

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРГА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМЛИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ  
ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

“Нефт ва газ қувирлари ва омборларини лойиҳалаш ва  
инплатинг” кафедраси

Олий таълимнинг

В-051800 “Технологик машина ва жихозлар”, В-053200  
“Геология ва фойдали қазилмалар разведкаси” кўпалинлари  
бўйича “Гидравлика ва гидромашиналар” фанидан марузалар  
матни тўнлами

Тошкент - 1999

(Маруза № 1)

## “ГИДРАВЛИКА ВА ГИДРОМАШИНАЛАР” ФАНИДАН МАРУЗА МАВЗУСИ.

### 1- §. Кириш.

Суюқликларнинг мувозанат ва ҳаракат қонуналарини ўргатувчи ҳамда бу қонуналарни техниканинг ҳар хил соҳаларига тадбиқ этиш билан шуғулланувчи фан гидравлика деб аталади.

Гидравлика суюқликларда кучларнинг тарқалиши ва унинг ҳаракат давомида ўзгариб бориши қонуналарини ҳар хил қурilmалар ва машиналарни ҳисоблаш ҳамда лойиҳалашга тадбиқ этиш билан ҳам шуғулланади.

Гидравлика шунингдек, гидротехника, ирригация, сув таъминоти ва канализация, нефть механикаси каби бир қанча фанларнинг асоси ҳисобланади. Инсоният тарихининг дастлабки давриларидек сувдан фойдаланиш ҳақида маълум ўрин эгаллаган. Археологик текширишлар одамлар жуда қадим замонлардаюқ (эрамыздаги 4000-2000 йиллар аввал) турли гидротехника ишпоотлари қуришни билганликларини кўрсатади. Қадимги Хитойда, Мисрда, Грецияда, Ўрта Осиёда ва бошқа ибтидоий маданият ўчоқларида кемалар, тўғонлар, водопровод ва суғориш системалари бунёд этилганлиги тўғрисида маълумотлар мавжуд. Бу қурилмаларнинг қолдиқлари ҳақиқатча сақланиб қолган. Лекин у даврларда бундай қурилиш ишлари ҳақида ҳеч қандай ҳисоблашлар сақланмаганини улар фақат содда амалий билимларга таянган бўлиб, илмий назарий асосга эга эмас деган фикрга олиб келади.

Бизгача етиб келган гидравликага алоқадор илмий ишлардан биригачиси Архимеднинг “Сузиб юривчи жисмлар ҳақида” асаридир. Суюқлик қонуналарининг очилиши эрамызнинг XVI-XVII асарлардан бошланади. Буларга Леонардо да Винчининг суюқликларнинг ўзандаги ва трубадаги ҳаракати, жисмларнинг сузиб юриши ва бошқаларга боғлиқ ишлари, С.Стевенининг илмий тубига ва деворларига таъсир килувчи босим кучи, Г.Галилейнинг жисмларнинг суюқликдаги ҳаракати ва мувозанати ҳақидаги ишлари, Е.Торичеллининг суюқликларнинг кичик тешикдан оқиб кетиши, Б.Паскалнинг босимнинг суюқлик орқали узатилиши тўғрисидаги, И. Ньютоннинг суюқликлардаги ички қаршиликлар қонуни ва бошқа ишлар кирadi. Кейинчалик суюқликларнинг мувозанат ва ҳаракат қонунари икки йўналиш бўйича тараққий қила бошлади. Булардан бири тажрибаларга асосланган гидравлика бўлса, иккинчиси назарий механиканинг мустақил бўлими сифатида тараққий қила бошлаган назарий гидромеханика эди.

Назарий гидромеханика аниқ математикага асосланган бўлиб, суюқлик қонуналарини дифференциал тенгламалар билан ифодалаш ва уларни ечишга асосланади. Бу назарий билимларнинг тараққий қилишига XVII-XVIII асарларда яплаган буюк математикмеханик ошқорлар Л.Эйлер, Д.Бернулли, М.Ломоносов, Лагранжларнинг илмий асарлари асос бўлди. У вақтдаги ишлар соф назарий бўлиб, суюқликларнинг физик хоссларини идеallasптириб кўрар ва олиган натижалар ҳаракат тарзларини тўғри ифодалагани билан тажриба натижаларидан жуда узоқ эди. Шунинг учун бу ишлар гидромеханиканинг тараққиётида айтарлиқ муҳим роль ўйнамаэ эди ва гидромеханика ўша замон техникаси қўйган талабга жавоб бера олимаэ эди. XVIII-XIX асарларда Шези, Дарси, Буссинеск, Вейсбах ва

бошқа оливларнинг ишлари ҳозирги замонда гидравлика деб аталувчи амалий фаннинг асоси бўлди. Кейинчалик эса гидравлика билан гидромеханика фани ўзаро яқинлашиб, бир-бирини тўлдирувчи фанга айланди. Бу нарса асриқиз бошида ижод этган олим Л.Працидтнинг номи билан боғлиқдир.

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

Гидравликанинг тараққиётида рус оливларининг ҳам муҳим ҳиссаси бор. Гидромеханика фанининг асосчилари Д.Бернулли ва Л.Эйлер Петербург фанлар Академиясининг аъзолари бўлиб, Россияда яшаб, ижод этганлар. Н.Петровнинг гидродинамик сирпанш назарияси, Н.Е.Жуковскийнинг гидромеханикадаги муҳим ишлари ва трубалардаги зарба назарияси, В.Г.Шуховнинг нефть қувирларини ҳисоблаш бўйича ишлари, А.Н.Криловнинг кесалар назарияси, Н.Н.Павловскийнинг суюқликларнинг филтрацияси назарияси, Л.С.Лейбензоннинг ер ости гидромеханикаси ва бошқа совет оливларининг ишлари дунё фанга қўшишган буюк ҳисса бўлиб ҳисобланади, Н.Е.Жуковский, С.А.Чаплигин ва Н.Е.Кочинлар замонавий аэродинамика ва газ динамикасининг асосчилари бўлиб, бу фанлар ҳозир ҳам самолёт ва ракетаалар ҳаракатини ўрганишда катта роль ўйнайди. Ҳозирги замон саноати ва техникасида ўзбек олими Х.А.Рахматулин асос солган кўп фазали муҳитлар гидродинамикаси муҳим аҳамиятга эга.

## 2 - §. Суюқликларнинг физикавий хоссалари ва асосий катталиклари.

-Суюқлик - деб, оқувчанлик хусусиятига эга булган, ўз шаклига эга булмаган, лекин ҳоҳлаган идишнинг шаклини эгалтай оладиган физик модлага айтилади.

-Оқувчанлик - деб, ўз шаклини катта булмаган куч таъсири остида еки ўш булақларга майдаламасдан узгартирадиган хусусиятига айтилади.

-Идиал еки хаелий суюқлик - деб, ўнинг физик хусусиятларини ҳисобга олинмаган ҳолига айтилади. (Яни, ковулқоқлигини ҳисобга олинмаган ҳолатига айтилади).

-Берилган нуктадаги суюқликнинг зичлиги - деб, ўнинг элементар массасини, элементар ҳажмига нисбатига айтилади.

$$\rho = M / V, \text{ [кг.сек}^2 / \text{м}^4 \text{]}. \quad (1)$$

Суюқликларни солиштирма оғирлиги:

$$\gamma = G / V, \text{ [кг / м}^3 \text{]}. \quad (2)$$

Суюқликнинг оғирлиги уз вақтида қуйдагига аниқланади:

$$G = \gamma V, \text{ [кг]}. \quad (3)$$

$$G = g M, \text{ [кг]}. \quad (4)$$

(3) ва (4) тенгламаларни узоро тенглаштириб, соддалаштирадиган булсак:

$$\gamma V = g M; \quad (5)$$

Уз навбатида ( $M = \rho V$  ва  $\gamma = \rho g$ ) эъқалиғини ҳисобга олсак, у ҳолда:

$$\gamma V = g \rho V; \quad (6)$$

$$\gamma = g \rho; \quad (7)$$

$$\rho = \gamma / g; \quad (8)$$

### 3 - §. Гидростатика.

Гидростатика булими суюқликларнинг мувозанат қонуналарини урганadi. Суюқликлар орқали кучларни узатиб гидростатика булимининг қонуниятларига буйинсунadi. Одатда суюқликларнинг мувозанат ҳолати унинг заррачаларига таъсир этувчи кучлар, суюқлик сақланаётган идиш деворига ва суюқликка ботирилган жисмларга таъсир этувчи кучларни (босимларни) ифодалайди.

### 4 - §. Нуктадаги босим теоремаси.

Тинч турган суюқликка таъсир этувчи кучлар одатда икки хил куч таъсир курсатади: 1) Ички кучлар. 2) Ташқи кучлар. Ташқи кучлар уз навбатида яна икки хил кучга булинади: 1) Сирт кучларига. 2) Масса кучларига булинади. Хар бир кучга тариф берадиган булсак:

Ички кучлар - деб, суюқлик заррачаларининг узоро таъсири натижасида вужудга келадиган кучларга айтингали.

Ташқи кучлар - деб, суюқликка бопка жисмларнинг таъсиридан вужудга келадиган кучларга айтингали.

Шу вужудга келган куч сирт буйича еки хажим буйича таъсир қилишига қараб сирт еки масса кучларига булинади.

Сирт кучлари - қуриладиган суюқликнинг сиртига таъсир қилувчи кучлардир.  
Уларга босим, сирт тарақлиқ, идиш деворининг реакция кучлари қиради. Ички ишқаланиш кучи ҳаракат вақтида вужудга келиб, қовушқоқлик хусусиятини ҳосил қилади.

Масса кучларига - оғирлик ва инерция кучлари қиради ва суюқликнинг хар бир заррасига таъсир қилиб, унинг массасига пропорционал булади.

Гидравликада масса кучлари одатда, массанинг хажимга нисбатини ифодоловчи, бирлик массага таъсир қилувчи кучлар сифатида ифодаланади.

Мувозанатда турган суюқликка асосан гидростатик босим кучи таъсир курсатади.

Гидростатик босм кучи - деб, маълум бир элементар хажимдаги суюкликнинг юзасига таъсир қилётган P-кучга айтилади.

P - кучнинг S - юзага нисбати ўртача гидростатик босм кучи дейилади.

$$P_{\text{ур.}} = P / S. [H / м^3]; \tag{9}$$

Агар S юзани 0-га интилтирсак у нуктага айланади ва P босм нуктага таъсир этувчи кучга айланади ва у гидростатик босм деб аталади. Унинг бирлиги  $[H / м^3]$  билан ўлчанади.

Гидростатик босм кучининг иккта асосий хоссаи мавжуд булиб:

1. Гидростатик босм ўзи таъсир қилётган юзага хар доим нормал бўйича, яъни  $< 90^\circ$  бурчак остида йўналган булади.
2. Гидростатик босм, таъсир қилётган нуктада, ҳамма йўналишлар бўйича бир хил қийматга эга.

### 5-§. Суюкликларнинг мувозанат ҳолатининг дифференциал тенгламаси. (Эйлер тенгламаси).

Тинч турган идишдаги суюкликка огирлик кучи таъсир этади. Агар координата уклари ёрдамида шу кучлар проекцияни куришни куйидагича булади:

$$X = 0 ; \quad Y = 0 ; \quad Z = -g. \tag{10}$$

Бу ҳолда Эйлер тенгламаси куйидагича ёзилади:

$$(dP/dX) = 0 ; \quad (dP/dY) = 0 ; \quad (dP/dZ) = -\rho g. \tag{11}$$

Бундан курииб турибдики:

$$dP = -\rho g dZ. \tag{12}$$

куйидаги тенгламани интеграллаймиз ва куйидаги тенгламани чиқарамиз:

$$P - P_0 = -\rho g (Z - Z_0). \tag{13}$$

агар:  $Z - Z_0 = h$  ; булса, унда:

$$P = P_0 + \rho gh ; \tag{14}$$

ёки

$$P = P_0 + \gamma h ; \tag{15}$$

Гидростатиканинг асосий тенгламаси куйидаги конусияни ифодалайди.  
Суюклик ичидаги ихтиёрый нукталаги босим  $P$  суюклик эркин сиртидаги босим  $P_0$  билан нукталаги суюклик устуни босими  $\rho h$  нинг йиғиндисига тенг.

