилишини H_{1-2} билан белгиладик. Бу йукотиш суюқликлардан қовушоклик қучи ҳисобига пайдо бўлади, яъни у қовушоклик қучини енгилда сарф бўлади.

Трубопроводлардаги ҳаракатни текширганимизда масала асосан ишқаланиш қучини енгилш учун сарф бўлган йукотишни ҳисоблашга келади. Бунда трубанинг 1-1 ва 2-2 кесимларининг сирти тенг бўлгани учун тезликлари ҳам тенг бўлади (9 - расм), яъни ҳаракат текис бўлади. 1-1 ва 2-2 кесимлар орасидаги суюқлик устунига таъсир қилувчи қучлар - $P_1 = p_1 S$; $P_2 = p_2 S$ - босим қучлари, $G = \gamma S l$ - огирлик қучи ва $T_{\text{му}} = \tau \times l$ ишқаланиш қучидир.

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

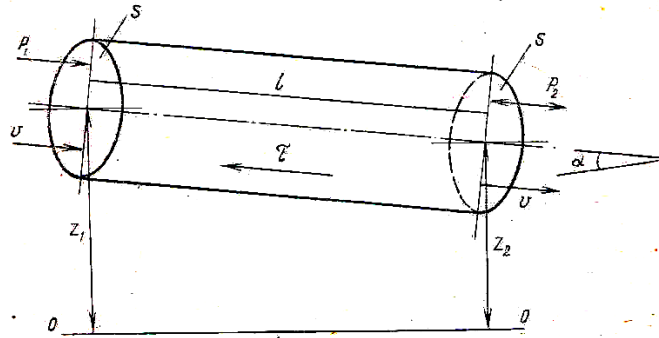
$$P_1 - P_2 + G \cdot \sin \alpha - T = 0. \quad (19)$$

$\sin \alpha = \frac{z_1 - z_2}{l}$ эканлигини ҳисобга олсак, юқоридаги тенглама қуйидаги қуринишга келади

$$P_1 S - P_2 S + \gamma S l \frac{z_1 - z_2}{l} - \tau \pi D l = 0.$$

Бундан текис ҳаракат учун Бернулли тенгламаси келиб чиқади:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{\tau}{\gamma} \times \frac{\pi D l}{S}.$$



9 - расм. Гидравлик йукотиш тушунчасига доир.

Бу тенгламани (19) тенглама билан солиштирсак ва уни текис ҳаракат ($v_1 = v_2$) учун кулласак, гидравлик йукотиш учун қуйидаги муносабатни оламиз:

$$H_{1-2} = \frac{\tau}{\gamma} \times \frac{\pi D l}{S}, \quad (20)$$

бу ерда τ - уринма зуриқиш ёки солиштирма ишқаланиш кучи, яъни бирлик юзага тугри келган ишқаланиш кучи; l - оқим узунлиги; D - труба диаметри; $\chi = \pi D$ - ҳулланган периметр.

Гидравлик йукотиш одатда икки турга ажратилади:

Узунлик буйича (ишқаланиш кучига сарф булган) йукотиш оқим узунлиги буйича ҳаракат ҳисобига вужудга келади ва унинг узунлигига боғлиқ булади. Бу йукотиш (19) формула қуринишида ифодаланеди;

махаллий қаршилик оқимнинг айрим қисмларида нотекис ҳаракат ҳисобига вужудга келади. Нотекис ҳаракатни вужудга келтирувчи қисмлар труба ёки узаннинг кесим шакллари узгарган жойлари (тирсаклар, тусиклар, кескин кенгайишлар, кескин торайишлар, кранлар ва х.к.) булиб, бу ердаги гидравлик йукотиш узунликка боғлиқ эмас.

Умумий гидравлик йукотиш бу икки йукотишнинг йигиндисига тенг:

$$H_y = H_e + H_m \quad (21)$$

бу ерда H_e - узунлик буйича йукотиш; H_m - маҳаллий қаршилик.

Гидравлик йукотиш суюқликнинг кинетик энергиясига боғлиқ булиб, энергиянинг ортиши билан ортади, қамайиши билан эса қамаяди. Шунинг учун гидравлик йукотишни суюқликнинг кинетик энергиясига пропорционал қилиб олинади.

Тезлик ва сарфни улчаш усуллари ҳамда асбоблари

Суюқлик сарфини ва тезлигини улчашнинг энг осон усули ҳажмий ва оғирлик усуллари дидир.

Ҳажмий усулда суюқлик текшириладиётган оқимдан маҳсус даражаланган идиш (мензурка)га тушади. Идишнинг тулиш вақти

секундомер ёрдамида улчанади. Агар идишнинг хажми V , улчанган вақт T булса, хажмий сарф куйидагига тенг булади:

$$Q = \frac{V}{T}; \left[\frac{m^3}{c} \right]. \quad (22)$$

Окимнинг харакат кесими маълум булса, унинг тезлиги (22) формула билан аникланади.

Огирлик усулида бирор идишга окимдан суюклик тушурилади. Уни тарозида тортиб, идишдаги суюкликнинг огирлиги G топилади. Идишнинг тулиш вақти T булса, огирлик сарфи куйидагига тенг:

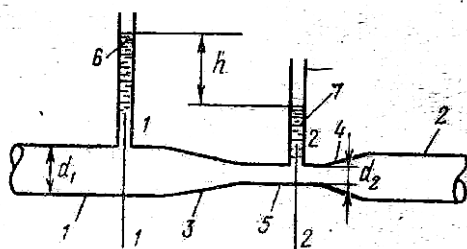
$$Q_G = \frac{G}{T}. \quad (23)$$

Суюкликнинг хажмий сарфи огирлик сарфини солиштирма огирлигига булиш йули билан аникланади:

$$Q = \frac{Q_G}{\gamma}.$$

Бу усуллар, албатта, кичик микдордаги сарфларни улчаш учун кулланилади. Катта сарфларни улчаш учун эса катта улчов идишлари керак булади. Иккинчидан, трубопровод ва каналларга сарфни юкоридаги усул билан улчашда окимнинг тузилиши узгаради ва натижа катта хатолар билан чиқади. Шунинг учун, купинча, труба ва каналлардаги сарф бошка усуллар билан улчанади.

Вентури сув улчагичи махсус трубадан сув утишига асосланган булиб, тузилиши содда ва харакатланувчи қисмлари йук (10- расм). Вентури сув улчагичи талабга караб вертикал ёки горизонтал жойлаштирилади. Унинг горизонтал холдагисини курамыз.



10 - расм. Вентури сув улчагичи:

1,2- катта диаметрли трубалар, 3- тораювчи труба (конфузор), 4- кенгаювчи труба (диффузор), 5- кичик диаметрли патрубок, 6,7- пьезометрлар.

Вентури сув улчагичи иккита бир хил d_1 диаметрли 1 ва 2 труба булакларидан ташкил топган булиб, улар диффузор 3 ва 4 хамда кичик d_2 диаметрли патрубок оркали туташтирилган. Конуссимон тораийб борувчи труба 3 нинг кичик d_2 диаметрли труба билан туташган жойида каршилиқни камайтириш учун силлик туташтирилади. Бундай туташтирилган трубалар сопло деб аталади. Унинг 1-1 ва 2-2 кесимларига пьезометрик найчалар урнатилган булиб, улар шу кесимлардаги босимлар фарқи h ни курсатади.

Труба горизонтал булгани учун $z_1 = z_2$ демак, 1-1 ва 2-2 кесимлари учун Бернулли тенгламаси куйидагича ёзилади:

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

бундан

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

лекин

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = h \text{ булгани учун}$$

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

Узлуксизлик тенгламаси (23) га асосан

$$v_1 = v_2 \times \frac{S_2}{S_1},$$

у холда

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

бундан 2-2 кесимдаги тезликни топамиз:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2}}. \quad (24)$$

11 маъруза. Суюкликнинг ламинар ва турбулент харакати. Кавитация ходисаси

Режа.

1. Суюкликларнинг ламинар харакати.
2. Суюкликларнинг турбулент харакати.
3. Рейнолдс тажрибаси.
4. Кавитация ходисаси.

Табиатда ва гидромашиналарда суюкликда оз микдорда эриган холда хаво таркибидаги газлар учрайди. Босим ортиши ёки температуранинг камайиши билан эриган газ микдори ортади ва аксинча, босим камайганда ёки температура ортганда унинг микдори камаяди. Шунинг учун босим камайиши ёки теипература ортиши билан суюкликдаги эриган газларнинг бир кисми ажралиб чикиб пуфакчалар хосил келади. Босим камайганда сув хам бугланади, лекин енгил компонент сифатида эриган газлар тезрок ажралиб чикиб пуфакчалар хосил килади. Газ пуфакчаларининг пайдо булиши билан суюкликнинг туташлиги бузилади, туташ мухитларга тааллукли конунлар уз кучини йукотади. Бу ходисага кавитация дейилади.

Пуфакчалар суюклик ичида юкори температурали ёки паст босимли сохалар томонга харакат килади. Агар у етарли даражадаги босимга эга булган сохага келиб колса, газ яна эриб кетади (яъни буг конденсацияланади).

Эриган газ урнида пайдо булган бушликка суюклик заррачалари интилади ва бушлик бирданига кескин ёпилади. Бу эса хозиргина бушлик булган ерда гидравлик зарбни вужудга келтиради ва натижада бу ерда босим кескин ортиб, температура кескин камаяди.

Бундай гидравлик зарб ва уни вужудга келтирган кавитация ходисаси труба деворлари ва гидромашиналарнинг суюклик харакат килувчи кисмларининг бузилишига олиб келади. Кавитацияга карши кураш усуллари тугрисида кейинчалик тухталамиз.

Суюкликнинг ламинар ва турбулент харакати.

Рейнольдс сони ва унинг критик киймати

Куп холларда трубопроводлардаги харакатлар текис харакат булади, яъни тезлик оким йуналиши буйича узгармайди. Бу ходда харакатнинг кандай булишига, асосан, ички ишкаланиш кучи таъсир килади. Бунда унинг икки кесимидаги босимлар фарки ишкаланиш кучининг ва геометрик баландликлар фаркининг катта ёки кичиклигига боглик булади. Бу кучлар

12 маъруза Насосларнинг ишлаш принципи, кулланилиш сохаси ва бажарадиган ишига караб классификацияси

Режа.

1. Насосларнинг ишлаш принципи.
2. **Насосларнинг кулланилиш сохалари.**
3. **Поршенли насослар.**

Насосларнинг тузилиши, турли параметрлар, суюкликка энергия бериш усули ва бошкаларга караб турлича классификациялаш усуллари мавжуд.

Энг куп таркалган куп усул уларни ишлаш принципига караб

классификациялашдир. Бунда насослар асосан иккита катта группага: куракли ва хажмий насосларга булинади. Бу икки тур насослар деярлик барча насосларни уз ичига олади, лекин бир канча бошкача принципда ишлайдиган насослар бу икки классга кирмайди. Буларга окимчали насослар (учинчи класс сифатида ажратиш мумкин) ва бошка кутаргичлар киради. Куракли насослар яна марказдан кочма, укий, пропеллерли, уорма насосларга булинади. Тузилиши ва ишлаш принципи бир хил булгани учун вентиляторларни хам куракли насослар классига киритиш мумкин. Вентиляторларнинг хам марказдан кочма, укий, пропеллерли турлари мавжуд. Куракли насосларнинг уларнинг бир валида битта ёки бир нечта иш

гилдираги урнатилишига караб бир погонали ва куп погонали насосларга ажратиш мумкин. Марказдан кочма насослар суриш усулига караб бир томонлама сурувчи ва икки томонлама сурувчи насосларга булинади.

Хажмий насослар икки группага, поршенли ва роторли насосларга булинади. Булар яна бир канча кичик группачаларга булинади (улар тугрисида тегишли булимда тухталиб утамиз). Окимчали насослар эса эжектор, инжектор ва гидроэлеваторларни уз ичига олади. Насосларни бундай классификациялашга ишлаб чиқаришда энг куп тарқалган икки тур (марказдан кочма ва поршенли) насослар атрофида барча насосларни группалашга интилиш асос булган булса керак.

Насосларни суюкликка берган босимнинг микдорига караб, паст босимли (босими 20 м сув уст. гача), уртача босимли (босими 20 ... 60 м сув уст. га тенг), юкори босимли (босими 60 сув уст. юкори) насосларга ажратиш мумкин. Уларни берган сарфига караб паст, урта ва юкори сарфли насосларга группалаш мумкин.