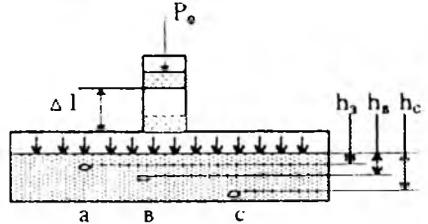
(Маруза № 2)

### Суюкликларда босимнинг узатилиши. Паскаль конуни.

Суюклик солинган ва оғзи поршень билан ёпишган идиш оламит. Суюклик Эркин сиртидаги босим  $P_0$  га тенг.  
У холда бирор А нукталаги абсолют босим:  $P_a = P_0 + \rho gh$  булади,  
ва В ва С нукталарда ҳам шундай

$$P_a = P_0 + \rho gh,$$

$$P_c = P_0 + \rho gh.$$



Расм 1.

Агар поршеньни 1 масофага сижитсак у холда суюклик эркин сиртидаги босим  $P_0$  га узгаради. Суюкликнинг солиштирма оғирлиги босим узгариши билан деярли узгармайди. Шунинг учун А, В, С нукталардаги босим куйидагича булади.

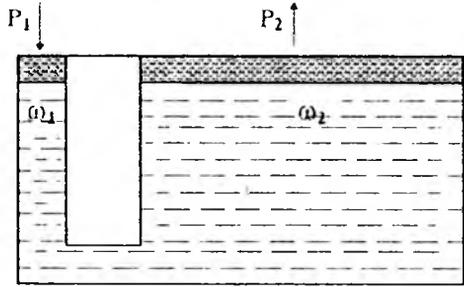
$$\begin{cases} P_a^1 = P_0 + \Delta P + \rho gh; \\ P_b^1 = P_0 + \Delta P + \rho gh; \\ P_c^1 = P_0 + \Delta P + \rho gh. \end{cases} \quad (16)$$

Бу холда босимнинг узгариши ҳамма нукталар учун бир хил:

$$\begin{cases} P_a^1 - P_a = \Delta P, \\ P_b^1 - P_b = \Delta P; \\ P_c^1 - P_c = \Delta P. \end{cases} \quad (17)$$

Техникада Паскаль конуни. Гидропрессларнинг  
ислаши принципи.

Суоқликка ташқаридаг берилган босим суоқликнинг хаима нуқталарига бир хил миқторда таъсир курсатади. Бу Паскаль қонуни билан ифодаланеди. Қутқчилик гидрoматиналарнинг ишлаш принципи шунга асосланган.



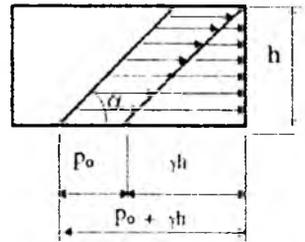
Рәсм 2.

$$P_1 / \omega_1 = P_2 / \omega_2 ; \quad (18)$$

$$P_2 = (\omega_1 / \omega_2) P_1 ; \quad (19)$$

### Босим эъюраси.

Бирор сирт ёки контур буйича босимнинг тақсимланишини ифодаловчи график босим эъюраси деб аталади. Текис сиртнинг эркин сирт билан туташган еридаги босим эркин сиртдаги босимга тенг. Унинг қолган нуқталарида эса эркин сиртдаги босимга ортикча босим куйилады. Гидростатиканинг асосий тенгламасига асосан



Рәсм 3.

$$P = P_0 + \gamma h ; \quad (20)$$

Яши сиртнинг энг пәтки нуқтасида босим энг қатта миқдорга эга бўлады. АВ сиртга тушадиған босим эъюрасини олиш учун А ва В нуқталарда босимнинг миқдорий йўналишини қўйиб ушларини туташтирамыз. Хосил бўлған шакиль босим эъюрасини ифодалайди. Босим эъюраси ташқил қилған бурчак  $\angle \alpha$  - ни қуйдагича таъйинлады:  $\text{tg } \alpha = h / h\gamma = 1 / \gamma ; \quad (21)$

Шундай килиб босим эъюраси трапедия кўринишида бўлиб, тўғри тўрт бурчак кўринишидаги ташқи босм эъюраларининг йиғиндисидан иборат.

### 6-§. Суюқликларнинг оғирлик маркази майдовидаги мувозанати.

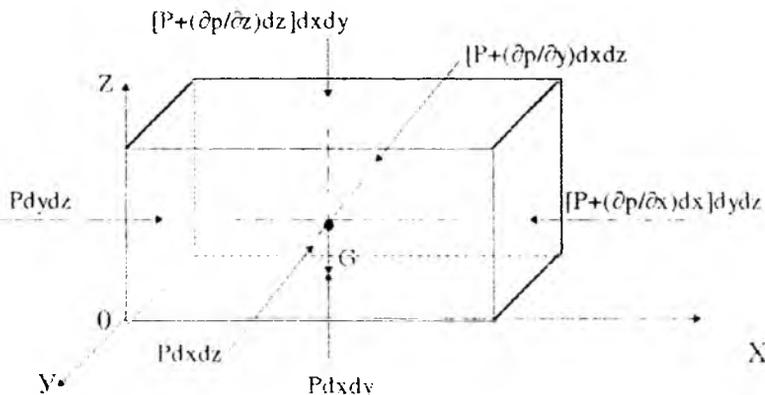
Мувозанат ҳолатидаги суюқликларга босим ва оғирлик кучларни таъсир қилади. Босим суюқлик эгаллаган ҳажмининг ҳар хил нуктасида ҳар хил қийматга эга. Шунинг учун босимни координата ўқлари  $X, Y, Z$  ларининг функцияси деб қараш керак. Қўрилатган суюқликда томонлари  $dx, dy, dz$  га тенг бўлган параллелепипедга тенг элементар ҳажм ажратиб оламиз (Рәсм 4). Энди суюқликка таъсир қилувчи кучларнинг мувозанат ҳолатини текшираемиз. Оғирлик кучининг проекциялари:

$$\rho X dV ; \rho Y dV ; \rho Z dV ; \quad (22)$$

бўлиши ; яъни  $G [\rho X dV, \rho Y dV, \rho Z dV]$ . Элементар ҳажмнинг  $YOz$  текисликда ётган сиртига  $Ox$  ўқи йўналишида  $P$  га тенг, унга параллел бўлган сиртига эса  $P + dP/dX$  га тенг босимлар таъсир қилади (Рәсм 4). Бу сиртларга таъсир қилувчи босим кучлари эса тегишлича  $\rho dydz$  ва  $[P + (\partial p/\partial x)dx] dydz$  ларга тенг. Олинган элементар ҳажм  $Ox$  ўқи бўйича мувозанатда бўлиши учун бу ўк бўйича йўналган кучлар йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак:

$$\rho dydz - [P + (\partial p/\partial x)dx] dydz - \rho dx dy dz = 0 ; \quad (23)$$

Шунингдек,  $Oy$  ўқи бўйича,  $YOz$  текисликда ётувчи сиртга  $\rho dx dz$ , унга параллел бўлган сиртга эса,  $[P + (\partial p/\partial y)dy] dx dz$  кучлар таъсир қилади.



Рәсм 4. Суюқликлар мувозанатининг Эйлер тенгламасига доир чизма.

Шунинг учун элементар ҳажмнинг  $Oy$  ўқи бўйича мувозанат шарти қуйдагича бўлади:

$$\rho dx dz - [P + (\partial p/\partial y)dy] dx dz - \rho Y dx dy dz = 0 ; \quad (24)$$

Шунингдек,  $Oz$  ўқи бўйича:

$$\rho dx dy \text{ ва } [P + (\partial p/\partial z)dz] dx dy ; \quad (25)$$

кучлар таъсир қилади ҳамда уларнинг мувозанат шарти қуйдагича бўлади:

$$\rho dx dy - [P + (\partial p / \partial z) dz] dx dy - \rho Z dx dy dz = 0 ; \quad (26)$$

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

$$\left. \begin{aligned} \partial p / \partial x &= \rho X, \\ \partial p / \partial y &= \rho Y, \\ \partial p / \partial z &= \rho Z, \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Бу тенгламалар системасидан кўришиб турибдики, гидростатик босимнинг бирор координата ўқидаги ўзгариши зичлиkning бирлик оғирлик кучининг шу ўқ йўналишидаги проекциясига кўпайтмасига тенг экан, яъни мувозанатдаги суюқликларда босимнинг ўзгариши масса қучларига боғлиқ. (27) тенгламалар системаси суюқликлар мувозанат ҳолатининг умумий дифференциал тенгламасидир. Бу тенгламани 1755 й. Л.Эйлер чиқарган.

### 7-§. Оғир газлар мувозанати.

Эйлер тенгламаларини интеграллаш учун уни қулай шакилга келтиришда (27) тенгламанинг, ҳар бир тенгламасини  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  ларга ўзоро кўпайтирамиз ва уларни ҳалма-ҳал кўпиб чиқамиз:

$$(\partial p / \partial x) dx + (\partial p / \partial y) dy + (\partial p / \partial z) dz = \rho (X dx + Y dy + Z dz). \quad (28)$$

Бу тенгламанинг чап томони босимнинг тўлиқ дифференциалини беради, шунинг учун:

$$dp = \rho (X dx + Y dy + Z dz). \quad (29)$$

Хосил бўлган тенглама босимнинг суюқлик турига ва фазонинг нуқталари координаталарига боғлиқлигини кўрсатади ҳамда босимнинг ихтиёрий нуқтадаги миқдорини топишга ёрдам беради. Бу тенглама томчилагувчи суюқликлар учун ҳам, газлар учун ҳам ўриши бўлиб, газлар учун қўллашганда газ ҳолати тенгламалари билан биргаликда ишлатилади. (29) тенгламадан ҳамма нуқталарида бир хил босимга эга бўлган ( $\rho = \text{const}$ ) сиртларни топиш мумкин. Бундай текисликлар босими тенг сиртлар деб аталади.  $\rho = \text{const}$  бўлганда  $dp = 0$  бўлади,  $\rho$  эса нолга тенг бўлиши мумкин эмас. Шунинг учун босими тенг сиртлар тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$X dx + Y dy + Z dz = 0. \quad (30)$$

Босими тенг сиртлар ҳусуий ҳолда суюқликнинг эркин сирти бўлиши мумкин. Суюқликнинг девор билан чегараланмаган сирти - эркин сирт дейилади.

11-§. Эйлер тенгламасининг интеграллари.

Биз юқорида Эйлер тенгламасини (29) ва (30) кўринишга келтирдик. Бу кўринишда уни интеграллаш ва босими тенг сиртларини топиш осон бўлади. Қуйида Эйлер тенгламасининг интеграллари сифатида унга масалани келтираемиз:

а) Идишда тиғч турган суюқлик (Расм 5). Идишда тиғч турган суюқликка фақат оғирлик кучи таъсир қилади. Бу ҳолда бирлик масса кучларининг проекциялари қуйдаги кўринишга эга бўладилар:  $Z$

$$X = 0, \quad Y = 0, \quad Z = -g. \quad (31)$$

Бу қийматларни (30)га қўйсақ,  $gdz = 0$  га эга бўлаемиз. Уни интегралласак,  $gZ = \text{const}$  бўлади. Бу эса горизонтал тексликнинг тенгламасидир. Эркин сиртда босим  $P_0$  эканлигини ҳисобга олсак, (29) тенгламадан қуйдаги муносабат келиб чиқади.

$$P = \gamma h + P_0; \quad (32)$$

Бу тенглама - Гидростатиканинг асосий тенгламаси деб юритилади.

б) Текис тезланувчан ҳаракат қилаётган идишдаги суюқлик. Суюқлик  $\alpha$  - тезланиш билан ҳаракат қилаётган идишда мувозанат ҳолатида бўлсин (Расм 6). Бу ҳолда суюқлик зарралари тезланиш  $\alpha$  на оғирлик таъсирида бўлади, улар учун бирлик масса кучлар қуйдагича бўлади:

$$X = -\alpha; \quad Y = 0; \quad Z = -g. \quad (33)$$

Бу қийматларни (30)га қўйсақ,  $-\alpha dx - gdz = 0$  тенгламини олаемиз. Уни интеграллаб қуйдаги тенгламага эга бўлаемиз:

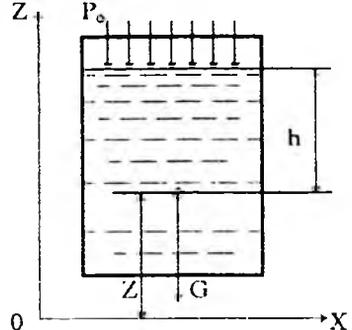
$$\alpha x + gz = \text{const}. \quad (34)$$

Эркин сирт горизонтал текслик билан ташкил қилган бурчаги қуйдагича аниқланади:

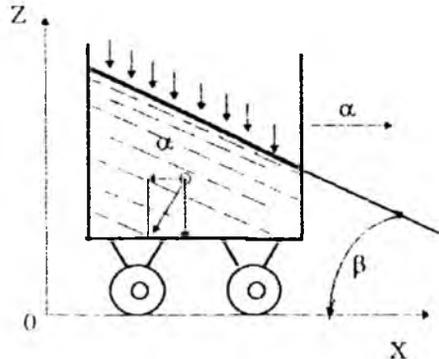
$$\beta = \arctg(\alpha/g) \quad (35)$$

Эркин сиртда босим  $P_0$  эканлигини ҳисобга олсак (29) тенгламадан қуйдаги муносабат келиб чиқади:

$$P = \rho\alpha x + \gamma z + p_0 + C; \quad (36)$$



Расм 5. Идишда тиғч турган суюқлик ва эркин сирт.



Расм 6. Текис тезланувчан ҳаракат қилаётган идишдаги суюқлик

в) Айланаётган идишдаги суюқлик. Суюқлик вертикал ўқ атрафида  $\omega$  бурчак тезлик билан айланаётган идиш ичида мувозанат ҳолатида бўлсин (Расм 7)

Бу ҳолда суюқлик зарралари марказдан қочма куч ва оғирлик кучлари таъсирида бўлади. Марказдан қочма куч қуйдагига тенг:

$$F_d = m\omega^2 r = m\omega^2 r. \quad (37)$$

Унинг проекциялари эса қуйдагича топилди:

$$F_{dx} = m\omega^2 x, \quad F_{dy} = m\omega^2 y. \quad (38)$$

Шунинг учун бирлик масса кучлари қуйдагиларга тенг:

$$X = \omega^2 x; \quad Y = \omega^2 y; \quad Z = -g. \quad (39)$$

Буларни (30) га қўйсақ, қуйдаги тенгламани оламиз:

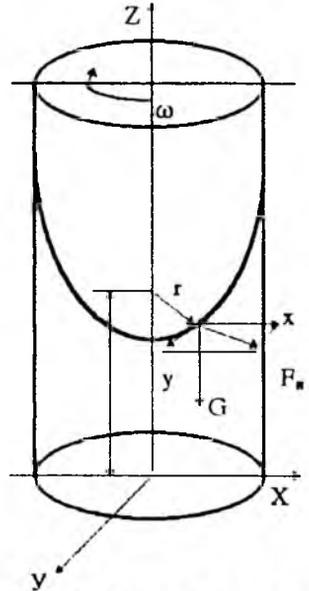
$$\omega^2 x dx + \omega^2 y dy - g dz = 0. \quad (40)$$

Уни интегралласак

$$[(\omega^2 x^2) / 2] + [(\omega^2 y^2) / 2] - gz = \text{const.} \quad (41)$$

бўлади, лекин  $x^2 + y^2 = r^2$  бўлгани учун

$$(\omega^2 r / 2) - gz = \text{const.} \quad (42)$$



Расм 7. Айланган жисм ичидаги суюқлик.

## 8-§. Юпка деворга таъсир этувчи босим кучи.

а) Гидростатик ғайритабиийлик (Парадокс): Бирор идишдаги суюқликнинг чуқурлиги  $h$  бўлсин, у ҳолда ихтиёрий нуқтадаги босим унинг суюқлик ичида қанча чуқурликда бўлганига боғлиқ бўлади. А, В, С нуқталардаги босимлар қуйдагиларга тенг:

$$P_A = \gamma h_A; \quad P_B = \gamma h_B; \quad P_C = \gamma h_C; \quad (42)$$

Суюқлик тубидаги босим кучи эса:

$$P = \gamma h S; \quad (43)$$

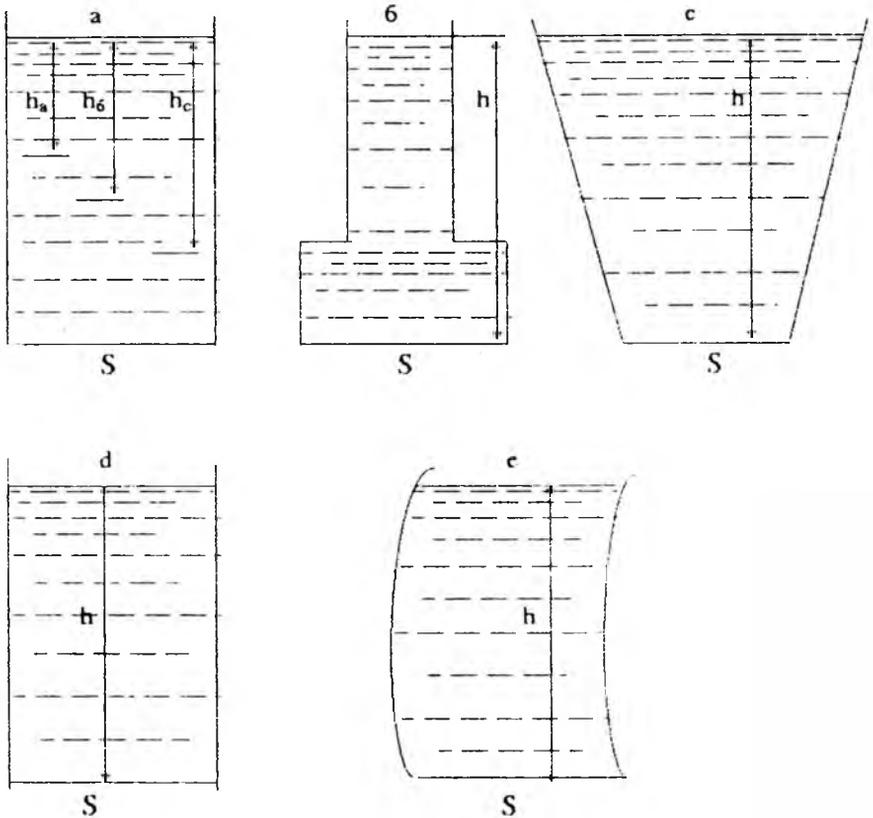
га тенг. Демак, суюқлик тубидаги босим кучи суюқликнинг оғирлигига тенг бўлар экан. 8 - расида ҳар хил шакилдаги идишлар тасвирланган ва барча идишлардаги суюқликнинг чуқурлиги  $h$  га, идиш тубининг сирти эса  $S$  га тенг. Бу ҳолда идиш тубига бўлган босим кучи идишларда:

$$P_a = \gamma h S ; \quad P_b = \gamma h S ; \quad P_c = \gamma h S ; \quad P_e = \gamma h S ; \quad (44)$$

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

$$P = \gamma h S ; \quad (45)$$

Қандай қилиб ҳажми ва оғирлиги ҳар хил суюқликларнинг идиш тубига босими бир хил ? Бу ерда физиканинг бирор қонуни нотўғри талқин қилинаётгани йўқмикин? Гидравлика қонунилари бўйича суюқликдаги босим унинг шаклига боғлиқ бўлмай, унинг чуқурлигига боғлиқ:



Рәсім 8. Гидростатик парадоксга доир чизма.

Бу ҳодиса гидростатик ғайритабiiйлик деб аталади. Бу саволга жавоб олиш учун Паскаль қонунини чуқурроқ талқин қилиш керак. Масалан, 8,6 ; ва 8, с ; раэмларни текширсак, биринчи ҳолда идишнинг юқоридаги деворларида босим юқорига йўналган бўлиб, реакция кучлари пастга йўналган, 8, с да эса аксинча. Ана шу ҳодисалар гидростатик ғайритабiiйликнинг моҳиятини очиб беради.

**б) Суюқликнинг қия сиртга босими.**

Қўшимча қия текисликка бўлган босим кучини аниқлаш керак бўлади. Хусусий ҳолда қия деворга таъсир қилувчи кучларни аниқлаш худди шундай масалага олиб келади. Шу кучларни ҳисоблаш учун қуйдаги масалани кўрамиз. Суюқлик билан тўлдирилган идиш олайлик. Унинг горизонт билан  $\alpha$  бурчак ташкил этган қия сиртда  $S$  юзага тушадиган босим кучини аниқлаймиз. Оу ўқини қия сирт йўналиши бўйича, Ох ўқини эса унга тик йўналишда деб қабул қиламиз (расм 9). Бу ҳолда  $S$  сиртдаги кичкина  $dS$  сиртгача бўлган босим қуйдагича аниқланади:

$$dP = dS(\gamma h + p_0). \quad (46)$$

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

$$P_s = \int_{(s)} \gamma h dS + \int_{(s)} p_0 dS = \gamma \int_{(s)} h dS + p_0 \int_{(s)} dS, \quad (47)$$

агар

$$h = y \sin \alpha \quad (48)$$

эканшигини ҳисобга олсак:

$$P_s = \gamma \sin \alpha \int_{(s)} y dS + p_0 \int_{(s)} dS, \quad (49)$$

бу ерда  $\int_{(s)} y dS$  - сиртнинг Ох ўқига, нисбатан статик моменти. Статик момент ҳақидаги  $\int_{(s)}$  тушинимага асосан.

$$\int_{(s)} y dS = S y_{o.m.}, \quad (50)$$

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

$$y_{o.m.} \sin \alpha = h_{o.m.}, \quad (51)$$

демак,

$$P_s = S (\gamma h_{o.m.} + p_0); \quad (52)$$

Агар тўлиқ босим кучини атмосфера босими ва чегирма босимидан иборат десак

$$P_3 = P_4 + P_2, \quad (53)$$

бўлади, бу ерда чегирма босим кучи  $p$  уйдагига тенг :

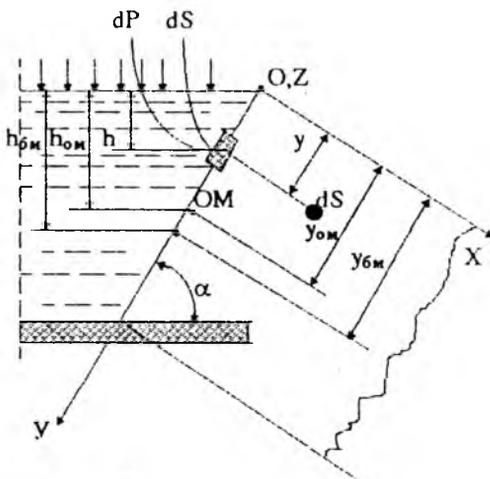
$$P_2 = \gamma h_{ом} S. \quad (54)$$

Демак, қия юзага тушадиган босим кучи шу юза сирти билан унинг огирлик марказига таъсир қилувчи босимнинг қўпайтмасига тенг бўлиб, гидростатик босим кучи

$$P_2 = P_0 S \quad (55)$$

ва чегирма босим кучи

$$P_2 = \gamma h_{ом} S \quad (56)$$



Расм 9. Қия сиртга тушадиган босим.

йинтидисига тенг бўлади. Биринчи куч юзанинг огирлик марказига қўйилган бўлиб, иккинчи куч ундан пастроққа қўйилган бўлади.

с) Босим марказини топиш.