Насосларни энергиянинг насосга кандай берилишига караб классификациялашга интилиш хам булган. Бу айтилган охириги уч тур классификациялашнинг хар бирига хам барча мавжуд насосларни киритиш мумкин булгани билан бу уч усул жуда катта камчиликка эга, чунки бу усулларда бир группага поршенли, марказдан кочма, роторли, пропеллерли ва ишлаш принципи томонан бир – биридан фаркланувчи бошка насослар кириши мумкин. Суюкликка берилган энергия турига караб классификациялаш анча кулайдир. Насосдан утаётган суюкликка берилган энергия уч хил булиши мумкин: холат энергияси (Z); босим энергияси $\left(\frac{P}{\gamma}\right)$; кинетик энергия $\left(\frac{v^2}{2g}\right)$.

Факат холат энергияси берувчи машиналарга сув кутаргичлар дейилади. Агар кутарилаётган суюклик факат сув эмас, балки нефть, турли мойлар ва бошка хил суюликлар хам булиши мумкинлигини хисобга олсак, бу машиналарни суюклик кутаргичлари дейиш керак булади. Бу группага сув кутариш учун ишлатилган барча кадимги курилмалар: чархпалак, чигир, архимед винти ва бошкалар киради. Замонавий курилмалардан бу группага кирадиганлари каторига кам дебитли кудуклардан нефть чиқарувчи тортув курилмалари, чукур кудуклардан газ ва хаво ёрдамида суюклик (сув, нефть) кутарувчи кутаргичлар киради.

Иккинчи группага суюкликка босими орттириш йули билан энергия берувчи насослар киради. Суюкликни поршень босими (поршенли насослар), айланувчи жисмлар (роторли насослар), сикилган хаво, газ ёки буг (пневматик сув кутаргичлар, Гемфри насоси ва х.к) ёрдамида сиқиб чиқариш мумкин. Буларга суюкликка гидравлик зарб оркали импульс берувчи механизмлар (гидравлик таран) хам киради.

Учинчи группа насосларда суюкликкинетик энергия берилиб, сунгра у босим энергиясига айлантирилади. Буларга биринчи галда куракли (марказдан кочма, парракли, укий) насослар киради (уларда иш қисми валда айланувчи

куракли гилдираклардир), иккинчидан окимчали насослар (эжекторлар, инжекторлар, гидравлик элеваторлар) киради (уларда суюкликка энергия берувчи бошка суюклик, газ ёки бугдир). Насослар ва сув кутаргичларни юкорида айтилганлар буйича группалашни куйидаги схемада тасвирлаш мумкин.

Поршенли насослар. Тузилиши ва ишлаш принципи

Поршенли насос курилмасининг энг содда схемаси 4.1 – расмда келтирилган. Бу насосларда суюкликнинг суриши ва хайдалиши поршеннинг цилиндрда илгариланма – кайтма харакат килишига асосланган. Бунда поршень 3 (4.2 – расм) таркибида шток 2 булган кривошип – шатунли механизми 1 ёрдамида харакатга келади. Поршень цилиндр ичида кайтма (оркага) харакат килганида унинг олдидаги иш бушлигининг хажми ортиб, сийракланиш хосил булади. Бу сийракланиш маълум бир чегарага етганида иш бушлигидаги босим p_c билан товонли клапан 7 остидаги храповикда булган босим орасидаги фарк суриш клапани 4 ни очади ва суюклик суриш трубаси 6 оркали иш бушлигига киради. Насосларда суюклик кайси типдаги кучлардан (динамик кучлар ёки статик кучлар) фойдаланиб сурилишига караб, улар динамик ёки хажмий насосларга булинади. Бунда юкоридаги класификацияга кирган насосларнинг поршенли ва роторли турлари хажми насосларга, колганлари эса динамик насосларга киради.

Сурилиш процесси поршень узининг энг чекка сурилиш чегарасига етгунча давом этади. Бунда сурилиш трубасидаги сийракланишни суриш клапани олдида жойлаштирилган вакуумметр ёрдамида улчаш мумкин. Таъминловчи идишдаги суюклик сатхидан насос цилиндрининг энг юкори сатхигача булган баландликка суриш баландлиги H_c дейилади. Суриш баландлиги чегаравий суриш баландлиги $H_c < H_{чс}$ дан катта булмаслиги керак.

Поршень (плунжер) илгариланма (олдинга) харакат килганда эса иш бушлигидаги босим ортиб, суриш клапани ёпилади.

Бушликдаги босим ортишда давом этиб, унинг микдори суюкликни хайдаш босими p_x га етганида хайдаш клапани очилиб, суюклик хайдаш трубаси 9га ута бошлайди. Суюкликни хайдаш поршеннинг энг чекка хайдаш чегарасига етгунча давом этади.

Насосни ишга туширганимизда у аввал суриш трубасидаги хавони тортади ва суюклик хосил булган босимлар фарки таъсирида суриш трубасига кутарилади. Насос бир оз вақт ишлагандан сунг суриш трубаси ва цилиндрдаги хаво хайдаб чиқарилиб, суюклик цилиндрни тулдиради. Шундан кейин насос мосланган тартибда ишлай бошлайди. Натижада таъминловчи идишдаги суюклик кабул килувчи идишга утади. Цилиндрдаги юкори сатх билан суюклик кутарилган энг юкори сатхнинг фаркига хайдаш баландлиги H_x дейилади.

Суриш баландлиги билан хайдаш баландлигининг йигиндиси $H_c + H_x$ насоснинг тортиш баландлиги ёки тулик статик босимни беради. Поршенли насосларнинг турли лойихалари билан курилган турлари ишлаб чиқаришнинг куп сохаларида кулланилади.

Юкорида айтганимиздек, поршенли насослар юкори босим керак булгандагина ишлатилади. Амалда куп холларда поршенли насослардан

марказдан кочма насослар урнида фойдаланилади. Хажмий гидроузатмалар составида ишлаётгап насослар асосан поршенли насослар турига киради. Бу айтилганлардан ташкари, поршенли насосларнинг яна бир устунлиги уларнинг фойдали иш коэффициентининг юкорилигидир. Поршенли насосларнинг марказдан кочма насослардан яна бир фарки! шундаки, унинг суришини хайдаш трубасига урнатилган задвижка ердамида узгартириб булмайди. Ленин хайдаш трубасининг кесими кичрайиб бориши билан тезлик ва задвижка олдида босим орта боради. Агар задвижка бутунлай бекитиб куйилса, босим жуда катталашиб кетиши натижасида ё насос бузилади, ёки труба ёрилади, ёхуд зурикишнинг ортиб кетиши натижасида двигатель тухтаб колади. Шунинг учун поршенли насослардан юкори босимда узгармас суриш микдори зарур булган холларда фойдаланилади.

Поршенли насосларнинг марказдан кочма насосларга таккослангандаги асосий камчилиги уларнинг куполлиги, киммат туриши, ишлатиш мураккаблигидир. Бу насосларни марказдан кочма насосларга нисбатан купрок кузатиб туриш талаб килинади, чунки поршенли насосларнинг клапанлари тез-тез ифлосланиб туради. Ифлосланиш насоснинг бошка кисмларида хам булади.

13 маъруза Насоснинг босими, унумдорлиги (суриш микдори)

Режа.

1. Насосларнинг иш унумдорлиги.
2. Насосларнинг суриш баландлиги.
3. Насосларнинг босим.

Насоснинг босими H деб насосдан утаётгап суюкликнинг бирлик огирлигига берилган энергия (бошкача айтганда насосдан утаётган суюклик окимининг солиштирма энергияси) га айтилади. H суюклик устунининг метрларида улчанади. Босим икки усулда аникланади:

- 1) насос курилмасининг (4.2 – расм) улчов асбоблари курсатувидан (насос ишлаб турганда);
- 2) насос курилмаси кисмларида суюкликка берилган солиштирма энергиялар йигиндисидан.

Биринчи усулда босим куйидагича хисобланади. Аввал насосга киришдаги энергия хисобланади:

$$e_1 = H_c + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{g_c^2}{2g}$$

бу ерда H_c , p_c , g_c — тегишлича суриш баландлиги, босими ва тезлиги. Сунгра насосдан чикишдаги энергия хисобланади:

$$e_2 = H_c + H_0 + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{g_x^2}{2g}$$

бу ерда H_0 - киришдаги вакуумметр билан чиқишдаги манометрларда қарор топган сатхлар фарқи; P_x, ϱ_x - ҳайдаш босими ва тезлиги.

Нихоят, чиқиш ва киришдаги солиштирма энергиялар фарқини ҳисоблаб, насосдан утаётганда суюқлик олган энергия топилади, Бу факат насоснинг босимига тенг булади:

$$H = e_2 - e_1 = (H_c + H_o + \frac{P_x}{\gamma} + \frac{v_x^2}{2g}) + (H_c + \frac{P_c}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g}) = H_o + \frac{P_x - P_c}{\gamma} + \frac{v_x^2 - v_c^2}{2g}$$

Суриш босимини вакуумметрнинг курсатиши буйича топиш мумкин:

$$P_c = P_a - P_{\text{вак}}$$

Ҳайдаш босими эса манометрнинг курсатишидан аниқланади:

$$P_x = P_a + P_m$$

Бу муносабатлардан фойдаланиб ва вакуумметрик ҳамда манометрик босимларни тегишли босим миқдорлари орқали ифодалаб:

$$H_{\text{вак}} = \frac{P_{\text{вак}}}{\gamma} \quad H_m = \frac{P_m}{\gamma}$$

насоснинг босими учун қуйидаги муносабатни оламиз:

$$H = H_m + H_{\text{вак}} + H_o + \frac{v_x^2 - v_c^2}{2g}$$

Қупинча, тезлик босимларининг айирмаси кичик миқдор бўлгани учун уларни ҳисобга олинмайди.

Иккинчи усул билан босимни ҳисоблаш учун аввал таъминловчи идишдаги суюқлик сатҳига тегишли қесим (1 - 1) ва насосга киришдаги қесим (2 - 2) учун Бернулли тенгламаси ёзилади:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_c}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g} + h_c$$

Сунгра насосдан чиқишдаги қесим (3 - 3) ва суюқликнинг энг юқори қутарилган сатҳидаги қесим (4 - 4) учун Бернулли тенгламаси ёзилади:

$$z_3 + \frac{P_x}{\gamma} + \frac{v_x^2}{2g} = z_4 + \frac{P_4}{\gamma} + \frac{v_4^2}{2g} + h_x$$

бу тенгликларда Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 - тегишли қесимларнинг геометрик баландлиги:

h_c, h_x - суриш ва ҳайдаш трубаларидаги гидравлик қаршиликлар.

Энг юқоридаги қесим (4 - 4) қабул қилувчи идишдаги суюқлик сатҳида десак, идишларнинг қесими трубалар қесимидан катта бўлгани учун v_t ва v_t ларни V_k ва v_x ларга нисбатан кичик миқдор деб олиб, уларни ҳисобга қўшмаймиз. Охириги икки тенгламага $z_2 - z_1 = H_1$; $z_4 - z_3 = H_2$ белгилашларни киритиб, улардан суриш ва ҳайдаш босимларини топамиз:

$$\frac{p_c}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} - H_1 - \frac{g_c^2}{2g} - h_c$$

$$\frac{p_x}{\gamma} = \frac{p_4}{\gamma} + H_2 - \frac{g_x^2}{2g} + h_x$$

Олинган микдорларни (4.1) тенгламага куйиб ушбу тенгликни

$$H = \frac{p_4 - p_1}{\gamma} + H_0 + H_2 + H_1 + h_c + h_x$$

Насос курилмасидан (4.2 -расмлар) куринадики, $H_0 + H_2 = H_x$, $H_1 = H$ ва $H_{ст} = H_x + H_c = H_0 + H_2 + H_1$.

Бунга асосан $H = H_{ст} + h_c + h_x$.

Таъминловчи ва кабул килувчи идишларда босим, одатда, атмосфера босимига тенг булади ($p_1 = p_a$, $p_4 = p_a$). Шундай килиб, босим учун ёзилган охирги тенглама куйидаги куринишга келади:

$$H = H_{ст} + h_c + h_x. \quad (4.3)$$

Бу тенгликдан куринадики, очик идишларда насоснинг босими (4.3) суюкликни кутариш ҳамда суриш ва хайдаш трубаларидаги каршиликни енгишга сарфланади.

Насоснинг унумдорлиги (суриши) ёки сарфи деб, унинг вақт бирлигида сурган суюклик хажми Q га айтилади. Суриш $\text{м}^3/\text{соат}$, $\text{л}/\text{с}$ ва бошка бирликларда улчанади. Содда амалий поршенли насоснинг сарфи куйидагига тенг:

$$Q = F \cdot L \cdot \frac{n}{60}$$

бу ерда F - поршень кундаланг кесимининг юзаси; L - поршеннинг юриши (йули); n - поршеннинг бир минутда бориб келиш сони (ёки кривошип -шатунли механизмнинг айланиш сони).