Ориқча босим тенг таъсир этувчисининг қўйилиши нуқтаси босим маркази дейилади. Бу нуқтани топиш қия девор ўлчамларини топиш учун керак бўлади. Шунинг учун босим маркази координатасини топиш деворни ҳисоблашда жуда зарур. 9 - расмдан босим марказининг координатаси  $y_{ом}$  га тенг деб ҳисоблаб,  $S$  сиртга таъсир қилаётган моментни аниқлаймиз:

$$P_{y_с} = \int_{(S)} dP y = \int_{(S)} \gamma h dS y; \quad (57)$$

Расмдан 
$$h_{ом} = y_{ом} \sin \alpha, \quad h = y \sin \alpha \quad (58)$$

эканлиги кўриниб турибди. У ҳолда (56) муносабатдан қуйидаги келиб чиқади:

$$S y_{ом} y_{бм} = \int y^2 dS = I_x \quad (59)$$

бу ерда  $I_x = \int y^2 dS$  - кўриляётган сиртнинг  $Ox$  ўқка нисбатан инерция моментини. У ҳолда (59) дан босим марказини топавиз:

$$y_{бм} = I_x / S y_{ом}; \quad (60)$$

Инерция моментини қуйдагича ифодалаш мумкин:

$$I_x = I_{ом} + S y_{ом}^2 \quad (61)$$

Бу ерда  $I_{ом}$  - кўрилатган юзаниш унинг оғирлик марказидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моменти. У ҳолда (61) ни (60) га қўйиб, босим марказини қуйдагича топамиз:

$$y_{бм} = y_{ом} + I_{ом} / S y_{ом}; \quad (62)$$

Бу тенгламадан кўринадики, босим маркази кўрилатган қия сирт оғирлик марказидан  $I_{ом} / S y_{ом}$  миқдорча пастда жойлашган бўлиб, сирт горизонтал бўлган хусусий ҳолдагина бу фарқ 0 га тенг, (яъни, оғирлик маркази билан босим маркази устриа-уст тушади).

(Маруза № 4)

9-§. Эгри деворга таъсир этувчи суюклик босим кучи.

Техникада баъзи ҳолатларда эгри сиртга тушадиган босимни топиш талаб этилади. Буни топиш учун 10-расмдан фойдаланамиз. Эгри сиртга тушадиган босим - эртыкча ва гидростатик босим кучлари йингидисидан иборат:

$$P = P_{\text{н}} + P_{\text{о}}. \quad (63)$$

Уни ҳисоблаш учун эгри сиртда кичкина  $dS$  юза оламиз. Координата ўқларини расмда кўрсатиладек йўналтирамиз.  $У$  ҳолда кичкина юзага тушадиган босим  $dP$ ,  $dP_x$  ва  $dP_y$  проекцияларга эга бўлади.  $dS$  юзанинг  $xOz$  ва  $yOz$  тексликлардаги проекциялари эса  $dS_x$  ва  $dS_y$  га тенг. Кичкина юзага тушадиган бўлган босим юқорида кўрганимиздек қуйдагича ифодаланади :

$$dP = \gamma h dS. \quad (64)$$

Унинг горизонтал ташкил этувчиси эса,

$$dP_x = dP \cos \alpha = \gamma h dS \cos \alpha. \quad (65)$$

Иккинчи томондан  $dS \cos \alpha = dS_y$ , бўлгани учун.

$$dP_x = \gamma h dS_y. \quad (66)$$

Эгри сиртга таъсир этаётган тўлиқ босимнинг проекциясини топиш учун  $S_y$  юза бўйича интеграл оламиз :

$$P_x = \int_{(S_y)} \gamma h dS_y = \gamma \int_{(S_y)} h dS_y, \quad (67)$$

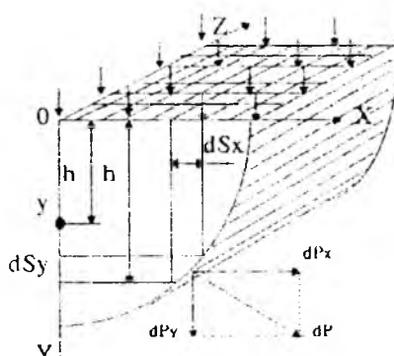
лекин  $\int h dS_y$  -  $S_y$  юзанинг  $Oz$  ўқка нисбатан статик моментидир.

Шунинг учун:

$$\int_{(S_y)} h dS_y = S_y h_0, \quad (68)$$

Бу ерда  $S_y$  - эгри сиртнинг  $yOz$  ўқидаги проекцияси;  $h_0$  -  $S_y$  юза отирилик марказининг чуқурлиги;  $h_0 = h_1 / 2$ , Шундай қилиб, эгри сиртга тушадиган босимнинг горизонтал ташкил этувчиси қуйдаги формула билан ҳисобланади:

$$P_x = \gamma S_y h_0. \quad (69)$$



Расм 10. Эгри сиртга тушадиган босимни тушатиришга доир шевма.

Бу формула текис сиртларга тушадиган босимни ҳисоблаш формуласига ўхшайди ва ундан фақат  $S_y$  юза эгри сиртнинг  $yOz$  текслигидаги проекцияси эканлиги билан фарқ қилади.

Энди, эгри сиртга тушадиган босимнинг вертикал ташкил этувчисини топамиз. 10-расмдан:

$$dP_y = dP \sin \alpha = \gamma h dS \sin \alpha, \quad (70)$$

аммо  $dS \sin \alpha = dS_x$  бўлгани учун

$$dP_y = \gamma h dS_x. \quad (71)$$

Интеграллаш йўли билан  $P_y$  ни топамиз:

$$P_y = \int_{(S_x)} \gamma h dS_x = \gamma \int_{(S_x)} h dS_x = \gamma W, \quad (72)$$

Бу ерда  $W = \int h dS_x$  - эгри сирт, унинг чегарасидаги вертикал ва эркин сиртлар орасидаги ҳажмдан иборат бўлиб, босувчи жисм деб аталади.

Шундай қилиб, эгри сиртга тушадиган босимнинг вертикал ташкил этувчиси босувчи жисм ҳажми билан суюқлик солиштирма оғирлигининг кўпайтмасига тенг, яъни

$$P_y = \gamma W. \quad (73)$$

Эгри сиртга тушадиган босимнинг горизонтал ва вертикал ташкил этувчилари оқали унинг ўзини топиш мумкин:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}. \quad (74)$$

Демак, эгри сиртга тушадиган босим унинг ташкил этувчилари  $P_x$  ва  $P_y$  нинг квадратлари йиғиндисидан олинган илдиизга тенг экан. Эгри сиртга тушадиган босимнинг йўналиши куйидаги формулалар билан аниқланади:

$$\cos \alpha = P_x / P; \quad \text{ёки} \quad \sin \alpha = P_y / P; \quad \text{ёки} \quad \operatorname{tg} \alpha = P_y / P_x. \quad (75)$$

Кучнинг қўйилиш нуктаси график усулда топилади. У куч йўналиши билан эгри сиртнинг кесилган нуктасида бўлади.

## 10 - §. Архимед қонуни

Суюқликка туширилган жисмларнинг қай йўсинда ҳаракат қилиши ва қандай ҳолатларни қабул қилишини текшириш учун уларнинг суюқлик билан таъсирлашиш ва мувозанат қонуналарини ўрганиш керак. Бу қонуниятлар эрампдан 250 йил аввал кашф қилинган Архимед қонунга асосланади. Бу қонун асосида кемалар назарияси яратилган бўлиб, улар Л. Эйлер, А. Макаров ва Н. Крылов асарларида ифодаланган. Архимед қонуни қуйдагича ифодаланади: суюқликка ботирилган жисмга сиқиб чиқарувчи куч таъсир қилиб, бу кучнинг қатълиги ботирилган жисм сиқиб чиқарган суюқлик оғирлигига тенг бўлади.

Бу қондан исботлаш қийин эмас. Суюқликка  $V$  ҳажмили жисм ботирилган бўлсин (Расм 11) Унга таъсир этувчи кучлар қуйдагилар бўлади:

1) жисмга юқоридан таъсир этувчи босим кучи

$$P_1 = \gamma H_1 S, \quad (76)$$

2) жисмга пастдан таъсир этувчи босим кучи

$$P_2 = \gamma H_2 S, \quad (77)$$

3) пастга йўналган оғирлик кучи

$$G = \gamma_1 \Delta H S = \gamma_1 V, \quad (78)$$

4) жисмга ён томонларидан таъсир этувчи куч  $P_n$ ; гидростатиканинг асосий қонунига биноан бу кучлар тенг ва қарама-қарши йўналган бўлиб, ўзaro мувозанатлашади (тенг таъсир этувчи куч нолга тенг). Бу ҳолда босим кучларнинг тенг таъсир этувчиси  $P_1$ ,  $P_2$  кучларнинг айирмасига тенг бўлиб юқорига йўналган бўлади:

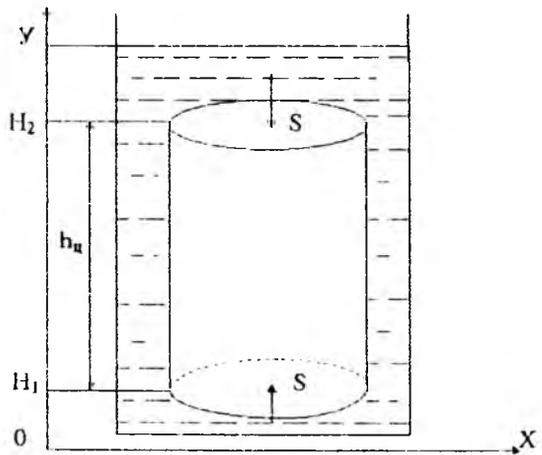
$$P = P_2 - P_1 = \gamma S(H_2 - H_1) = \gamma \Delta H. \quad (79)$$

Бу ерда:  $\gamma$  ва  $\gamma_1$  - суюқлик ва жисмнинг солиштирма оғирликлари;  $H_1$  - жисмнинг пастки қисмининг чуқурлиги;  $\Delta H$  - жисмнинг баландлиги;  $S$  - жисмнинг юқори ва пастки сиртларининг юзаси.

Жисмнинг ҳажми  $V = \Delta H S$  бўлгани учун сиқиб чиқарувчи куч қуйдагича аниқланади:

$$P = \gamma V. \quad (80)$$

Шундай қилиб, жисмни сиқиб чиқаришга ҳаракат қилаётган куч жисм сиқиб чиқарган суюқликнинг оғирлигига тенг эканлиги исботланди. Бу куч ботирилган жисмнинг қанча чуқурликда бўлишига боғлиқ эмаслиги (80) дан кўриниб турибди. Архимед қонунини ёпиқ ва очик идишларда суюқлик сиртида сузиб юривчи жисмлар учун ҳам, унинг ичидаги жисмлар учун ҳам тўғридир. Фақат суюқлик сиртидаги жисмлар учун унинг сувга ботирилган қисмига қўлланилади.



Расм 11. Архимед қонунига оид чизма.

Бу ҳолда босим кучларнинг тенг таъсир этувчиси  $P_1$ ,  $P_2$  кучларнинг айирмасига тенг бўлиб юқорига йўналган бўлади:

(Маруза № 5)

11 - §. Сууюкликларнинг нисбий тинч ҳолати.

Биз юқорида кўрганчуниндек, сууюклик отирлик кучи таъсирида мувозанатда туриши мумкин. Бу ҳол ерда нисбатан тинч турган ёки тўғри чизиқли текис ҳаракат қилаётганда идишда мувозанатда бўлган сууюликка тегишлидир. Гидростатикадаги барча масалалар шу ҳоллар учун кўрилган.

Агар идиш нотекис ёки эгри чизиқли ҳаракат қилаётган бўлса, у ҳолда сууюклик заррачаларига отирлик кучидан ташқари нисбий ҳаракатнинг инерция кучи ёки марказдан қочма кучлари таъсир қилади. Бу кучлар вақт давомида ўзгармаса, улар таъсирида сууюклик мувозанат ҳолатини қабул қилади, яъни идиш деворларига нисбатан ҳаракатсиз бўлиб қолади. Сууюкликларнинг бундай мувозанат ҳолати нисбий тинчлик дейилади. Нисбий тинчликда босими тенг сиртлар ва эркин сирт тинч турган идишдаги горизонтал текисликлар оиласидан иборат бўлган бундай сиртлардан бутунлай фарқ қилади. Бу ҳолларда таъсир этувчи масса кучлар босими тенг сиртларга тик йўналган бўлади. Нисбий тинчликда Эйлер тенгламасининг интегралларга бағишланган параболдаги тўғри чизиқли ва текис тезланувчан идишдаги сууюклик мувозанати (иккинчи масала) ва вертикал ўқ атрифида айланган идишдаги сууюклик ҳақидаги (учинчи масала) қисмларини исол қилиб оlish мумкин.

Бу ҳолда масса кучларининг тенг таъсир этувчисин инерция кучи ва отирлик кучининг йиғиндисидан иборат бўлади (уларнинг проекциялари юқорида кўрилган).

12 - §. Гидродинамика.

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

Ҳаракатланаётган сууюклик вақт ва координата бўйича ўзгарувчи турли параметрларига эга бўлган ҳаракатдаги маддий нуқталар тўпламидан иборат. Одатда сууюликни ўзи эгаллаб турган фазони бундай тўлдирувчи туташ жисм деб қарилади. Бу деган сув текшириляётган фазонинг истаган нуқтасини олесак, шу ерда сууюклик заррачаси мавжуддир. Гидростатикада асосий параметр босим эди, гидродинамикада эса босим ва тезликдир.

13 - §. Гидродинамиканинг асосий масаласи. Ҳаракат турлари.

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

*Тезлик ва босим майдонлари.* Сууюклик ҳаракат қилаётган фазонинг ҳар бир нуқтасида ҳақлан тезлик ва босим векторларини кўриб чиқсак, кўриляётган ҳаракатга мос келувчи тезлик ва босим тўпламларини кўз олдимизга келтира оламиз. Ана шу усул билан тузилаган тезлик тўплами *тезлик майдони* дейилади.

Шунингдек, босим векторларидан иборат тўплам босим майдони деб аталади. Тезлик ва босим майдонлари вақт ўтиши билан ўзгариб боради. Гидростатикадаги каби гидродинамикада ҳам гидродинамик босимни ( $P$ ) билан белгилаймиз ва уни содда қилиб босим деб атаймиз. Тезликни эса ( $u$ ) билан белгилаймиз. У ҳолда тезликнинг координата ўқларидаги проекциялари  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$  бўлади.

Юқорида айтиб ўтилганга асосан суюқлик параметрлари функция кўринишида ёзилади.

$$\left. \begin{aligned} P &= f_1(x, y, z, t) \\ U &= f_2(x, y, z, t) \end{aligned} \right\} \quad (81)$$

Тезлик проециялари ҳам функциялардир;

$$\left. \begin{aligned} U_x &= f_3(x, y, z, t) \\ U_y &= f_4(x, y, z, t) \\ U_z &= f_5(x, y, z, t) \end{aligned} \right\} \quad (82)$$

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

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

$$\left. \begin{aligned} P &= f_{11}(x, y, z) \\ U &= f_{12}(x, y, z) \end{aligned} \right\} \quad (83)$$

бўлса, у ҳолда ҳаракат барқарор дейилади. Бу ҳол қувирларда ва каналларда суюқлик маълум вақт оқиб турганидан кейин юзга келиши мумкин. Барқарор ҳаракат икки турда бўлиши мумкин: текис ва нотекис ҳаракатлардир. Суюқлик заррачаси ҳаракат йўналиши бўйича вақт ўтиши билан фазонинг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига ўтганда тезлиги ўзгариб бурса, ҳаракат нотекис ҳаракат бўлади. Нотекис ҳаракат вақтида суюқлик ичда босим ва бошқа гидравлик параметрлар ўзгариб боради. Нотекис ҳаракати кесими ўзгариб бораётган шиша қувирда кузатиш жуда қулайдир.

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

Суюқлик оқимиға босимнинг таъсирине қараб босимли ва босимсиз ҳаракатлар бўлади.

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

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

#### 14 - §. Суюқлик климатикасининг асосий тушинчаси.

##### Суюқлик ҳаракатини ўрганиш усуллари.

Суюқлик ҳаракатини икки усулда ўрганиш мумкин - яъни Лагранж ва Эйлер усулларида.

Лагранж усули одатда ажратиб олинган суюқлик заррачасининг ҳаракатини ўрганишни ўз ичига олади. Агарда бошланғич  $t_0$  - вақтда координаталари  $A, B, C$  бўлган суюқлик заррачасини белгиләб олинса, бу заррачани вақт ўтиши билан фазодаги ҳаракатини ифодалаш учун унинг координаталари  $X, Y, Z$  ни ўзгариш қонуниятини билишнинг ўзи кифоядир.

$$X = x(a, b, c, t); \quad Y = y(a, b, c, t); \quad Z = z(a, b, c, t); \quad (84)$$

Суюқлик заррачаси тезлигининг  $x, y, z$  координата ўқларга проекцияси қуйдагига тенгдир:

$$U_x = \partial x / \partial t; \quad U_y = \partial y / \partial t; \quad U_z = \partial z / \partial t; \quad (85)$$

Эйлер усули ўз ичига, фазонинг шу дақиқада кузатилаётган нуқтасидаги суюқлик заррачасини тезлигини аниқлашни олади. Агар суюқлик проекцияси аниқ бўлса, у ҳолда суюқлик ҳаракати берилган деб ҳисобланади:

$$U_x = U_x(x, y, z, t); \quad U_y = U_y(x, y, z, t); \quad U_z = U_z(x, y, z, t); \quad (86)$$

бу ерда:  $x, y, z$  - фазодаги кузатилаётган нуқта координаталаридир.

Ҳар хил нуқтадаги заррачалар тезлиги ҳар хил бўлиб, Лагранж усулидан фарқи шундаги, фазони ҳаракатланаётган суюқлик эгаллаган деб қаралади. Бундай шароитда суюқлик тезлик векторлари майдонини ҳосил қилади ва текириш учун умумий векторлар майдони назариясини қўлласа бўлади.

Худди шундай зичлик ва босим майдонлари киритилади:

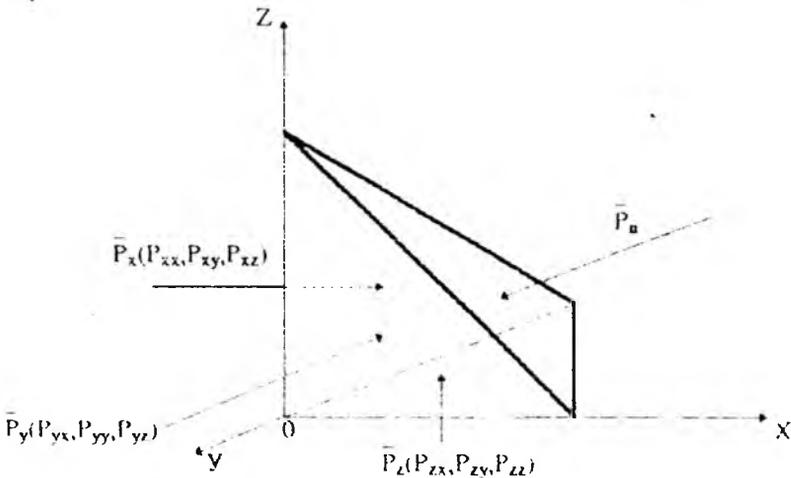
$$\rho = \rho(x, y, z, t); \quad P = p(x, y, z, t); \quad (87)$$

Суюқлик ҳаракатларини кузатиш учун Лагранж ёки Эйлер услубини қўллаш асосан қўйилган мақсадга боғлиқ бўлиб, ҳаракат тенгламасини келтириб чиқаришда Лагранж услуби қўлланилган бўлса, конкрет масалани ечишда Эйлер услуби қўлланилади.

(Маруза № 6)

### 15 - §. Ҳақиқий суюқликларда ички кучлар. Навье-Стокс тешиламаси.

Ҳақиқий суюқликларда гидродинамик босим мавжуд бўлиб, ҳаракат йўқ бўлган ҳолда у гидростатик босимга айланади. Гидродинамик босимнинг хоссалари гидростатик босим хоссаларинга караганда умумийроқдир. Гидродинамик босим суюқликдаги ички кучларни ифодаловчи ва зўриқиш кучлари деб атаувчи кучлар таркибига киради. Суюқлик ичида жойлашган бирор элементар ҳажми кузатсак, унга ташқаридаги суюқлик массаси мазлум бир куч билан таъсир қилади. Ани шу куч зўриқиш кучи дейилади. Бу кучни тўлароқ кўз олдимизга келтириш учун томонлари  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  га тенг бўлган тетраэдр кўринишдаги элементар ҳажим ажратиб оламиз (Расм 12). У ҳолда тетраэдрнинг қия сиртига ташқаридаги суюқлик  $\vec{P}_n$  кучи билан таъсир қилади. Олинган элементар ҳажм ҳаракат вақтида ўз ҳолатини сақлаши учун унга тенг таъсир этувчисен  $\vec{P}_n$  кучига тенг ва қарамакарши йўналган қуйидаги учта куч таъсир қилади: тетраэдрнинг  $yOz$  текислигида ётган юзаси бўйича  $\vec{P}_x$  кучи,  $xOz$  текислигида ётган юзаси бўйича  $\vec{P}_y$  кучи;  $xOy$  текислигида ётган юзаси бўйича  $\vec{P}_z$  кучи.



Расм 12. Ҳақиқий суюқликларда зўриқиш тензорини тушиниришга доир шизма.

Бу кучларнинг ҳар бири  $X$ ,  $Y$  ва  $Z$  ўқлари бўйича проекцияга эга:

$$P_x(P_{xx}, P_{xy}, P_{xz})$$

$$\begin{matrix} \bar{P}_y(P_{yx}, P_{yy}, P_{yz}) \\ \bar{P}_z(P_{zx}, P_{zy}, P_{zz}) \end{matrix} \quad (88)$$

Шундай қилиб,  $P$  кучини тўққизта куч билан алмаштириш мумкин бўлади. Бундай ҳусуниятга эга бўлган катталиқлар тензор деб аталади ва қуйидагича ёзилади:

$$\bar{P}_a \left\{ \begin{matrix} (P_{xx}, P_{xy}, P_{xz}) \\ (P_{yx}, P_{yy}, P_{yz}) \\ (P_{zx}, P_{zy}, P_{zz}) \end{matrix} \right\} \quad (89)$$

Бу кучлардан учтаси  $P_{xx}$ ,  $P_{yy}$ ,  $P_{zz}$  тетраэдр ён сиртларига нормал бўйича йўналган бўлиб, улар зўриқиш тензорининг нормал ташкил этувчилари дейилади. Тензорнинг қолган олтига ташкил этувчиси сиртларга уришма бўйича йўналган бўлиб, зўриқиш тензорининг уришма ташкил этувчилари дейилади. Уришма ташкил этувчилар қуйдаги ҳоссага эга бўлади:

$$P_{xy} = P_{yx}; \quad P_{xz} = P_{zx}; \quad P_{yz} = P_{zy}. \quad (90)$$

Шунинг учун,  $P$  тензори симметрик тензор деб аталади. Бу хоссанинг исботи махсус курсларда келтирилган бўлиб, биз у тўғрисида тўхталиб ўтирмаймиз. Шунингдек, тензорнинг компонентларини тушунтиришларсиз, тезлик ва қовушоклик коэффициентни орқали ифодасини келтираемиз:

$$\begin{aligned} P_{xx} &= -P + 2\mu(\partial u_x / \partial x); \\ P_{yy} &= -P + 2\mu(\partial u_y / \partial y); \\ P_{zz} &= -P + 2\mu(\partial u_z / \partial z); \end{aligned} \quad (91)$$

$$\begin{aligned} P_{xy} = P_{yx} &= \mu(\partial u_x / \partial y + \partial u_y / \partial x) \\ P_{xz} = P_{zx} &= \mu(\partial u_x / \partial z + \partial u_z / \partial x) \\ P_{yz} = P_{zy} &= \mu(\partial u_z / \partial y + \partial u_y / \partial z) \end{aligned}$$

бу ерда  $P$  - гидродинамик босим.