Куп амалий поршенли насоснинг сарфи:

$$Q = F \cdot L \cdot \frac{n}{60} \cdot i$$

бу ерда i - насос цилиндрларининг сони.

Икки амалий бир поршенли насоснинг -сарфи:

$$Q = (2F - f)L \cdot \frac{n}{60}$$

бу ерда f - шток кундаланг кесимининг юзи.

Бошка турдаги насосларнинг сарф формуласи тегишли насос гяпирил ганда берилади.

Суриш баландлиги

Поршеннинг кайтма харакати вақтида суриш камерасида босим камайиб, суриш клапани очилади ва суриш трубасидаги суюклик камерага кира бошлайди. Суриш трубасидан камерага суюкликнинг утиб туриши натижасида суриш трубасида сийракланиш (вакуум) ҳосил бўлади. Бу уз навбатида сув манбаидан сувнинг суриш трубасига одиб киришига сабаб бўлади. Насос сув сатҳига нисбатан юқорирок жойлашган бўлса, у ҳолда суриш трубасидаги абсолют босим суюкликнинг туйинган буглари босимидан камайиб кетиши мумкин. Бунда суюкликда эригай газлар ва суюклик буги ажралиб чиқиб пуфакчалар ҳосил килади. Босим яна ортганда пуфакчалар ичидаги газ ва буг яна эриб кетиб, уларнинг урнига суюклик интилади. Натижада гидравлик зарб ҳосил бўлади (буни биз кавитация ҳодисаси деб атаган эдик). Кавитациянинг асосий зарарларидан бири унинг кучайиб кетиши натижасида насоснинг мослашган иш тартибининг бузилишидир. Иккинчи зарари кавитация кучайган жойларда металл емирилади. Шунинг учун суриш трубасидан насосга киришда ҳаво калпоги урнатилади.

Баъзан ҳаво калпоги гидравлик зарбни сусайтириш билан бирга, суришни теқислаш мақсадида, ҳайдаш трубасининг бошланишига ҳам урнатилади. Суриш трубасида босим айланиш сонининг ва суриш баландлигининг ортиши натижасида камайиши мумкин.

Айланиш сонининг ортиши поршеннинг тезлигини ошириб, суриш трубасида босимнинг камайиб кетишига олиб келади. Суриш баландлигининг ортиши ҳам суриш трубасида босимнинг камайишига таъсир қилиб, кавитация ҳодисасини вужудга келтиради. Суриш баландлиги маълум чегарадан утганда кавитация кучайиб суришнинг тухташига олиб келади.

Ана ту (чегара қиймати чегара суриш баландлиги дейилади. Чегара суриш баландлигини аниқлаш учун 4.2- расмдан фойдаланамиз. Таъминловчи идишдаги сатҳни биринчи кесим, насосга киришдаги сатҳни иккинчи кесим деб, бу икки кесимга Бернулли тенгламасини қўлаймиз. Биринчи кесимда босим p_1 тезлик, g_1 иккинчи кесимда босим p_c (суриш босими) тезлик g_c (суриш тезлиги) кесимлар сатҳининг фарқи H_c (суриш баландлиги) деб ҳисоблаб қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = \frac{p_c}{\gamma} + \frac{g_c^2}{2g} + H_c + h_{12}$$

Бундан суриш баландлигини топамиз:

$$H_c = \frac{p_1}{\gamma} - \left(\frac{p_c}{\gamma} + \frac{g_c^2 - g_1^2}{2g} + h_{12} \right)$$

Албатта h_{12} гидравлика қисмида қўрилгандек суриш трубасидаги гидравлик йукотишларнинг йигиндисидан иборат, яъни

$$h_c = h_{12} = \lambda \frac{l_c}{d_c} \frac{g_c^2}{2g} + \sum_{i=1}^n \xi \frac{g_c^2}{2g}$$

бу ерда биринчи ҳад ишқаланиш қаршилиги бўлиб, суриш трубасининг узунлиги l_c ва диаметри d_c га боғлиқ; иккинчи ҳад маҳаллий қаршиликлар йигиндисидир.

тенгламадан куринадики, суриш баландлиги таъминловчи идишдаги босимнинг ортиши билан ортиб, суриш босими эса суриш тезлиги ва суриш трубасидаги каршилиқнинг ортиши билан камаяди. Агар таъминловчи идишдаги босим атмосфера босимига тенг ($p_1 = p_a$), тезлик нолга тенг ($v = 0$) (очик идиш), суриш босими эса суюкликнинг буг босимига тенг булса, у холда (4.7) тенглама куйидагича ёзилади:

$$H_c \leq \frac{p_a}{\gamma} - \left(\frac{p_t}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g} + h_c \right)$$

Бунда тенглик белгиси H_c нинг чегара суриш баландлигига тенг булган холини курсатади. Чегара суриш баландлиги H_c суриш тезлиги v_c , суриш трубасининг каршилиги h_c ва туйинган буг босими p_t ни хисобга олмаган холда хам денгиз сатхида 20°C температурада 10 м дан ошмайди. Амалий текширишда чегара суриш баландлиги 6 ... 8 м, суриш тезлиги эса $v_c = 1 \dots 1,5$ м/с булади.

14 маъруза Насосларда энергия баланси, унинг ФИК ва бошка параметрлари

Режа.

1. Насосларнинг энергия баланси.
2. Насосларнинг фойдали иш коэффициенти.
3. Насосларнинг параметрлари.

Насос сурилайтган суюкликка маълум микдорда энергия беради. Лекин бу энергия насосга двигатель томонидан берилган энергия микдорига тенг эмас, яъни двигатель берган энергиянинг бир қисми то суюкликка берилган энергия даражасига етгунча сарф булиб кетади. Бу сарфни насоснинг куввати ва фойдали иш коэффициентини текшириш давомида аниқланади.

Насоснинг куввати деб, унинг вақт бирлигида бажарган ишига айтилади. Кувват кгм/с, О.К., кВт ва бошка бирликларда улчанади. Насоснинг бирор t вақтда кутарган суюклиги G кг, босими H булса, унинг бажарган иши куйидагига тенг булади:

$$A = G_c H t.$$

Юқорида айтилганга

асосан:

$$N = \frac{GHt}{t},$$

лекин

$$G_c = \gamma \cdot Q,$$

шунга асосан кувват куйидагича топилади:

$$N_\Phi = \gamma \cdot Q \cdot H_{\text{ккг}} / \text{с}.$$

куватни кВт ларда ифодаласак:

$$N_{\phi} = \frac{\gamma \cdot QH}{\eta \cdot 102},$$

о. к. да ифодаласак:

$$N_{\phi} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta \cdot 75}.$$

Олинган кувват формулалари насоснинг суюкликка берган энергиясини ифодаловчи фойдали кувватни беради. Амалда эса двигателнинг вални айлантиришга сарфланган куввати бу формулалар буйича хисобланган микдордан анча куп булади. Двигателнинг валга берган куввати билан фойдали кувватнинг фарки суюкликни кутаришда турли каршиликларни енгишга сарф булади.

Насоснинг фойдали иш коэффиценти (ФИК) деб, фойдали кувватнинг валга берилган кувватга нисбатига айтилади:

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N}.$$

Буни назарга олганда суюкликни суриш учун сарф булган умумий кувват двигатель сарфлаган кувватга тенг эканлигини биламиз. Умумий кувват куйидаги формулалар ёрдамида хисобланади:

$$N = \frac{\gamma Q \cdot H}{\eta} \text{ кз / с;}$$

$$N = \frac{\gamma Q \cdot H}{75\eta} \text{ о.к;}$$

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102\eta} \text{ кВт}$$

Юкоридагиларга асосан айтиш мумкинки, ФИК η суюкликни кутаришдаги барча энергия йукотишларини ифодаловчи микдордир. Бу йукотишлар уч турга булинади: гидравлик, механик ва хажмий.

1. Гидравлик йукотишлар — насосдаги гидравлик каршиликлар насосга кириш ва чикишда, уюрмалар хосил булишида ва х. к. лардаги гидравлик ишкालанишни енгишга сарфланадиган энергиядир. Бу йукотишлар гидравлик ФИК билан хисобга олинади:

2. Механик йукотишлар— насоснинг подшипникларидаги ишкालанишга, кривошип-шатунли механизмларга ва уз эхтиёжларига сарфланган кувват йукотишлари булиб, механик

$$\eta_{\text{м}} = \frac{N_i}{N_b}, \text{ ФИК билан хисобга олинади:}$$

$$\eta_x = \frac{Q}{Q + \Delta Q}$$

бу ер да ΔQ — насосдаги суюкликнинг хажмий йукотишлари. Хажмий ФИК насоснинг герметиклик даражасини ва ишлаш шароитини характерлайди.

Шундай килиб, насоснинг асосий параметрларидан бири булган тулик ФИК юкоридаги учта ФИК нинг купайтмасидан иборат:

Хажмий ФИК η_x куйидагича ифодаланади:

$$\eta = \eta_r \cdot \eta_M \cdot \eta_x$$
$$\eta_x = \frac{Q}{Q + \Delta Q}$$

бу ер да ΔQ — насосдаги суюкликнинг хажмий йукотишлари. Хажмий ФИК насоснинг герметиклик даражасини ва ишлаш шароитини характерлайди.

Шундай килиб, насоснинг асосий параметрларидан бири булган тулик ФИК юкоридаги учта ФИК нинг купайтмасидан иборат:

$$\eta = \eta_r \cdot \eta_M \cdot \eta_x$$

Поршенли насосларда $\eta = 0,7 \dots 0,9$ га, марказдан кочма насосларда эса $0,6 \dots 0,8$ га тенг. Насос двигателига керакли кувват $N_{ДВ}$ ушбу формула билан аникланади:

$$N_{ДВ} = \frac{N_b}{\eta_{узат}} \cdot a$$

бу ерда $\eta_{узат}$ - узатиш ФИК; a – двигателнинг тасодифий ута зурикишига карши запас коэффициент; u двигатель кувватига караб $1,1; 1,1 \dots 1,5$ га тенг.

15 маъруза Насос конструкцияларининг намуна схемалари Режа.

- 1. Турли хилдаги насосларнинг конструкциялари.**
- 2. Икки томонлама ишлайдиган плунжерли насослар.**
- 3. Поршенли дифиринциал насослар.**

Поршенли насослар кулланиш шароитига караб турлича конструкцияланади. Хозирги вақтда мавжуд насослар конструкция тузилишига караб турлича булади: а) юритгичларига караб юритгичи кривошип-шатунли, юритгичи крииошип-шатунсиз, бевосита ишлайдиган ва кул насослари; б) укнинг жойланишига караб горизонтал ва вертикал укли насослар; в) тортадиган суюкликига караб сув, иссик ва агрессив суюкликлар, лойка ва хоказолар тортувчи насослар; г) айланиш сонига караб тезюрар ва секинюрар насослар; д) суюкликни тортишда тулик айланиш даврида неча марта суриш ёки хайдаш процесси булишига караб бир, икки, уч, турт ва куп томонлама ишлайдиган насосларга ва хатто поршени хамда клапанларнинг

жойлаштирилишига караб классификацияланади. 4.2- расмда бир томонлама ишлайдиган кривошип-шатун механизми насос келтирилган. Бунда плунжер - вертикал ёки горизонтал жойлашган булиши мумкин. Агар плунжернинг урнига поршень ишлатилса, мойдон керак булмай қолади, лекин поршень йули узунлиги билан баробар, ички сирти силлик пардозланган-гильзаланган цилиндр керак булади.

Вертикал жойлашган цилиндр ва поршень ишлатилган холларда хайдаш клапанини поршенга урнатиб, утувчи поршенли насос (4.3- раем) куриш кулайроқдир.

Икки томонлама ишлайдиган насосларда суриш ва хайдаш поршень (плунжер) нинг икки томонида ҳам амалга оширилади; Натижада насоснинг суриши икки баравар ортади ва тулик айланиш даврида текисроқ ишлайди. 4.4- ва 4.5- расмларда икки томонлама ишлайдиган поршенли ва плунжерли насосларнинг схемаси келтирилган. Уч, турт ва куп томонлама ишлайдиган насослар камроқ кулланилиб, суриш бир текис булиши бир айланишда текисроқ ишлаши билан фаркланади, тузилиши буйича юкоридаги келтирилган турлардан кам фарк қолади. Уч томонлама ишлайдиган насосда учта бир томонлама ишлайдиган насос, турт томонлама ишлайдиган насосда икки томонлама ишлайдиган иккита насос бараварига ишлайди.