Бу ерда биз  $P_a$  тензори компонентларини сиқилмайдиган суюқликлар учун ёздик. Бу ифодаларни илгари айтиб ўтилган Ньютон гипотезасига қисқаб, умумлашган Ньютон гипотезаси деб аталади. Бу ҳолда аввалги параграфдаги каби ҳаракат тенгламасини тузиш мумкин бўлади. Томионлари  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  га тенг бўлган параллеллиқда кўринишида элементар ҳажм олсак (4-расмга қ.) у ҳолда  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  йўналишида оғирлик ва инерция кучларини ҳисобга олмаганимизда, учта куч таъсир қилади:

$$\begin{aligned} Ox \text{ бўйича } & P_{xx}, P_{yx}, P_{zx} \\ Oy \text{ бўйича } & P_{xy}, P_{yy}, P_{zy} \\ Oz \text{ бўйича } & P_{xz}, P_{yz}, P_{zz} \end{aligned} \quad (92)$$

Демак, параллелелестидининг (4-расмга қ.) Ох ўқиғига тик бўлган ён ёқлари бўйича таъсир қилувчи қучларнинг тенг таъсир этувчисин куйдагига тенг:

$$\left. \begin{aligned} & (\partial P_{xx} / \partial x) + (\partial P_{yx} / \partial y) + (\partial P_{zx} / \partial z) \\ \text{Оу ўқиғига тик бўлган ён ёқлари бўйича:} \\ & (\partial P_{xy} / \partial x) + (\partial P_{yy} / \partial y) + (\partial P_{zy} / \partial z). \\ \text{Оz ўқиғига тик бўлган ён ёқлари бўйича:} \\ & (\partial P_{xz} / \partial x) + (\partial P_{yz} / \partial y) + (\partial P_{zz} / \partial z). \end{aligned} \right\} \quad (93)$$

Энди, олдинги параграфдаги каби Даламбер принциpidан фойдаланиб ҳаракат тенгламасини тузамиз. У куйдаги кўринишга эга бўлади:

$$\left. \begin{aligned} du_x / dt &= X + (1/\rho) [(\partial P_{xx} / \partial x) + (\partial P_{yx} / \partial y) + (\partial P_{zx} / \partial z)] \\ du_y / dt &= Y + (1/\rho) [(\partial P_{xy} / \partial x) + (\partial P_{yy} / \partial y) + (\partial P_{zy} / \partial z)] \\ du_z / dt &= Z + (1/\rho) [(\partial P_{xz} / \partial x) + (\partial P_{yz} / \partial y) + (\partial P_{zz} / \partial z)] \end{aligned} \right\} \quad (94)$$

Олинган тенгламага,  $(du_x / dt)$ ,  $(du_y / dt)$ ,  $(du_z / dt)$  - ифодаларнинг (Эйлер тенгламасидаги) катталикларини киритсак, ҳақиқий суюқликларнинг ҳаракат тенгламаси куйдаги кўринишга эга бўлади:

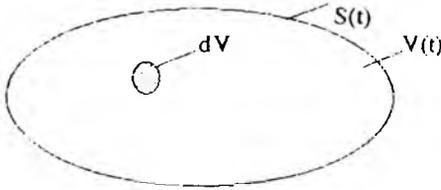
$$\left. \begin{aligned} & (\partial u_x / \partial t) + u_x (\partial u_x / \partial x) + u_y (\partial u_x / \partial y) + u_z (\partial u_x / \partial z) = \\ & = X - (1/\rho) (\partial P / \partial x) + v [(\partial^2 u_x / \partial x^2) + (\partial^2 u_x / \partial y^2) + (\partial^2 u_x / \partial z^2)], \\ & (\partial u_y / \partial t) + u_x (\partial u_y / \partial x) + u_y (\partial u_y / \partial y) + u_z (\partial u_y / \partial z) = \\ & = Y - (1/\rho) (\partial P / \partial y) + v [(\partial^2 u_y / \partial x^2) + (\partial^2 u_y / \partial y^2) + (\partial^2 u_y / \partial z^2)], \\ & (\partial u_z / \partial t) + u_x (\partial u_z / \partial x) + u_y (\partial u_z / \partial y) + u_z (\partial u_z / \partial z) = \\ & = Z - (1/\rho) (\partial P / \partial z) + v [(\partial^2 u_z / \partial x^2) + (\partial^2 u_z / \partial y^2) + (\partial^2 u_z / \partial z^2)]. \end{aligned} \right\} \quad (95)$$

Бу ҳосил бўлган тенгламалар системаси сикилмайдиган суюқликлар учун Навье-Стокс тенгламаси дейилади. (95) система учта тенгламадан иборат бўлиб, номаълумлар сонини тўртта  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$ ,  $p$ . Шунинг учун реал суюқликлар ҳаракатини текширишда бу системага (96) тенгламани қўшиб ечилади:

$$(\partial u_x / \partial x) + (\partial u_y / \partial y) + (\partial u_z / \partial z) = 0. \quad (96)$$

16 - §. Ҳаракатланаётган суюқлик ҳажмидаги заррачалар тизимини интеграл характеристикаси.

Суюқлик ҳаракатининг асосий қонуниятлари ўз ичига, таркиби бир ҳил бўлган муҳитдаги материал нукталар тизимининг назарий механика қонуналарини, олади. Таркиби бир ҳил бўлган суюқлик заррачаларидан талқил топган ва  $S(t)$  - юза билан чегараланган,  $V(t)$  - ҳаракатланувчи суюқлик ҳажмини кузатайлик (Расм 13).



Расм 13. Ҳаракатланаётган суюқлик ҳажмини тушинтиришга доир чизма.

Бундай ҳажмга - суюқ ҳажм деб аталади. Одатда суюқ ҳажмни чексиз кўп материал заррачалардан (нукталардан) иборат деб қаралади.

Ҳаракатдаги  $V(t)$  - суюқлик ҳажмидан, элементар  $dV$ -ҳажмини ажратиб оламиз. Унинг массаси ( $dm = \rho dV$ ), ҳаракат миқдори ( $dK = \bar{U} \rho dV$ ), га тенг бўлиб, бу ерда:  $\bar{U}$  - элементар суюқлик массаси - ( $dm$ ) нинг тезлиги, шу элементар массанинг кинетик энергияси  $dE = \rho(U^2/2)$ .

Ҳаракатдаги  $V(t)$  -суюқлик ҳажмини таркибдаги ҳамма заррачаларнинг интеграл ҳарактеристикаси қуйдагича аниқланади:

$$M = \int_V \rho dV; \quad (97)$$

бўлиб, бу масса  $V$  ҳажмининг таркибидадир.

$M$  - массанинг ҳаракат миқдори:

$$\bar{K} = \int_V \bar{U} \rho dV; \quad (98)$$

$M$  - массанинг кинетик энергияси:

$$E = \int_V \rho(U^2/2) dV. \quad (99)$$

Материал нукталар тизими динамикаси теоремасининг асоси ва биринчи иссиқлик динамикаси қонуниятлари қуйдагича ифодаланади.

а) Массанинг сақланиш қонуни:

$$(d/dt)M = (d/dt) \int_{V(t)} \rho dV = 0; \quad (100)$$

б) Ҳаракат миқдорининг ўзгариш қонуни:

$$(d/dt) \int_{V(t)} \bar{U} \rho dV = \sum_{\xi} \bar{F}_{\xi}^{(e)}, \quad (101)$$

бу ерда:  $\sum_{\xi} \bar{F}_{\xi}^{(e)}$  - Ҳаракатланувчи  $V(t)$ -ҳажм таркибдаги заррачаларга қўйилган ҳамма таъқи кучларнинг йиғиндис.

в) Тўлиқ энергиянинг сақланиш қонуни:

$$(d/dt) \int_{V(t)} [(\rho U^2/2) + \rho U] dV = \delta Q/dt + \sum_k N_k^{(e)}, \quad (102)$$

бу ерда:  $U$  - бир бирлик муҳид муҳиднинг ички энергияси,  
 $\delta Q/dt$  - ташқаридан оқиб кираётган иссиқлик тезлиги,  
 $\sum_k N_k^{(e)}$  - Ҳамма ташқи кучлар қувватларининг йиғиндис.

г) Кинетик энергиянинг ўзгариш қонуни ("фойдали куч" теоремаси):

$$d/dt \int \rho (U^2/2) dV = \sum_k N_k^{(e)} + \sum_n N_n^{(i)}, \quad (103)$$

бу ерда:  $\sum_n N_n^{(i)}$  - заррачага қўйилган ҳамма ички кучлар қувватларининг йиғиндис.

Бу келтирилган боғлиқликлар ҳам томчисимон ва ҳам газсимон суюқликлар учун тўғридир. "Газ динамикаси" бўлимида, (102) ифода чуқурроқ ва ҳадма-ҳад ўрганилади. (101) ва (103) ифодаларни умумий кўринишда ифодалаш мумкин:

$$d/dt \int_{V(t)} \varphi(t) dV = \sum_k F_k \quad (104)$$

бу ерда:  $\varphi$  ўрнида  $\rho$ ,  $U\rho$ ,  $\rho (U^2/2)$  ва  $\sum F_k$  ларни қўйиб ишлатиш мумкин.

Шундай қилиб, (100)-(103) бўлган қонуниятларни келтириб чиқармоқлик учун ҳаракатланувчи суюқлик ҳажмидан вақит бўйича олинган ҳосиланинг интегралини ҳисоблаш керак.

### 17 - §. Узлуксизлик тенгламаси.

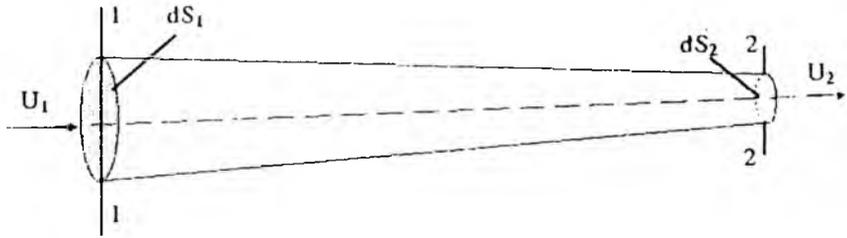
Кўқорида айтиб ўтилгандек, гидравликада суюқликлар туташ муҳитлар деб қаралади (яъни ҳаракат фазонинг исталган нуқтасида суюқлик заррачасини топиш мумкин). Элементар оқимча ва оқим учун узлуксизлик тенгламаси суюқликнинг тутап оқими (яъни ҳар бир ҳаракатдаги заррачанинг олдида ва кетида чексиз кичик масофада масофада албатта яна бирор заррача мавжудлиги) нинг математик ифодаси бўлиб хизмат қилади. Суюқликнинг барқарор ҳаракатини кўрамай.

Бирор оқимчани икки қесимиши кузатадиган бўлсак элементар сарфлар тенглигидан қуйидаги ифода келиб чиқади:

$$U_1 dS_1 = U_2 dS_2, \quad (105)$$

ёки

$$U_1 dS_1 = U_2 dS_2 = U_3 dS_3 = \dots = U_n dS_n = \text{const.} \quad (106)$$



Расм 14. Элементар оқимча учун узлуксизлик тенгламасини чиқаришга оид чизма.

(105) тенглама элементар оқимча учун узлуксизлик тенгламаси деб аталади. Бу тенгламадан кўришиб турибдики, элементар оқимчанинг барча кесимларида элементар сарф бир хилдир. (105) тенгламани қуйдагича ёзиш мумкин:

$$U_1/U_2 = dS_1/dS_2. \quad (107)$$

Бундан элементар оқимчанинг ихтиёрий иккита кесимидаги тезликлар бу кесимлар юзасига тескари пропорционал эканлиги келиб чиқади.

Оқим учун узлуксизлик тенгламасини чиқарамиз. Бунинг учун элементар оқимча учун олинган узлуксизлик тенгламасидан фойдаланамиз. Оқим сарфи чексиз кўп оқимчалар сарфининг йиғиндисидан иборат эканлигини назарга олиб, (105) тенгламанинг чап ва ўнг қисмини  $S_1$  ва  $S_2$  юзалар бўйича олинган интеграллар билан алмаштираемиз:

$$\int_{S_1} U_1 dS_1 = \int_{S_2} U_2 dS_2. \quad (108)$$

Бунинг ечими:

$$\int_{S_1} U_1 dS_1 = v_1 S_1; \quad \int_{S_2} U_2 dS_2 = v_2 S_2. \quad (109)$$

бўлади. У ҳолда:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2. \quad (110)$$

Танлаб олинган 1-1 ва 2-2 кесимлар ихтиёрий бўлгани учун

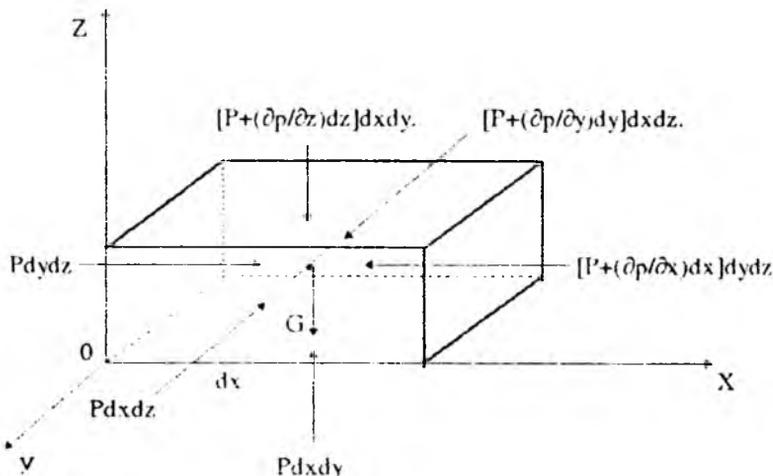
$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = v_3 S_3 = \dots = v_n S_n = \text{const}. \quad (111)$$

Бу оқим учун узлуксизлик тенгламасидир. Ундан кўришадикки, оқимнинг йўналиши бўйича кўндаланг кесимларнинг юзаси ва тезлиги ўзгариб бориши мумкин. Лекин сарф ўзгармайди. (111) тенгламани қуйдагича тарифлаш ва ёзиш мумкин, яъни оқимнинг кесимларидаги ўртача тезликлар тегишли кесимларнинг юзаларни а тескари пропорционалдир:

$$v_1 / v_2 = S_2 / S_1. \quad (112)$$

### 18 - §. Эйлер тенгласи шаклидаги ковушчок булмаган суюкликлар учун харакат дифференциал тенгласи.

Юқорида биз иднал ва реал суюкликлар тушунчаси ҳақида тўхталиб, уларнинг бир-биридан фарқини кўрсатувчи асосий кинематик ички ишқалашиш кучи эканлигини айтиб ўтдик. Кейинчалик ички ишқалашиш кучи тезлик градиентига боғлиқ бўлишини таъкидладик.



Расм 15. Суюкликлар мувозанатининг Эйлер тенгласига доир чизма.

Суюклик ҳаракат қилмаётган фазода томонлари  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  бўлган элементлар ҳажми ажратиш оламин (Расм 15). У ҳолда ҳажмга  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  ўқлари йўналишида таъсир этувчи кучлар гидростатикада суюкликлар асосий тенгласини чиқарганимиздагидек ифодаланadi. Бу ерда фарқ суюклик ҳаракатда бўлганлиги учун босим кучларидан ташқари инерция кучлари ҳам мавжуддир. Шунинг учун гидростатикада суюкликнинг мувозанат шартларидан фойдаланган бўлсак, бу ерда Даламбер принциpidan фойдаланамиз. У ҳолда бирлик массага таъсир этувчи инерция кучларининг тенг таъсир этувчиси  $x$ ,  $y$  ва  $z$  ўқларида қуйдаги проекцияларга эга бўлади:

$$a_x = dU_x/dt; \quad a_y = dU_y/dt; \quad a_z = dU_z/dz. \quad (113)$$

Бирлик массага таъсир этувчи босим кучларининг тенг таъсир этувчилари:

$$-(1/\rho)\partial P/\partial x; \quad -(1/\rho)\partial P/\partial y; \quad -(1/\rho)\partial P/\partial z; \quad (114)$$

бўлади. Шунингдек, оғирлик кучлари учун  $x$ ,  $y$  ва  $z$  ўқларидаги проекциялари:

$$X, Y, Z. \quad (115)$$

Энди  $x, y$  ва  $z$  ўқлари бўйича Даламбер принцигини қўлласак, қуйдаги дифференциал тенгламалар системасига эга бўлаемиз:

$$\begin{aligned} du_x / dt &= X - (1/\rho) \partial P / \partial x \\ du_y / dt &= Y - (1/\rho) \partial P / \partial y \\ du_z / dz &= Z - (1/\rho) \partial P / \partial z \end{aligned} \quad (116)$$

Бу тенгламалар системаси идиал суюқликлар ҳаракатининг дифференциал тенгламаси дейилади. У биринчи марта Эйлер томонидан суюқликлар ҳаракатини текшириш учун таклиф қилвгани учун (1755 й.) Эйлер тенгламаси деб ҳам юритилади.

Юқоридаги система учта дифференциал тенгламадан иборат бўлиб, номаълумлар сони тўртта:  $U_x, U_y, U_z, P$ . Математикада кўрсатилишинча бундай ҳолда яна битта тенглама керак бўлади. Ана шу тўрттинчи тенглама сифатида суюқликлар ҳаракатининг узлуксизлик тенгламасини дифференциал шаклда ёзилади ва у сиқилмайдиган суюқликлар учун қуйдаги кўришилга эга бўлади:

$$(\partial U_x / \partial x) + (\partial U_y / \partial y) + (\partial U_z / \partial z) = 0. \quad (117)$$

Олий математика курсидан маълумки ихтиёрий вектор проекцияларининг тенгвали координаталар бўйича ҳосилаларни йиғиндиси дивергенция дейилади. У ҳолда:

$$(\partial U_x / \partial x) + (\partial U_y / \partial y) + (\partial U_z / \partial z) = \text{div } \bar{U}. \quad (118)$$

Буни назарга олсак, (117) қисқача қуйдагича ёзилади:

$$\text{div } \bar{U} = 0. \quad (119)$$

Мураккаб функциянинг тўлиқ дифференциали ҳақидаги қоидага асосан:

$$du_x / dt = \partial u_x / \partial t + (\partial u_x / \partial x) (\partial x / \partial t) + (\partial u_x / \partial y) (\partial y / \partial t) + (\partial u_x / \partial z) (\partial z / \partial t). \quad (120)$$

Лекин координаталардан вақт бўйича ҳосилалар тезлик проекцияларини беради, яъни:

$$\partial x / \partial t = u_x, \quad \partial y / \partial t = u_y, \quad \partial z / \partial t = u_z. \quad (121)$$

Буни назарда тутган ҳолда (120) ни қуйдагича ёзиш мумкин:

$$du_x / dt = \partial u_x / \partial t + (\partial u_x / \partial x) u_x + (\partial u_x / \partial y) u_y + (\partial u_x / \partial z) u_z. \quad (122)$$

$$du_y / dt = \partial u_y / \partial t + (\partial u_y / \partial x) u_x + (\partial u_y / \partial y) u_y + (\partial u_y / \partial z) u_z. \quad (123)$$

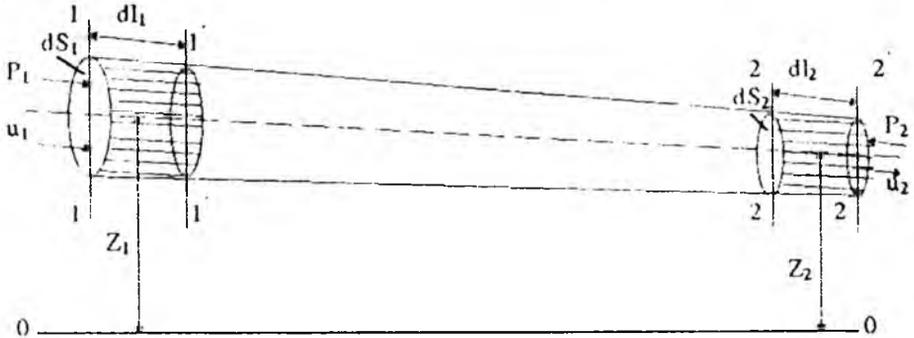
$$du_z / dt = \partial u_z / \partial t + (\partial u_z / \partial x) u_x + (\partial u_z / \partial y) u_y + (\partial u_z / \partial z) u_z. \quad (124)$$

(122), (123), (124) ларни (116) тенгламага қўйиб, идеал суюқликлар дифференциал тенгламасини қуйдагича ёзиш мумкин:

$$\begin{cases} \frac{du_x}{dt} + (\frac{\partial u_x}{\partial x}) u_x + (\frac{\partial u_x}{\partial y}) u_y + (\frac{\partial u_x}{\partial z}) u_z = X - (1/\rho) \frac{\partial P}{\partial x} \\ \frac{du_y}{dt} + (\frac{\partial u_y}{\partial x}) u_x + (\frac{\partial u_y}{\partial y}) u_y + (\frac{\partial u_y}{\partial z}) u_z = Y - (1/\rho) \frac{\partial P}{\partial y} \\ \frac{du_z}{dt} + (\frac{\partial u_z}{\partial x}) u_x + (\frac{\partial u_z}{\partial y}) u_y + (\frac{\partial u_z}{\partial z}) u_z = Z - (1/\rho) \frac{\partial P}{\partial z} \end{cases} \quad (125)$$

19 - §. Бернулли тенгламаси.

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



16 рәсм. Бернулли тенгламасини келтириб чиқаришга доир чизма.

Биринчи усул Эйлер тенгламасидан фойдаланиб йўли билан амалга оширилади. Бунинг учун (116) тенгламалар системасининг биринчи тенгламасини  $dx$  га, иккинчи тенгламасини  $dy$  га, учинчи тенгламасини  $dz$  га кўпайтирамиз ва ҳосил бўлган учта тенгламани қўшамиз. Натисжада қуйдаги тенгламага эга бўламиз:

$$\begin{aligned} (du_x/dt)dx + (du_y/dt)dy + (du_z/dt)dz &= Xdx + Ydy + Zdz - \\ &- 1/\rho [( \partial p / \partial x ) dx + ( \partial p / \partial y ) dy + ( \partial p / \partial z ) dz] \end{aligned} \quad (126)$$

(121) муносабатдан кўриниб турибдики,

$$dx = u_x dt, \quad dy = u_y dt, \quad dz = u_z dt. \quad (127)$$

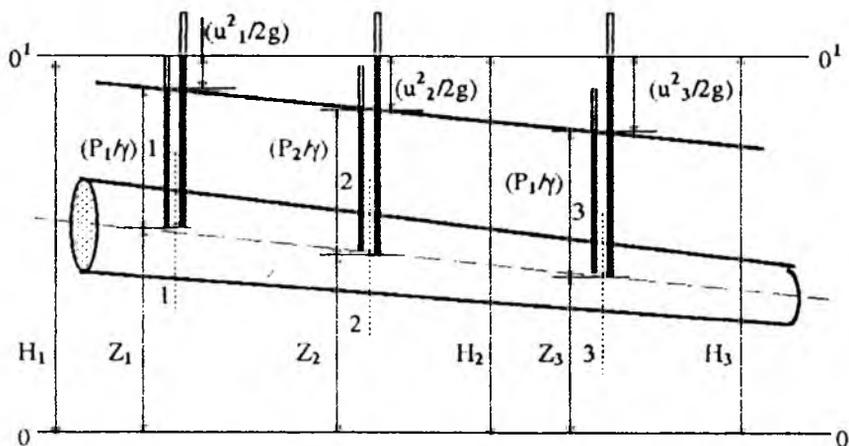
Шу муносабатдан фойдаланиб, (126) тенгламанing чап томонини қуйдаги кўринишга келтирамиз:

$$(\partial u_x / \partial t) u_x dt + (\partial u_y / \partial t) u_y dt + (\partial u_z / \partial t) u_z dt = u_x du_x + u_y du_y + u_z du_z = (1/2) d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2). \quad (128)$$

лекин 
$$u^2 = u_x^2 + u_y^2 + u_z^2. \quad (129)$$

бўлгани учун (126) тенглама чап томонининг кўривиши қуйдагича бўлади:

$$(1/2) d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) = (1/2) d(u^2). \quad (130)$$



17 расм. Бернулди тенгламасининг геометрик, энергетик ва физик мазмунларига доир чизма.