Юкорида айтилганлардан дифференциал насослар анчагина фарк қолади. Бу насосларда плунжер чапдан унга харакат қилганда суриш камерасида суриш клапани очилиб, хайдаш клапани ёпилади ва субклик сурилади, плунжернинг унг томонидаги ёрдамчи камерада эса сикилиш процесси натижасида босим ортиб суюклик хадаш трубага оқа бошлайди. Плунжер унгдан чапга харакат қилганда суриш камерасида босим ортиб, суриш клапани ёпилади, хайдаш клапани эса очилади. Натижада суюклик суриш камерасидан чикиб, унинг бир қисми хайдаш трубага оқади, қолган қисми ёрдамчи камерага сурилади. Шундай қилиб, хайдаш трубага (истеъмолчига) суюклик бир текис етказиб берилади.

Дифференциал насослар икки томонлама ишлайдиган насосдек ишласа ҳам, улардан турт клапан урнига факат икки клапандан фоидаланиши билан фаркланади. Шу билан бирга дифференциал насоснинг хажми бир томонлама ишлайдиган насос хажмидан унча катта булмайди.

Баъзан суришни хайдаш трубага эмас, суриш трубага бир текис таъминлаш зарур булганда юкорида айтилган усулни суриш трубага томонига куллаш мумкин.

Амалда ишлатиладиган поршенларнинг баъзи турлари келтирилган.

Насосларнинг ишлаш шароитига караб турли клапанлар танлаб олинади. Клапанларнинг ишлашида уларнинг уз вақтида очилиб ёпилиши муҳим роль уйнайди. Суюкликнинг факат динамик кучи таъсирида ёки клапаннинг икки томонидаги босимлар фарқи таъсирида очилиб - ёпиладиган ва бошка ёрдамчи механизмлари булмаган клапанларга мустақил клапанлар дейилади.

Бирор механизм иштирокида очилиб - ёпиладиган клапанлар номустақил клапанлардир.

Клапан курилмасининг харакетига караб улар кутарма, ташлама ва золотниксимон клапанларга булинади. Кутарма ва ташлама клапанлар мустақил

ва номустикал эмас булиши мумкин, золотни ксимонлар эса факат номустикал булади.

Клапанларга куйилган асосий талаб уларнинг клапан каналининг зич ёпилишини таъминлашидир. Бу талаб бажарилмаса, клапан остига насос ишини бузиши мумкин булган бирор нарса (кум, чуп, курум, латта ва х.к.) лар кириб колиши мумкин.

Клапанлар турли конструктив шаклларга эга булади: тарелкасимон, конуссимон, шарсимон клапанлар. Шарсимон клапанлар тоза булмаган суюкликларни суришда кулланилади.

Бошка тур хажмий насослар: шерстерняли, коловоротли, винтли, плунжерли, диафрагмали насослар. Уларнинг кулланиш сохаси.

Хажмий роторли насослар шестерняли, винтли, пластинкали (шиберли) ва айланма поршенли турларга булинади. Улар узгарувчан сарфли ёки бошкариладиган ва узгармас сарфли ёки бошкарилмайдиган булиши мумкин.

Бу турдаги насосларнинг сарфи иш бушлиги катталигига ва роторнинг айланишлар сонига боглик; насос элементларининг пухталиги босим тармогидаги каршиликка мос булиши керак. Агар босим тармогидаги задвижка тасодифан ёпик булиб колса ва насос мухофаза апаратлари билан таъминланмаган булса, бу холда насос синади ёки насос двигатели ишдан чиқади.

Роторли насослар хар хил бир жинсли суюкликларни узатишда автоном курилма сифатида, шунингдек, гидроприводлар таркибида суюкликни харакатлантирувчи ёки суюкликка керакли энергия (босим) берувчи насос холида ва узи харакатланаётган суюклик ёрдамида харакат олиб, энергиясини бошка машиналарга, курилмаларга узатувчи гидродвигателлар холида ишлатилиши мумкин. Роторли узатувчи гидродвигателлар холида ишлатилиши мумкин. Роторли насосларнинг хажмий ФИК и 0,7 ...0,95 атрофида булиб, насоснинг ишкаланувчи кисмларининг ёйилишига мос узгаради. Насос аник ишлангани учун механик ФИК юкори – 0,95 ... 0,98 атрофида булади. Буларга нестерняли, коловоротли, винтли, плунжерли, диафрагмали насослар киради.

1. Шестерняли насосларнинг тузилиши жуда содда. Оддий шестерняли насосларнинг асосий иш деталлари иккита бир хил шестерня 1 булиб улар узаро ишлашган ва корпус 2 ичига жойлашган булади. Етакловчи шестерня харакатни двигателдан олади. Насосда иккита копкок булиб, уларда етакловчи ва етакловчи валиклар подшипник ва сальниклар билан таъминланган. Насос корпусида иккита тешик бор, биттаси С – суриш тешиги – шестерня тишчалари узаро ажралаётган томонда, иккинчиси тескари томонда – тишчалар ишлаётган томонда булиб, хайдаш тешиги х дейилади. Насоснинг ишлаш принципи куйидагича. Етакловчи вал узида урнатилган шестерняси билан двигатель ёрдамида харакатга келтирилади, етакланувчи шестерня эса, ундан айланма харакат олади. Шестернялар айланаётганда тишлар суриш бушлигида (С) бир – биридан узоклашади. Натижада тишлар орасидаги чукурчада суюкликнинг катта тезликда олиб кетиши сабабли суриш бушлигида сийракланиш вужудга келади ва суриш тешигига суюклик кела бошлайди. Тишлар орасидаги чукурчалардаги суюклик тишлар узаро илашиш пайтида хайдаш бушлиги (х) га сикиб чиқарилади, натижада хайдаш бушлигида босим ортиб, суюклик тармокка узатилади.

Шестерняли насослар ишлаётганда тишлар орасидаги чукурчаларда катта босим вужудга келиб, у валик ва насос таянчига берилади. Бу кучларни камайтириш учун тишлар орасидаги тешикчаларда суюкликнинг қолиб кетишига йул куймаслик керак. Шу мақсадда юкори босимли насослардаги чукурчаларга радиал арикчалар килинади. Бу арикчалардаги колдик суюклик чиқариб юборилади, натижада насос таянчи ва валиклардаги юк камаяди. Шестерняли насослар ташки ва ички илашувчи килиб ясалади. Ташки илашувчи насослар куп ишлатилади. Ички илашувчи компакт насослар кичик курилмаларда ишлатилади. Шестерняли насослар хосил қилган босимга қараб паст (10 кг/см^2 гача), уртача (30 кг/см^2 гача) ва юкори (100 кг/см^2) босимли булади. Паст босимли насослар станок ва машиналар, ички ёнув двигателларининг системаларида кулланилади. Уртача босимли насослар куч органларига ҳаракатни тез узатиш керак буладиган станокларнинг гидроузатмаларида (масалан, пармалаш, пардозлаш станокларида) ишлатилади. Юкори босимли насослар станокнинг ички органига катта куч узатиш лозим булган гидроузатмаларда кулланилади. Шестерняли насос 2, 3, 4 ва ҳатто 5 шестерняли булиши мумкин, аммо 3 дан юкори шестернялар кулланилганда ФИК камайиб кетади. 3 шестерняли насос 2 шестернялига нисбатан катта иш унумига эга, лекин ҳажмий ФИК кичик. Кейинги вақтларда ҳажмий ФИК ни ошириш мақсадида гидравлик компенсаторли шестерняли насослар чиқарила бошлайди. Ён четдаги тиркишларни гидравлик компенсациялаш учун втулка кучли ишқаланиш ва едирилиш хосил қилмайдиган килиб шестерняга маҳкам сиқиб куйилади. Бундай ташқари, ён кистирмалардан фойдаланиб, ён четдаги тиркишларни кичрайтириш усулидан ҳам фойдаланилади. Бу кистирмалар эластик деворли катакчаларга эга булиб, шайба тарзида шестерня билан насос корпуси орасига куйилади. Насос ишлаётганда девордаги тиркишлардан кистирма катакчалари мойга тулатилади. Босим остида катакча тусиклари деформацияланади ва тиркишлардаги мой шестерня ёнларига сиқилади. Хусусий ҳолда насосларнинг шестерняси икки тишли килиб ясалади. Бундай насосларга қоловоротли насослар дейилади.

2. Винтли насослар. Винтли насослар суюкликни бир текис тортиши билан фарқ қилади. Улар юкори ФИК ига эга, ихчам, ишга қулай, юкори босимда ва катта айланишлар сонида шовкинсиз ишлай олади. Винтли насослар бир, икки, уч ва ҳоказо винтли

2. Винтли насослар. Винтли насослар суюкликни бир текис тортиши билан фарқ қилади. Улар юкори ФИК ига эга, ихчам, ишга қулай, юкори босимда ва катта айланишлар сонида шовкинсиз ишлай олади. Винтли насослар бир, икки, уч ва ҳоказо винтли булади. Бир винтли насослар ҳажмий насосларнинг ҳамма афзалликларини мужассамлаштирган булиб, улар юкори босимда узатилаётган суюкликни жуда кам аралаштиради ва катта суриш баландлигига эга. Ундан ташқари, плунжерли ва поршенли насослардан ҳаракатланадиган деталларнинг қамлиги (1 та винт), клапанларнинг ва мураккаб утиш жойларининг йуклиги билан фарқланиб, улар гидравлик қаршилиқни камайтиради. Бир винтли насосларда тортиш бир текис булгани учун инерция таъсири булмайди, натижада суриш яхшиланади. Бу насослар ихчам, енгил, содда тузилгандир. Совет Иттифоқида бир винтли насослар қумир шахталаридан ифлосланган сувларни

тортиб олишда, хавзалардан нефтни суришда, кудуклардан сув тортишда ва ачиткиларни транспортировка килишда ишлатилади.

Бир винтли насосларнинг ишлаш принципи куйидагича. Ички томони винт шаклида профилланган цилиндрда винт айланади. Цилиндр узига хос профилли булгани ва винт айланиши сабабли суюкликнинг чексиз харакати вужудга келади. Цилиндрнинг ички винтсимон юзаси ва винт юзаси орасида ёпик бушликлар ёки хажм хосил булади. Бу бушликларнинг вақт бирлиги ичидаги умумий хажмига мос равишда насоснинг сарфи ошади. Суриш томонидаги бушлик хажми катталашганда насоснинг кириш кисмида босимлар айирмаси хосил булади ва бу бушлик суюкликка тулади. Бирор вақтдп бушлик ёпилади ва бу цилиндрнинг хайдаш томонига харакатлана боради: хар бир бушлик маълум хажмдаги суюкликни олиб чиқади. Винтнинг бир тулик айланишидаги суюклик цилиндр буйича бир кадам узунликка силжийди ва узгармас кесимдан тукилади. Ёпик бушликларнинг силжиши натижасида босим суриш босими p_c дан хайдаш босими p_x гача ошади.

Энг куп тарқалган винтли насосларга уч винтли насослар киради. Винтли насосларда асосий иш органи винтлар булиб, улар айланма харакат килади. Иш винти вазифасини факат етакловчи винт бажаради. Етакланувчи винтлар узатилаётган суюкликнинг босими таъсирида айланади, шунинг учун эксплуатация даврида винтлар тез ишдан чикмайди, ейилмайди ва ишончли булади. Етакланувчи винтлар зичлагич ролини утаб, узатиш камерасидан суриш камерасига суюкликнинг кайтиб тушишига тускинлик килади. Етакловчи винтнинг ички диаметри ва етакланувчи винтнинг ташки диаметри узаро тенгдир. Учта винтнинг кесимлари иш вақтида узаро тегиб чексиз юза булими хосил килади ва суюкликни суриш камерасидан узатиш камерасига сурувчи поршень ролини бажаради. Булиим юзаси винтнинг хар бир кадамида такрорланади, кадамлар сони иш узунлигида купайган сари бушликлар сони ошиб боради. Винт кадами чегарасидаги хар бир бушлик куп погонали насослардаги айрим погона урнида булиб, винт узунлиги купайиши билан юкори хажмий ФИК ли катта босим осил килади. Винтли насос учта асосий кисмдан иборат: статор, насос корпуси ва ротор (етакловчи винт). Ленинград металл заводида МВН 10 маркали винтли насоснинг принципиал схемаси яратилган. Бу насосда туртта винт бор: уртадаги иккитаси етакловчи ва иккитаси етакланувчи. Винтларнинг кесик жойлари статор ичида гипс жойлашган булиб, подшипникка ухшаб айланади. Статорни бошкача килиб рубашка хам дейишади, ундаги винтлар узунлиги эса иш узунлиги дейилади. Рубашка охирига суриш ва хайдаш камералари келиб бирлашган. Етакловчи валнинг охири корпусдан чикиб туради ва муфта ёрдамида двигателга уланади. Укий босимни мувозанатлаш максатида насос винтларида ёки корпусда суюклик хайдаш камераси томондан суриш камераси оркасидаги винт тагига суюклик окиб тушадиган арикчалар ясалади.

Насосни бузилишлардан саклаш учун саклагич клапанлар куйилган. Уч винтли насосларнинг ишлаш принципи куйидагича. Етакловчи винт двигателдан айланма харакатга келтирилади, бундай винтларнинг ажратиш текислиги суриш камерасининг чуқурчаларида жойлашган бир хажм суюкликни кесиб ажратиб олади. Кейин суюклик винт буйлаб хайдаш камерасига, ундан хайдаш трубасига

караб харакатланади. Шу пайтда суриш камерасида сийракланиш булади, натижада суриш трубасидаги суюклик суриш камерасига тушиб, винт чукурчасини тулдиради; бу процесс чексиз давом килади ва насос ишининг узлуксизлигини таъминлайди.

Суюклик кесими юзаси томонидан ажратиб олинмасдан олдин $p = p_a - p$ босими остида харакатланаётган булса, унинг кейинги харакати винтларнинг кесими юзаларининг босими остида содир булади (поршенга ухшаб). Суюклик насосга узлуксиз берилгани сабабли бир текис суриш руй беради. Винтли насослар $4 - 7 \text{ кг/см}^2$ дан 20 кг/см^2 гача босимлар учун тайрланади. Чегара суриш баландлиги $8 \dots 9 \text{ м}$ сув устунига тенг. Винт иш узунлигидаги урамлар сони, асосан, паст босимли насослар учун $z = 5 h$, урта босимлар учун $z = 3 h$ ва юкори босимлар учун $z = 5 h$ деб кабул килинган (бунда h – винт кадами).

3. Плунжерли насослар. Плунжерли насосларнинг ишлаш принципига ухшаш булиб, улар конструктив схемалари буйича бир – биридан фарк килади. Бу насосларда иш органи сифатида поршеннинг урнига плунжердан фойдаланилади. Плунжерларнинг поршендан фарқи шундаки, уларнинг кундаланг кесими узунлигига нисбатан бир неча баравар кичик булиб, компрессион ва мой сидириш халкалари булмайд.

4. Диафрагмали насослар. Химиявий актив суюкликларни ва моддаларнинг катта заррачалари аралашган суюкликларни суриш учун поршенли насосларнинг махсус турлари ишлатилади. Бундай насосларнинг энг таркалган тури диафрагмали ёки мембранали насосдир.

Бу насосларнинг ишлаш принципи плунжерли ёки поршенли насосларнинг ишлаш принципига ухшайди ва суспензияларни ҳамда металл кисмларнинг емирилишига катта таъсир килувчи актив суюкликларни суришда ишлатилади. Насоснинг цилиндри 1 ва плунжери сурилаётган суюкликдан эластик тусик 3 – диафрагма (мембрана) билан ажратилган булиб, тусик юмшок резина ёки махсус пулатдан тайёрланади. Плунжер оркага юрганда диафрагма бушлигининг унг кисмида сийракланиш хосил булади. Натижада диафрагма унг томонга эгилиб, сийракланиш бушликнинг чап томонига, сунгра насоснинг иш бушлигига берилади. Бу эса худди поршенли насослардаги каби суриш клапани очилиб, суриш процессининг содир булишига сабаб булади. Плунжер олдига юрганда эса диафрагма бушлигининг унг кисмида босим ортиб, диафрагма чапга эгилади. Шу йул билан босимнинг ортиши иш бушлигига берилиб, суриш клапани 4 ёпилади, сунгра хайдаш клапани 5 очилиб, суюкликнинг хайдаш бошланади. Бунда плунжер ва цилиндр сурилаётган суюкликдан ажратилгани учун химиявий актив моддалар таъсирида булмайд ва занглаш, эрозия ходисаларидан холи булади. Насоснинг сурилаётган суюкликка тегиб турадиган кисмлари (иш бушлиги, клапанлар ва х.к.) кислота бардош материаллардан килинади ёки кислота бардош моддалар билан копланади. Баъзи холларда шток бевосита диафрагмага уланган булиб, харакат хайдаш юкорида айтилгандек амалга оширилади. Бундай насослар автомобиль, трактор ва бошка кишлок хужалик машина двигателларининг таъминлаш системасида кулланилади. Бу машиналарда харакат штокка газ таксимлаш валининг эксцентриги ёрдамида берилади.

16 маъруза Марказдан кочма насоснинг тузилиши

Режа.

1. Марказдан кочмас насосларнинг тузилиши.
2. Марказдан кочмас насосларнинг ишлаш принципи.
3. Марказдан кочмас насослар иш гилдирагининг назарияси.

Одатда, марказдан кочма насоснинг иш гилдираги шундай жойлаштириладики, суюклик унинг атрофидаги бушлик оркали утиб, сунгра ундан радиус буйича узоклашади. Насосларнинг тузилиши булади. Суриш трубаси оркали таъминловчи идишдан кутарилган суюклик камеранинг урта кисмига киради. Сунгра вал 1 оркали харакатга келтирилувчи иш гилдираги 2 нинг кураклари 3 орасидан утиб, насос камераси 4 га тушади. Бу ерда марказдан кочма куч таъсирида хосил булган босим суюкликни хайдаш трубасига сикиб чикаради. Суюкликнинг хайдаш трубасида маълум микдордаги тезлик билан окишини таъминлаши учун утказувчи камера, йуналтирувчи аппарат ва диффузор каби бир канча махсус мосламалардан фойдаланилади. Насосдаги сурилиш кабул килувчи идишдаги суюклик сатхига таъсир килувчи босим билан суриш трубасидаги сийракланиш босими орасидаги фарк хисобига амалга ошади. Бунда айтилган босимлар фарки суриш баландлигин, суриш трубасидаги каршиликларни енгишга ва суюкликка тезлик беришга сарф булади. Бу тезлик суюкликнинг камерага ва сунгра парраклар орасидаги каналга киришига ёрдам беради. Табиийки, бунда таъминловчи идиш билан суриш трубасидаги босимлар фарки сурилаётган суюклик буглари босимида кам булмаслиги керак. Хайдаш баландлиги марказдан кочма насос енгиши мумкин булган энг юкори баландлик булиб, гилдиракнинг ташки айланмасидаги тезлик канча катта булса, у хам шунча катта булади.

Насос корпусининг тузилиши хам хайдаш баландлигининг юкори булишига катта таъсир килади. Шунинг учун насоснинг корпусида сурилиш йули, спирал йули ва йуналтирувчи аппаратлар мосланган булади.

Сурилиш йули – корпуснинг суриш трубасидан иш гилдирагига утишдаги каналидир. Суюкликнинг насосга суриладиган йулининг энг яхши шакли ук йуналишидаги конус куринишида булади.

Тезюрарлиги уртача ва кичик булган насослар учун насосга сурилиш йули спирал шаклида булиши мумкин. Тезюрарлиги юкори булган насосларда эса ук буйича сурилиш тезликни 15 ... 20 % оширувчи конфузор оркали амалга оширилади. Спирал куринишдаги сурилиш камераларини хисоблашда суриш тезлиги $C_{\text{сур}}$ гилдиракка кириш тезлиги c_1 га караганда анча кичик килиб олинади: $C_{\text{сур}} = (0,85 \dots 0,70) c_1$.

Спирал йул. Суюкликнинг насосдан чикиш канали – спирал камера тузилиши содда булгани учун йуналтирувчи аппаратга караганда каршилиги кам булади (яъни ФИК катта). Лекин спирал камеранинг каналларини механик усулда силликлаб булмайди. Сунгги вақтларда металл куйиш анча аниқ ва тоза

бажарилгани учун спирал камералар купрок кулланила бошлади (хатто куп погонали насосларда ҳам кулланилмокда).

Иш гилдирагидан чиккан суюклик заррачаси спирал камеранинг бирор кисмига кирганда сунг радиус буйича харакатланишда давом этиши билан бирга айланма харакат ҳам килиб, чикиш томонга интилади ва узидан кейин келаётган заррачага уз урнини бушатиб беради. Спирал камерани хисоблашда айланма тезликнинг тегишли радиус – векторга купайтмаси узгармас деб кабул килинади. Натижада спирал камерада суюклик тезлиги чикишга караб камайиб боради. Бу хол насоснинг ишлашига яхши таъсир килади ва тезликнинг камайиши потенциал энергиянинг ортишига олиб келади. Бунда табиийки, тезликнинг камайиб боришига кесимнинг а куриниши б куринишга караганда купрок таъсир килади.

Одатда спирал камерада тезлик куйидагича формула билан хисобланади:

$$c_c = k_c \sqrt{2g \cdot H},$$

бу ерда K_c – тезюрарлик коэффицентига боглик булиб, 0,45 дан 0,2 гача узгаради.

Эслатиб утиш керакки, хар кандай спирал камера факат тегишли хисобланган сарф учун тулик самара бериб, сарфни узгартирганда унинг каршилиги хисобланган харакат бузилади, бу эса ФИК га таъсир килади. Тезликни камайтириб, юкори босим олиш учун чикиш олдида диффузордан фойдаланиш яхши натижа беради.

Йуналтирувчи аппарат. Йуналтирувчи аппарат иш гилдирагидан чиккан суюкликнинг радиус буйича кенгайиб бориши давомида суюклик кесимини айлана буйича ҳам ортиб боришга мажбур килади. Натижада аппаратдан утиш давомида тезлик камайиб боради. Йуналтирувчи аппаратда суюклик заррачалари тугри чизикли йуналишда огиб, аппарат парракларига босади ва уни иш гилдираги уки атрофида айланишга мажбур килади. Кураксиз йуналтирувчи аппаратларда суюкликка радиал цуналишга якин тезлик бериб булмайди. Шунинг учун бундай апаратлар камрок кулланилади. Парракли йуналтирувчи апаратларда эса суюклик заррачаларига иш гилдирагидан чиккандаги тезликдан тамом фаркли тезлик бериледи. Бундан ташкари, кесими узгармайдиган кураксиз йуналтирувчи аппарат нисбатан куракли йуналтирувчи аппаратда тезликни купрок камайтириб, кинетик энергияни потенциал энергияга купрок айлантириш мумкин.

Йуналтирувчи апаратнинг тузилиши иш гилдирагидан чиккан суюкликнинг хайдаш трубасига киришини осонлаштиради.

17 маъруза Иш гилдираги назарияси асослари

Режа.

1. Насослар иш гилдирагининг назариясининг асослари.
2. Кураклар иш гилдираги.
3. Кураклар радиал йуналишга эга булган иш гилдираги.

Иш гилдираги марказдан кочма насоснинг асосий кисмини ташкил килиб, унинг тузилишига асос булади. Юкорида айтганимиздек, насосларда суюкликка марказдан кочма куч ёрдамида кинетик энергиянинг мумкин қадар купрок купрок кисми потенциал энергияга айлантирилади.

Турбиналарда ҳам асосий кисм иш гилдираги булиб, у суюклик энергияси ёрдамида ҳаракатга келади. Бунда турбинадан утаётган суюклик унинг куракларига маълум куч билан босим уни айланма ҳаракатга келтиради. Бу ҳаракат эса генератор роторини айлантиради. Гидравлика булимидаги каби насос ва турбинадаги ҳаракатни ҳам бир улчовли ҳаракатга келтириб, иш гилдирагидаги суюклик массасининг ҳаракати элементар оқимча ҳаракати каби қаралади.

Айтилган усул билан марказдан кочма насос учун тенглама 1755 йилда Л.Эйлер томонидан чиқарилган булиб, кейинчалик куракли машиналар назариясида асосий тенглама деб юритиладиган булди ва турбиналар ҳамда бошқа турдаги куракли машиналарда ҳам қулланила бошлади. Эйлер тенгламаси иш гилдирагининг геометрик ва кинематик характеристикаларини насос ҳосил қилган босим билан боғлайди. Бу тенглама қуйидаги иккита масалани ҳал қилишга ёрдам беради:

1) берилган сарф ва ҳосил қилиниши керак булган босим буйича иш гилдираклари сони ва унинг улчамларини топиш;

2) берилган иш гилдираги ва валнинг айланиш сони буйича сарф ва ҳосил буладиган босимни ҳисоблаш.

Тенгламани чиқаришда:

1) куракларнинг чеклилиги ҳисобга олинмайди;

2) кураклар орасидаги каналлардан утаётган суюкликлар бир хил шароитида оқади деб қаралади. Ана шундай йул қуйишлар билан ҳисобланишига қарамай натижа жуда тугри чиқади.

Энди, марказдан кочма насос иш гилдирагини ҳосил қиладиган босимни ҳисоблаймиз. Бунинг учун гилдирак каналларидан бирини қураимиз. Суюклик суриш трубасидан каналга C_1 тезлик билан келади. Назарий ҳисобга йукотиш қирмаслиги учун суюкликни каналга «гидравлик зарбсиз» қиради деймиз. Бу деган суз, қиришдаги тезлик C_1 нинг қатталиги ва йуналиши буйича каналнинг бошланишидаги абсолют тезликка, яъни айланма телик u_1 ва куракка нисбатан нисбий тезлик C_1 нинг қатталиги ва йуналиш буйича каналнинг бошланишидаги абсолют тезликка, яъни айланма тезлик u_1 ва куракка нисбатан нисбий тезлик w_1 лардан тузилган параллелограммнинг диагоналига тенг. Каналдан чиқишда суюкликнинг абсолют тезлиги c_2 айланма тезлиги u_2 , нисбий тезлиги w_2 булади. Қиришда босим p_1 , чиқишда p_2 булса, у ҳолда каналнинг қириш ва чиқиш қесимлари учун Бернулли тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{w_2^2}{2g} - H_k + h_{12},$$

бу ерда

h_{12} – икки қесим орасидаги гидравлик йукотиш;

H_k – каналдаги харакат вақтида марказдан қочма қуч ҳисобига босимнинг ортиши.

Босимнинг энергетик маъносини назарга олсак, H_k марказдан қочма қуч ҳисобига ҳосил булган энергияни билдиради. Бу энергия кинетик энергиянинг қуп ортиб, потенциал энергия (босим энергияси) нинг кам ортиши, ёки потенциал энергия қуп ортиб, кинетик энергия кам ортиши қуринишида намоён булади. Биринчи ҳолда иш гилдирагини актив, иккинчи ҳолда эса реактив дейилади. Бундай босимлардан турбиналарда қупрок қулланилади (актив ва реактив турбиналар). Активликнинг чегараси $p_1 = p_2$ тенгликнинг бажарилиши, реактивликнинг чегараси эса $\frac{c_1^2}{2g} = \frac{c_2^2}{2g}$ нинг бажарилиши билан баҳоланади.

Марказдан қочма қуч ҳосил қилган энергия $z_1 - z_2$ масофада бажарилган солиштирма (бирлик огирликдаги суюқлик учун) ишга тенг булади. Агар иш гилдирагининг бурчак тезлиги ω булса, у ҳолда огирлиги G , массаси m булган суюқлик заррасига таъсир қилувчи марказдан қочма қуч $m\omega^2 r$ ёки $\frac{G}{g}\omega^2 r$ га тенг булади. У ҳолда $r_2 - r_1$ масофада бажарилган иш:

$$A = \int_{r_1}^{r_2} \frac{G}{g} \omega^2 r dr = \frac{G\omega^2}{2g} (r_2^2 - r_1^2)$$

га тенг. Бурчак тезлиги ω нинг радиус r га қупайтмаси айланма тезлик u га тенг, шунинг учун

$$\omega^2 \cdot r^2 = u_2^2 \text{ ва } \omega^2 r_1^2 = u_1^2$$

Бу ҳолда

$$A = G \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$$

А ни G га булиб солиштирма иш ёки H_k ни топамиз:

$$H_k = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$$

Буни (4.14) тенгламага қуйиб, қуйидаги тенгликни оламиз:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + h_{12}$$

Иш гилдираги каналига қириш олдидаги босим:

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c^2}{2g}$$

гилдиракдан чиқиш ортидаги босим:

$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{12}$$

У холда кириш ва чиқишдаги босимлар фарқи куйидагича ҳисобланади:

$$H = H_2 - H_1 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{12} - \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} \right)$$

Бир хил индексли ҳадларни тенгликнинг икки томонига группаласак, у холда куйидаги тенгламани оламиз:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{12} - H$$

Энди, (4.15) дан (4.16) ни айирсак, ушбу муносабатга эга буламиз:

$$\frac{\omega_1^2}{2g} - \frac{c_1^2}{2g} = \frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{c_2^2}{2g} - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + H$$

Бу тенгликдан кириш ва чиқишдаги босимлар фарқини топсак, у куйидагига тенг булади:

$$H = \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2g} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$$

Иш гилдираги каналига кириш ва ундан чиқишдаги тезлик параллеограммаларидан фойдалансак:

$$\begin{aligned} \omega_1^2 &= u_1^2 + c_1^2 + 2u_1c_1 \cos \alpha_1 \\ \omega_2^2 &= u_2^2 + c_2^2 + 2u_2c_2 \cos \alpha_2 \end{aligned}$$

Буларни (4.17) га куйиб, баъзи соддалаштиришлардан кейин куйидагини оламиз:

$$H = \frac{\alpha_2 c_2 \cos \alpha_2 - u_1 c_1 \cos \alpha_1}{g}$$

Шундай қилиб, кириш ва чиқишдаги босимлар фарқи ёки бошқача айтганда суюкликнинг иш гилдирагидан олган босими (4.18) муносабат орқали аниқланади ва унга марказдан қочма машиналарнинг асосий тенгламаси ёки Эйлер тенгламаси дейилади. Бу тенглама ҳаракат микдори моментлари теоремасидан фойдаланиб ҳам чиқарилиши мумкин.

Юқорида келтирилган Эйлер тенгламаси барча куракли машиналар учун умумий булиб, бир қанча соддалаштиришлар киритилгандан кейин олинган. Ҳақиқатда эса, иш гилдираги кураклари орасидаги ҳаракат анча мураккабдир. Шунинг учун (4.18) тенглама ёрдамида ҳисобланган босимга назарий босим дейилади. Бу тенгламани насосга қуллаганда $\alpha_1 = 90^\circ$ деб қабул қилиш керак, чунки одатда, суюклик суриш трубази ва суриш камераси орқали утиб, иш

гилдираги каналига радиал йуналишда киради. Бу эса унинг каналга зарбсиз киришини таъминлайди. Шу сабабли Эйлер тенгламаси насослар учун куйидаги куринишда кулланилади:

$$H_n = \frac{u_2 c_2 \cdot \cos \alpha_2}{g}$$

Бу тенглама насос иш гилдираги суюкликка берган босимнинг назарий тенгламаси ёки марказдан кочма насосларнинг асосий тенгламаси деб аталади. Бу тенгламада u_2 айланма тезлик $c_2 \cos \alpha_2$ эса абсолют тезликнинг айланма тезлик йуналишига проекцияси эканлигини назарда тутиш керак. асосий тенглама (4.19) дан куришиб турибдики, u_2 ва c_2 факат босимга боглик булиб, насосдан утаётган суюклик микдорига боглик эмас. 4.19 – расмда келтирилган тезлик параллелограммидан фойдаланиб, (4.19) дан C_2 ни йукотиш мумкин. Насос гилдираги курагининг чикишдаги йуналиши (ёки чикишдаги нисбий тезлик йуналиши) айланма тезлик йуналиши билан β_2 бурчак хосил килади. Тезлик параллелограммидан куринадики (4.19 - расм) u_2 билан c_2 уртасидаги куйидаги муносабат мавжуд:

$$c_2 \cos \alpha_2 = u_2 - \omega_2 \cos \beta_2$$

Бу тенгликни (4.19) га куйсак, ушбу куринишга келади:

$$H_n = \frac{u_2^2}{g} \left(1 - \frac{\omega_2}{u_2} \cos \beta_2 \right).$$

Охириги тенгламадан куринадики, насоснинг назарий босими иш гилдираги айланишлар сонининг квадратига пропорционал (чунки, $\pi d_2 n$) ва кураклар шаклига боглик экан. Бунда учта холни куриш мумкин:

1. Кураклар иш гилдираги айланиши томонига эгилган, яъни: $\beta_2 > 90^\circ$ ва $\cos \beta_2 < 0$. Бу холда (4.20) тенгламада кавс ичидаги микдор 1 дан катта:

$$H_n > \frac{u_2^2}{2g}$$

2. Кураклар иш гилдираги айланишига тескари эгилган, яъни $\beta_2 < 90^\circ$ ва $\cos \beta_2 > 0$. Бу холда (4.20) да кавс ичидаги микдор 1 дан кичик:

$$H_n < \frac{u_2^2}{2g}$$

3. Кураклар радиал йуналишга эга, яъни $\beta_2 < 90^\circ$ ва $\cos \beta_2 < 0$. Бу холда кавс ичидаги микдор бирга тенг:

$$H_n = \frac{u_2^2}{2g}$$

Куришиб турибдики,

назарий босимнинг энг катта киймати кураклар иш гилдираги айланиши томонига эгилганда булиб, энг кичик киймат тескарига эгилганда булади. Лекин β_2 нинг киймати ортган сари гидравлик йукотишлар ортиб, насоснинг гидравлик ФИК и камайиб кетади. Шунинг учун амалда насосларда назарий босим кам булишига карамай β_2 ни 90° дан кичик килиб олинади. Амалда энг куп кулланиладиган бурчаклар 16° дан 40° гача кийматларда кабул килинади. Албатта β_2 нинг кичрайиши иш гилдирагининг реактивлигини оширади. Бу эса турбиналар назариясида кул келади ва айланиш сонининг ортишига сабаб булади. Назарий босимни хисоблашда бир канча содалаштиришлар киритилган. Иш гилдирагига кириш ва ундан чикиш давомида парраклар орасидаги каналнинг кенгайиб боришидан, кураклар эгрилигининг ортиши натижасида циркуляция хосил булади. Бунинг натижасида ва бошка сабабларга кура назарий босимнинг бир кисми сарф булади. Натижада насоснинг амалий босими назарий босимга караганда камрок булади. Насос иш гилдирагидан амалда олинадиган ана шу босимга амалий босим дейилади ва H_2 билан белгиланади.

Амалий босимнинг назарий босимга нисбати насоснинг гидравлик фойдали иш коэффициентини беради:

$$\eta_r = \frac{H_a}{H_n}$$

Гидравлик ФИК 0,8 билан 0,95 уртасида узгарди ва юкорида айтилган сабабларнинг таъсирига караб турли кийматларни кабул килади. Шундай килиб:

$$H_a = \eta_2 \cdot H_n = \eta_r \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}$$

ёки гидромашиналар учун бу тенгламани куйидаги умумий курунишда ёзилади:

$$H_a = \eta_r \frac{u_2 c_2 \cos \alpha - u_1 c_1 \cos \alpha_1}{g}$$

Юкорида келтирилган босим тенгламаларига иш гилдирагидаги кураклар сони кирмайди. Хакикатда эса кураклар сонининг куп ёки кам булишига караб, улар орасидаги канал турлича булади. Бу эса уз навбатида босимга таъсир килмай колмайди. (4.21) тенглик ёрдамида хисобланган босим кураклар сони чексиз куп булган холга тугри келади, чунки у каналларда окаётган суюкликнинг барча зарралари бир хил траектория буйича харакат килган холи учун уринлидир. Кураклар сонини босим тенгламасига киритиш йули билан насоснинг фойдали босими учун тенглама олиш мумкин:

$$H_\phi = H_n \eta_2 \varepsilon,$$

бу ерда: ε - насос кураклари сони чеклилигини хисобга олувчи коэффициент булиб, у 0,6 – 0,8 га тенг.

Укий ва марказдан кочма насосларнинг кулланилиш сохалари

Марказдан кочма ва укий насосларнинг улчамларини ҳамда айланиш сонини узгартириши йули билан уларнинг сарфи, босими ва кувватини жуда кенг чегараларда узгартиришга эришиш мумкин. Шунинг учун бундай насосларнинг кулланилиш сохаларини характерлашни уларнинг барча курсаткичларини умумлаштирувчи ягона бир курсаткичга келтириш оркали амалга ошириш мумкин. Куракли насослар учун бундай курсаткичлар ичида энг куп кулланиладигани тезюрарлик коэффиценти хисобланади. Тезюрарлик коэффиценти, бошкача айтганда солиштирма айланиш сони деб шундай айланиш сонига айтиладики, у босим бир метр ($H - 1\text{м}$) булганда насос бераётган суюкликка бир от кучи (0,735 кВт) га тенг энергия беришга имкон беради ва n_s харфи билан белгиланади.

Шундай килиб, тезюрарлик коэффицентидан насоснинг суюкликка берган энергиясини бахолаш учун фойдаланилади ва шу йул билан турли насосларни бир – бирига таккослашга имкон беради.

Ухшашлик назарияси ёрдамида тезюрарлик коэффицентини хисоблаш учун куйидаги формула келтириб чиқарилган:

$$n_s = 3,65n \frac{VQ}{H^{3/4}}$$

Тезюрарлик коэффиценти насоснинг турини аниқлашга ёрдам берувчи универсал курсаткич булиб, у бир йула учта асосий характеристика (айланиш сони, сарф ва босим) ни уз ичига олади.

Бу коэффицентнинг микдорига караб насос куракларининг тузилиши, конструкцияси бир – бирига ухшаш булади.

Тезюрарлик коэффицентининг кийматига караб насослар куйидагича классификацияланади:

n_s Марказдан кочма насоснинг тури

40 . . . 80	Секинюрар
80 . . . 150	Уртача
150 . . . 300	Тезюрар
300 . . . 600	Винтли (диагональ)
600 . . . 1200	Укий (парракли)

4.24 – расмдан куришиб турибдики, тезюрарлик коэффицентига караб насосларнинг иш гилдираги ва канотларининг тузилишини аниқлаш мумкин. Тезюрарлик коэффицентининг кичик микдорларига секинюрар, уртача ва тезюрар марказдан кочма насослар тугри келса, унинг катта кийматларига диагональ ва укий насослар тугри келади.

Тезюрарлик коэффиценти кичик марказдан кочма насослар юкори босим хосил кила олади. Лекин сарфи кичик булади. Шунинг учун катта сарф керак булиб, босимнинг юкори булиши шарт булмаган ерларда катта тезюрарлик коэффицентига эга булган (укий) насослар кулланилади.

18 маъруза Гидравлик узатмалар. Узатмаларнинг турлари, тузилиши ва ишлаш принципи.

Режа.

1. Гидравлик узатмалар тушунчаси.
2. Гидравлик узатмаларнинг турлари ва ишлаш принципи.
3. Гидротрансформа торларнинг тузилиши.

Суюклик иштирокида ҳаракат узатадиган механикларга гидравлик узатмалар дейилади.

Кулланилиш принципига караб гидравлик узатмалар ҳажмий ва гидродинамик турларга бўлинади.

Ҳажмий гидравлик узатмалар ҳажмий насослар ёрдамида ишлайди. Бундай узатмаларда энергия бошқарувчи валдан суюклик орқали статик босим сифатида узатилиб, гидродвигателни ишга туширади.

Ҳажмий гидравлик узатмаларда бошқарувчи валга энергия статик босим курилишида берилгани сабабли уни купинча гидростатик узатма ҳам дейилади.

Гидродинамик узатмалар парракли гидромашиналар ёрдамида ишлайди. Бу ерда иш гилдиракларининг парраклари ёрдамида суюкликка берилган динамик босим энергиясидан фойдаланилади. Гидродинамик узатмалар баъзан турбоузатма деб ҳам аталади. Бунга сабаб уларда марказдан кочма насос ва гидравлик турбиналардан биргаликда фойдаланилади.

Гидродинамик узатмалар бир окимли ва икки окимли бўлиши мумкин. Бир окимли гидродинамик узатмаларда ҳамма кувват гидравлик гилдираклар орқали узатилади. Икки окимли гидродинамик узатмаларда эса двигатель кувватининг бир қисми гидравлик гилдираклар орқали, иккинчи қисми эса механик йул билан узатилади. Гидродинамик узатманинг ҳаракат принципини куйидаги содда схемада тушунтирамиз.

Насос гилдиракларни айлантириши билан суюклик окимига энергия берилади. Қушимча энергия олган суюклик турбина гилдирагига утади ва олган энергиясини турбинага бериб, иш суюклиги насосга қайтади. Суюкликнинг бундай ёпик ҳаракати насос ва турбина гилдиракларидаги айлантирувчи моментнинг узатилишини таъминлайди.

Айланиш моментининг узатилиш усулига караб гидродинамик узатмалар иккига бўлинади:

- 1) гидромuftалар
- 2) гидротрансформаторлар

Машиналарда гидромuftа ва гидротрансформаторлар алоҳида ва турли комбинацияларда кулланилиши мумкин, яъни гидромuftа ва гидротрансформатор, гидромuftа ҳамда икки ёки учта гидротранспорт ва бошқалар билан биргаликда ишлатилади.

Гидродинамик муфта ёки турбомuftа 4.35 – расмда курсатилган.

Насос ва турбина гилдираклари штапланган ярим шар шаклида тайёрланади. Насос ва турбина гилдиракларидаги кураклар купинча икки сиртга радиал жойлаштирилган бўлади.

Насос гилдирагининг айланиши натижасида марказдан кочма куч суюкликни стрелка йуналишида харакат килишга мажбур килади. Суюклик турбина гилдиракларига утганидан сунг уни харакатга келтири, камайган энергия билан яна насос гилдирагига кайтиб келади. Турбина гилдирагининг харакати эса етакланувчи валга берилади.

Гидромуфтлар узатиш сони 1 га тенг булган гидроузатмаларда ишлатилади. Агар узатиш сони 1 дан фаркли булиши зарур булса, у холда хар хил улчамли насос ва турбина кулланилади. Турбина ва насосларнинг улчамлари хар хил булгани сабабли йуналтирувчи аппарат куллаш зарурати тугилади. Бундай курилмага гидротрансформатор дейилади.

Гидротрансформатор двигатель ёрдамида харакатга келтирилувчи насос гилдираги 1 иш суюкликни турбина гилдираги 2 га йуналтиради. Энергияни турбинага бериб, суюклик кузгалмас курак 3 ли йуналтирувчи аппарат оркали насосга кайтади. Йуналтирувчи аппаратнинг кузгалмас кураклари насос ва турбина орасидаги суюкликнинг харакат микдори моментини узгартиради. Натижада турбинанинг айланиш моменти ва бурчак тезлиги мос равишда узгаради.

Гидродинамик узатмалар катта энергия сизимида эга булиб, кинетик имкониятлари деярли чекланмаганлиги туфайли улар машинасозлик техникасининг турли сохаларида кенг кулланилмокда.

Бунда двигатель билан куч узатмаси орасида бикр богланиш йуклиги сабабли двигатель ва узатма кисмлари зарбга учрайди. Гидравлик узатмалар машинани турган жойдан силжишида ва тезликни узгартириш натижасида хосил буладиган кескин силжинишларни кескин камайтиради, бу эса машинанинг чидамлилигини оширади, хизмат килиш вақтини узайтиради.

Хижмий гидроузатмалар хажмий гидромашиналар ёрдамида механик энергияни узатиш ва узгартириш учун мулжалланган. Хажмий насос ва гидродвигателдан тузилган курилма хажмий гидроузатманинг принципиал асоси хисобланади.

Хозирги вақтда металга ишлов берадиган деярли хамма замонавий станоклар хажмий гидроузатма билан таъминланган. Шунингдек, пахта заводларида тола тойловчи гидропресслар хам гидроузатмалар ёрдамида харакатга келади.

4.37 – расмда поршенли гидроузатманинг схемаси – насос поршень 1 нинг илгариланма – кайтма харакатини куч цилиндридаги поршень 2 нинг илгариланма – кайтма харакатига айлантирувчи курилманинг принципиал схемаси курсатилган. Поршень 1 стрелка а билан курсатилган йуналишда харакат килганда суюклик канал 3 буйлаб келади ва поршень 2 ни босади ва уни в встелка билан курсатилган йуналишда силжитади. Поршень 2 нинг бошка томонидаги цилиндрда булган суюклик канал 4 дан чикиб кетади. Поршень 1 стрелка в йуналиши буйлаб харакат килганда поршень 2 ва у билан боглик булган стол тескари йуналиш буйича харакат килади.

Гидроузатмаларнинг кулланилиш сохалари

Купинча, машиналар орасида механик энергияни узатиш зарурати тугилганда уларнинг характеристикалари мос келмайди, натижада машиналар тежамсиз режимда, зурикиб ёки тула юкланмасдан ишлайди. Гидроузатмалардан фойдаланиш йули билан машиналарнинг характеристикаларини мослаб ишлатишга эришиш мумкин. Лекин бу холда узатма мураккаблашади ва энергия сарфланиши купаяди.

Шунинг учун гидравлик узатиш оркали характеристикаларни мослаш билан боғлиқ булган кушимча йукотишлар унганча булган умумий йукотишларга нисбатан кам булса, гидроузатмалардан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Бундан ташқари, айланишлар сонини раво узгартириш зарур булганда ва куч узатишни автоматлаштиришда гидроузатмалардан фойдаланиш кулайдир.

Гидроузатмалардан двигателларни хавфли зурикишдан сақлашда ва турли машиналарда айланишлар сонини узгартиришда фойдаланилади. Созланмайдиган гидромурфталар буровчи моментларни раво узатиш йули билан машиналарни хавфли зурикишдан сақлашда ишлатилади. Созланадиган гидромурфталар эса сақлагич вазифасини бажаришдан ташқари, турли машиналарнинг айланиш сонини созлашга ҳам ёрдам беради.

Улар айниқса узгарувчан токда ишлайдиган, созланмайдиган электр двигателларидан ҳаракат олувчи машиналарнинг айланиш сонини узгартиришда кул келади.

Гидротрансформаторлар узгарувчан ток электр двигателлари газ турбиналари, карбюраторли ички ёнув двигателлари ва дизель двигателлари билан уйғунлашган холда ишлайди.

19 маъруза Гидротурбиналарнинг ишлаш принципи, босимнинг киймати, суюқлик окимининг йуналиши ва конструктив хусусиятларига қараб классификацияланиши Режа.

- 1. Гидротурбиналарнинг ишлаш принципи.**
- 2. Гидротурбиналарда суюқлик окимининг йуналиши.**
- 3. Гидро турбиналарда умумий характеристикаси.**

Гидротурбиналар ишлаш принципига қараб актив ва реактив турбиналарга булинади.

Актив турбиналар XIX асда кулланила бошлаган, бу турбиналарнинг ишлаш принципи гидравлик окимчаларнинг турбина иш гилдираги чумичларига таъсир қилишига асосланган булиб, уларни окимчали турбиналар деб ҳам аташ мумкин. Уларда окимчанинг кинетик энергияси чумичга ва у оркали иш гилдирагига берилади. Актив турбиналарда иш гилдираги куракларнинг берилади. Актив турбиналарда иш гилдираги куракларнинг ҳаммаси эмас, балки ишлаётган соплалар нечта булишига қараб бир нечтаси окимча таъсирига бир вақтда учрайди. Бундай турбиналарнинг хусусиятларидан бири шуки, куракка урилган окимча кураклар орасидаги сохани батамом тулдирмайди. Сувнинг иш гилдираги куракларига кириш ва улардан чиқиш тезликлари деярли бир хил булиб, гилдиракнинг икки томонидаги босимлар (атмосфера босими) тенгдир.

Куракларда сув тезланиш олмагани сабабли реактив принципи булмайди. Куракларда босим окимчанинг куракка бевосита таъсири оркали (унинг куракдаги йуналиши узгариб боргани холда) хосил килинади.

Реактив турбиналар америкалик инженер Френсис (1849 й) ва чех профессори Виктор Каплан (1912 й) номи билан боғлиқ.

Реактив турбиналарда сувнинг асосий потенциал энергияси механик ҳаракатга айлантирилади. Реактив турбиналар суриш трубаси билан бирга ишлатилади. Суриш трубаси таъсир этувчи босимни кучайтиришга ёрдам беради ва бу хусусият айниқса кичик босимларда қулланиладиган турбиналарда муҳимдир. Таъсир этувчи босимни ошириш учун реактив турбиналар билан бирга йуналтирувчи аппарат ҳам ишлатилади.

Йуналтирувчи аппарат ва турбина гилдираги куракларининг ораликлари сув билан битамом тулади ва гилдиракнинг юкориси ва пастида босимлар турлича булади. Реактив турбиналарда сув иш гилдирагини ураб турувчи, йуналтирувчи аппаратдан чиқиб, гилдирак кураклари оралиги оркали суриш трубасига утади. Бунда йуналтирувчи аппаратдан чиқишдаги ва суриш трубасига киришдаги босимлар фарқи таъсирида гилдираклар орасида ҳаракатланаётган сувнинг тезлиги ортиб боради. Сувнинг бундай тезтезланишли ҳаракати иш гилдираги куракларида реактив куч хосил қилади. Бу куч таъсирида иш гилдираги айланма ҳаракат қилади.

Йуналтирувчи аппарат куракларининг ҳолатини узгартириб, турбинанинг ишлаш режимини узгартириш ва ҳатто турбинага келаётган сувни бутунлай тухтатиб қуйиш мумкин.

Гидротурбиналар босимнинг қийматига қараб юкори босимли, уртача босимли ва кичик босимли турбиналарга булинади:

1) босими 80 м дан кичик ($H < 80$ м) турбиналарга уқий ва кичик босимли диагональ ҳамда радиал – уқий турбиналар қиради;

2) босим 80 м дан 500 м гача ($80 \text{ м} < H < 500 \text{ м}$) булган турбиналарга уртача босимли турбиналар дейилади ва уларга радиаль – уқий ҳамда юкори босимли диагональ турбиналар қиради;

3) босими 500 м дан юкори ($H > 500$ м) булган турбиналарга юкори босимли турбиналар дейилади ва уларга актив турбиналар қиради. Турбина иш гилдирагида окимчанинг қандай йуналишига қараб улар уқий, диагональ, радиаль – уқий (актив) турбиналарга булинади.

Уқий турбиналар иш гилдирагининг ички ва ташқи диаметрлари тенг булиб, уларда окимча гилдирак уқи йуналишида ҳаракат қилади. Бу турбиналар босим 70 м гача булган ҳолларда қулланилади.

Диагональ турбиналарда иш гилдираги ташқи ва ички диаметрларининг нисбати 1,1 ... 2,2 га тенг булиб, окимча гилдирак уқиға уткир бурчак остида йуналган булади. Улар босимнинг қиймати 40 ... 200 м булган ҳолларда қулланилади.

Радиаль – уқий турбиналарда окимча йуналтирувчи аппаратдан гилдирак уқиға тик йуналишда чиқиб, иш гилдирагида уз йуналишини 90^0 га узгартиради ва гилдиракдан чиқиб, суриш трубасига киришда уқ йуналишида ҳаракат қилади. Бундай турбиналар босим 50 ... 700 м булган ҳолларда қулланилади.

Окимчали турбиналарда эса окимча турбина гилдирагининг чумичига эга куп реактив куч берадиган килиб йуналтирилган булади. Бу турбиналар босим 400 ... 1700 м булган холларда кулланилади.

Турли турбиналарнинг босими учун юкорида курсатилган чегаралар шартли булиб, босимнинг камайиши ёки купайиш томонга узгариб туриш холлари учраши мумкин.

Турбиналар конструктив белгиларига караб турт турга булинади:

1) радиаль – укий; 2) пропеллерли; 3) бурилма куракли; 4) чумичли.

20 маъруза Актив (чумичли) гидротурбиналар, ишлаш процесси универсал характеристикалари ва ФИК Режа.

- 1. Актив гидротурбиналарининг ишлаш працеси.**
- 2. Унверсал характеристикалари ва фойдали иш коэффиценти.**
- 3. Реактив турбиналар.**

Актив (чумичли) гидротурбиналарга сув юкори бьефдан труба оркали олиб келинади. Сув келтирувчи трубадан соплога утади ва бу ерда кесими торайиб боргани учун кинетик энергия ортади, яъни юкорида айтилганидек, сувнинг барча энергияси кинетик энергияга айланади. Сунгра у соплодан жуда катта тезлик билан окимча тарзида отилиб чикади ва иш гилдирагининг чумичларига урилади. Соплодан чикаётган окимчанинг тезлиги куйидаги формула ёрдамида хисобланади:

Бу формула тешиклардан ва найчалардан окаётган окимчаларни текширишда келтириб чикарилган (66 - §). Окимчанинг иш гилдирагига иш хосил килган моменти куйидаги формула ёрдамида хисобланади:

$$M = pQ(0,5D_1 \cdot v_1 \cos \alpha_1 - 0,5D_2 v_2 \cos \alpha_2)$$

бу ерда v_1, v_2 - сувнинг чумичга кириш ва чумичдан чикишдаги тезлиги; α_1, α_2 - сувнинг чумичга кириш ва чумичдан чикиш бурчаклари. Босим эса куйидаги формула ёрдамида хисобланади:

$$H = \frac{v_c}{g} (c_1 \cos \alpha_1 - c_2 \cos \alpha_2).$$

Шундай килиб, турбина иш гилдирагини айлантурувчи куч сопло битта булганда (5.7) формула ёрдамида хисобланади. Соплолар бир нечта булганда гилдиракни айлантурувчи куч тегишлича ортади. Одатда, чумичлар сони 12 ... 40 тагача булиб, иш гилдираги айланаётганда чумичлар галма – галдан окимчанинг таъсир кучини кабул килади. Натижада иш гилдирагининг доимий ишлаб туриши таъминланади.

Гидроэлектростанцияларни лойихалашда турбиналарни танлаб олиш уларнинг асосий параметрлари (босим, сарф, ФИК, айланишлар сони) ни аниклаш оркали амалга оширилади. Шунингдек, турбиналар ишлашига кулай шароит

хосил килишда турбиналар хакида тулик маълумотга эга булиш керак. Бу маълумотлар характеристикалар куринишида берилган булиб, турбиналарнинг турлича ишлаш тартибига тегишли барча курсаткичларни аниклашга ёрдам беради.

Характеристикалар, одатда, график куринишида берилади. Бунда иккита: универсал ва чизикли характеристикалардан фойдаланилади.

Универсал характеристикалар иккита аниқловчи параметрга эга булиб, берилган курсаткичнинг иккинчи ихтиёрий узгартирувчига боғланиши келтирилади. Масалан, босим – кувват характеристикасида H , N координаталарда берилган D ва n (параметр) лар учун курилади. У эксплуатацион характеристика деб аталади.

Бу характеристика куйидаги боғланиш оркали ифодаланилади:
 $\eta = f_2(N, H)$
 $H_s = f_{HS}(N, H)$ $D = const, n = const$ булганда.

Бу характеристикаларда чегараловчи чизиклар (штрих) келтирилган булиб, пастки чизик йуналтирувчи аппаратнинг энг куп очилишига, юкориги чизик – генераторнинг номинал кувватига тугри келади. Худди шу усул билан курилган босим – сарф характеристикаси келтирилган.

Бош универсал характеристика. Турбина хоссаларининг курсаткичи сифатида айлана сарф характеристикасидан фойдаланилади ва у D_1 ва N нинг узгармас кийматлари учун ишлатилади. Бу характеристика, одатда, берилган тур турбинанинг умумий хоссаларини аниқлагани учун, уни $D_1 = 1 м$ ва $N = 1 м$ учун курилади. Уklar буйича Q_1 ва n_1 лар куйилган булиб, ФИК, кавитация коэффиценти σ ва йуналтирувчи аппаратнинг очилиш даражаси α_0 изолиниялари келтирилган.

Бош универсал характеристика моделларда синаш натижасига асосан курилади. Шунинг учун характеристикада моделнинг улчами (диаметри) курсатилади ва турбина камераси хамда суриш трубасини хисобга олган холда габарит чизмалари келтирилади. Бош универсал характеристика берилган тур турбиналарнинг барча хоссаларини тулик аниқлайди ва унга асосан ушбу турбинанинг бошка характеристикаларини куриш мумкин булади.

Окимчанинг турбинага берган моменти формуласи (5.7) дан куришиб турибдики, $\alpha = 90^\circ$ булса, окимчанинг энергиясидан максимал фойдаланилади. Бу холда турбина иш гилдигидан кетаётган оким энг кичик кинетик энергия запасига эга булиб, момент максимал булади:

$$M = pQ \cdot 0,5D_1c_1 \cos \alpha_1$$

Босим эса бундай хисобланади:

$$H = \frac{v_c c_1}{g} \cos \alpha_1$$

Лекин окимнинг барча энергияси турбинага берилмайди. Энергиянинг бир қисми гидравлик ва механик қаршиликларни енгишга сарф булади, бмр қисми ишлаб булганда ва турбинадан оқиб тушаётган сувда қолади (йукотилади).

Шундай қилиб, фойдали босим қуйидаги формула билан топилади:

$$H\eta_T = \frac{v_c}{g}(c_1 \cos \alpha_1 - c_2 \cos \alpha_2).$$

$$\alpha_2 = 90^\circ$$

булганда (5.5) қуйидагича ёзилади:

$$H\eta_T = \frac{v_c}{g} c_1 \cos \alpha_1$$

Йукотилган энергиянинг тулик миқдори машинанинг, иншоотнинг ва тармокнинг сифатига қараб гидроустановкага келтирилган оким энергиясининг 20 ... 40 % ини ташкил қилади.

Турбинанинг ФИК деб турбина бераётган энергиянинг унга сарфланган энергияга нисбатига айтилади. ФИК ни бош универсал характеристика ёрдамида аниқлаш мумкин.

Турбиналарни ростлаш принциплари

Турбиналарни тегишли сарф Q ёки қувват N учун ростлаш уларнинг конструктив тузилишига қараб турлича амалга оширилади. Актив турбиналар йуналтирувчи аппарат соплосининг уқи бўйича силжиб боровчи игна ёрдамида ростланади. Игнанинг бошқарилиши 5.15 расмда ва унинг турли ҳолатлари 5.16 – расмда тасвирланган. Агар игна ички энг чекка ҳолатида а) булса, сопло тулик қисми билан ишлаб, энг қуп сарф утказди (окимчанинг диаметри d_c энг катта булади). Игнанинг соплодан чиқиш томонига силжиб бориши билан (5.16 – расм, б) соплонинг утказувчи қисми қисқаради ва окимчанинг диаметри d_c кичраиб, утказилаётган сарф камади. Игна соплони бутунлай бекитиб қуйса (5.16 – расм, в) сарф нолга тенг булади. Суюқлик соплодан оқиб чиқаётганда окимчанинг сикилиш эффекти содир булади ва окимчанинг диаметри соплонинг диаметридан кичради. Одатда, иш гилдираги чумичларининг эни (2,8...3,6) d_c узунлиги (2,5...2,8) d_c чуқурлиги (0,9 ... 1,0) d_c га тенг булади. Сув турбина чумичларига узун хайдаш трубади орқали келтирилгани учун сопло тез ёпилганда ёки сарф камайганда, гидравлик зарб ходисаси вужудга келиб, босим ортиб кетиши мумкин. Чумичли турбиналарда қувватни вақтинча камайтиришни соплони ёпиш ёки сарфни камайтиришдан бошқача усул билан ҳам амалга оширилиши мумкин. Окимчага бундай таъсир бевосита сопло кетидан урнатилган окимчани четлатувчи ёки қесувчи дефлектор ёрдамида бажарилади. Четланувчи окимчанинг йуналишини узгартиради, қесувчи эса унинг ҳолатига қараб окимчанинг бир қисмининг ёки ҳаммасининг йуналишини узгартириш мумкин.

Радиал – укий, пропеллерли турбиналарни ростлаш йуналтирувчи аппарат ёрдамида амалга оширилади. Йуналтирувчи аппарат кураклари халкаларга вертикал ук атрофида айланадиган килиб урнатилган булиб, уларни айлантириш, яъни турбинанинг очилишини узгартириш билан сарфни узгартириш мумкин. Турбинанинг очилиши иккита кушни курак орасидаги энг киска мусофа (йуналтирувчи аппарат кураклари орасидан гилдиратиб утказиш мумкин булган цилиндрнинг максимал диаметри) а ни билдиради. Тулик ёпилиш холати ($a = 0$) да куракларнинг четлари (учлари) тутшиб, сувнинг турбинага утадиган йули бутунлай бекилади.

Бурилма куракли турбиналарда ростлаш иши гилдирак кураклари ёрдамида амалга оширилади. Горизонтал холатга келтирувчи кураклар сув окимининг йулини беркитади ва турбина бутунлай тухтайди.

Актив турбиналарда игнанинг холатини ва реактив турбиналарда кураклар холатини узгартиришда махсус ростлагич курилмалардан фойдаланилади.

Асосий ва кушимча адабиётлар.

1. Д.Р.Бозоров ва бошқалар Гидравлика. – Тошкент 2003 й
2. Умаров А.Ю. Гидравлика.- Тошкент: «Узбекистон».- 2002 й.
- 3.Латипов К.Ш. Гидравлика, гидромашиналар ва гидроюритгичлар.- Тошкент:Укитувчи.-1992 й.
- 4.Латипов К.Ш., Эргашев С. Гидравлика ва гидромашиналар.- Тошкент: «Укитувчи» - 1992 й.
- 5.Башта Т.М. Руднев С.С., Некрасов Б.И. ва бошқалар Гидравлика, гидромашины и гидроприводы.-М.: Машиностроение.- 1982 г.
6. Киселов П.Г. Гидравлика основы механики жидкости. М.: Энергия.- 1980 г..
- 7.Войткунский Я.И., и др. Гидромеханика.- Л.: Судостроение.- 1982 г.
- 8.Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. – М.: «Машиностроение».- 1987 г.
- 9.Большаков В.А., Попов В.Н. Гидравлика. – Киев: «Высшая школ».- 1989 г.
- 10.Лойцянский В.Г. Механика жидкости и газов. – М.: «Наука».-1987 г.
- 11.Караев М.А. Гидравлика буровых насосов.-М.: Недра.- 1983г.