(126) нинг ўнг томонидаги  $Xdx + Ydy + Zdz$  бирор куч потенциалининг тўлиқ дифференциалидир. Агар шу потенциални  $F = f(x, y, z, d)$  билан белгиласак, у ҳолда қуйдагига эга бўламиз:

$$Xdx + Ydy + Zdz = dF. \quad (131)$$

Одатда, суяқликка таъсир қилувчи масса кучи, оғирлик кучидир. Бу ҳолда декард координаталар системасида қуйдагича бўлади:

$$F = -gz. \quad (132)$$

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

$$(\partial p / \partial x) dx + (\partial p / \partial y) dy + (\partial p / \partial z) dz = dp. \quad (133)$$

(130), (131), (132) ва (133) ларни (126) тенгламага қўйсак, у қуйдаги кўринишга келади.

$$(1/2)d(u^2) + (1/\rho)dp + d(gz) = 0. \quad (134)$$

Ҳосил бўлган тенгламани элементар оқимчага 1-1 кесимидан 2-2 кесимигача интегралласак, қуйдаги тенгламага эга бўламиз:

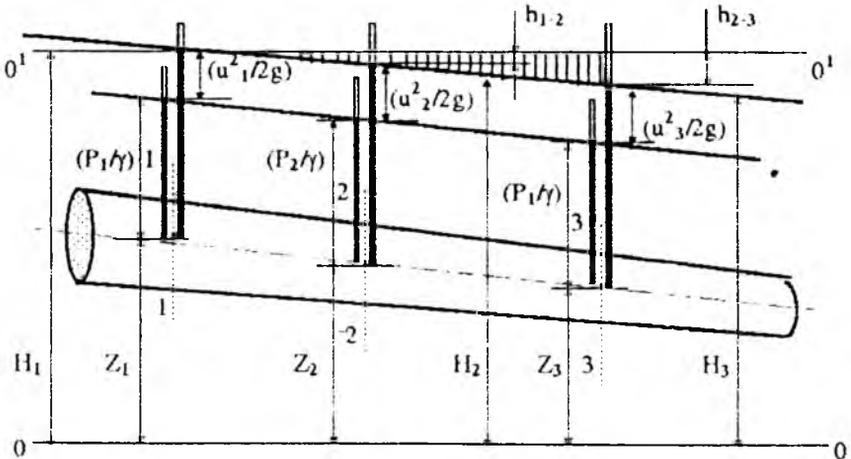
$$u^2_1/2g + P_1/\gamma + Z_1 = u^2_2/2g + P_2/\gamma + Z_2. \quad (135)$$

Охириги тенглама 1738 й. Бернулли томонидан олиingan бўлиб, унинг номи билан аталади ва гидравликада ҳаракатнинг асосий тенгламаси бўлиб хизмат қилади. Бу тенглама ихтиёрий иккига кесим учун олиingan бўлиб, бу кесимларнинг элементлар оқимга йўналиши бўйича ҳарда олинишининг аҳамияти йўқ. Шунинг учун Бернулли тенгламасини қуйдаги кўринишда ҳам ёзиш мумкин:

$$u^2/2g + P/\gamma + Z = \text{const.} \quad (136)$$

Юқориди келтирилган (136) тенглама идеал суюқликлар учун ёзилгандир. Бир кесимдан иккинчи кесимга оқиб борганда, суюқлик ўз энергиясини сарф қилмайди.

Иккинчи усул кинетик энергиянинг ўзгариш қонунидан фойдаланиб бажарилади. Юқориди келтирилган (136) Бернулли тенгламаси кинетик энергиянинг ўзгариш қонунини ифода қилади.



18 расм. Реал суюқликлар учун геометрик, пьезометрик ва тезлик биладиликлари.

Агар шу тенгламани ҳақиқий сувоқликларга тадбиқ қиладиган бўлсак у ҳолда тенглама қуйдаги кўринишга эга бўлади.

$$u^2/2g + P/\gamma + Z = \text{const.} \quad (137)$$

яъни:

$$u^2_1/2g + P_1/\gamma + Z_1 = u^2_2/2g + P_2/\gamma + Z_2 + h_w. \quad (138)$$

бу ерда:  $h_w$  - йўқотилган энергия деб аталади, [м].

$$(u^2_1/2g + P_1/\gamma + Z_1) - (u^2_2/2g + P_2/\gamma + Z_2) = h_w. \quad (139)$$

ёки

$$H_1 - H_2 = h_w \quad (140)$$

ўз навбатида  $h_w$  - йўқотилган энергия қуйдагига тенг:

$$h_w = h_1 + h_w. \quad (141)$$

бу ерда:  $h_1$  - қувирнинг бўйи бўйлаб йўқотилган энергия деб аталади;  
 $h_w$  - маҳаллий қаршиликларда йўқотилган энергия дейилади.

$$h_1 = \lambda (l / d)(v^2 / 2g). \quad (142)$$

$$h_w = \xi (v^2 / 2g). \quad (143)$$

(142) тенглама Дарси-Вейсбах тенгламаси деб аталади.

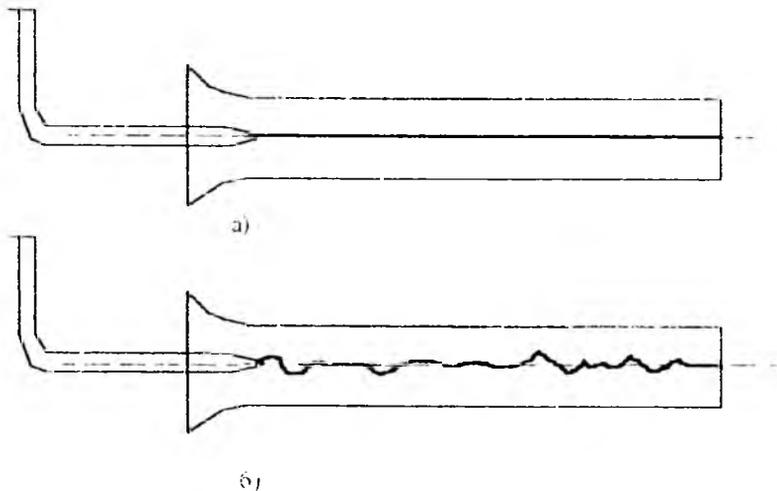
(Маруза № 8)

20-§. Суёқлик ҳаракатининг икки тартиби.  
Рейвольдс критик сохи.

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

Ламинар ҳаракат вақтида суёқлик заррачалари қатлам-қатлам бўлиб ҳаракатланади ва улар бир қатламдан иккинчи қатламга ўтмайди. Бошқача айтганда, суёқлик заррачалари оқимлар ҳаракатига кўндаланг йўналишида ҳаракатланмайди (Расм 19, а).

Агар суёқлик тезлигини ошириб борсак, ҳаракат тартиби ўзгариб боради. Тезлик маълум бир чегарадан ўтгандан кейин, заррачалар кинетик энергияси кўпайиб кетиши натижасида, улар кўнгдаланг йўналишида ҳам ҳаракат қила бошлайди. Натижада заррачалар ўзи ҳаракат қилаётган қатламдан бошқа қатламга ўтиб, Энергиясининг бир қисмини йўқотиб, ўз қатламига қайтиб келади. Оқим тезлиги жуда ошиб кетса, заррачалар бир қаватдан иккинчи қаватга тез ўта бошлайди. Натижада суёқлик ҳаракатининг тартиби бузилади. Бундай ҳаракат турбулент ҳаракат дейилади.



Расм 19. Ламинар ва турбулент ҳаракатга оид чизма

Цилиндрик қувирлардаги оқим учун Рейнольдс сони қуйдагича ҳисобланади:

$$Re = v d/v. \quad (144)$$

Турли шаклдаги ноцилиндрик қувирлар ва ўзанилардаги оқимлар учун Рейнольдс сони қуйдагича ўлчанади:

$$Re = v d_{\text{экв}} / \nu = 5vR/\nu. \quad (145)$$

бу ерда:  $d$  - қувирнинг ички диаметри;  $d_{\text{экв}}$  - ўзан ёки ноцилиндрик қувирнинг эквивалент диаметри;  $d_{\text{экв}} = 4R$ ;  $R$  - гидравлик радиус.

Рейнольдс аниқлашича, юқорида айтилган ўлчавсиз миқдорнинг кичик қийматларида ламинар ҳаракат бўлиб, унинг ошиб бориши натижасида у турбулент ҳаракатга айланади. (144) дан кўришиб турибдики, Рейнольдс сони  $Re$  ошиши учун ё тезлик, ёки қувир диаметри ортиши, ёки бўлмаса қовушқоқлик кинематик коэффицентини камайиши керак.

Суюқлик ламинар ҳаракатдан турбулент ҳаракатга ўтишини Рейнольдс сонининг маълум критик миқдори билан аниқланади. Бу сон цилиндрик қувирлар учун  $Re^1_{кр} = 2320$ ,  $Re^2_{кр} = 10000$ .

Суюқликларда асосан учта тартибли ҳаракат кузатилади, масалан:

- 1) Ламинар тартибли ҳаракат  $Re < 2320$  бўлганда кузатилади.
- 2) Ўтиш тартибдаги ҳаракат  $Re^1_{кр} < Re < Re^2_{кр}$  бўлганда кузатилади
- 3) Турбулент тартибдаги ҳаракат  $Re > 10000$  бўлганда кузатилади.

Суюқлик ҳаракатини текширишда ва турли гидросистемаларни ҳисоблашда ҳаракат тартибининг қандай бўлишига қараб фойдаланиладиган формулалар ва миқдорлар турлича бўлади. Шунинг учун турли ҳисоблашларни бажаришдан олдин ҳаракатнинг ламинар ёки турбулент тартибда эканлигини (144) формула ёрдамида аниқлаб олиш мумкин. Масалан:

1) Ламинар ҳаракат вақтида гидравлик қаршилик коэффицентини ( $\lambda$ ) қуйдагича аниқланади:

$$\lambda = 64 / Re. \quad (146)$$

2) Ўтиш ҳаракати вақтида эса бу тенглама:

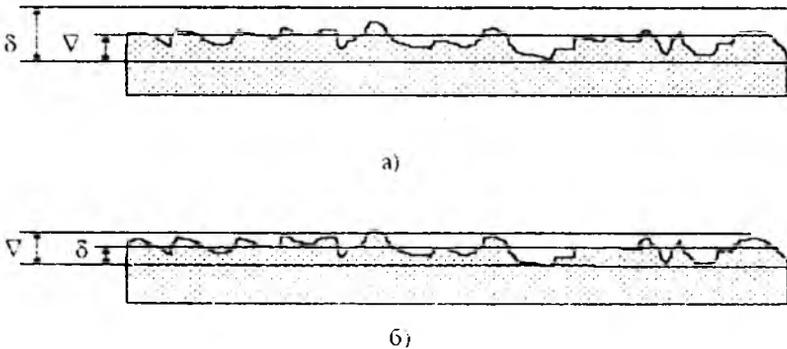
$$\lambda = 75 / Re. \quad (147)$$

3) Турбулент ҳаракат тартиби вақтида эса тенглама қуйдагича ифодаланади:

$$\lambda = 0.3164 / Re^{0.25}. \quad (148)$$

21 - §. Қувир деворларининг гидравлик силлиқ ва гидравлик нотекислиги. Абсолют ва нисбий потексликлар ҳақида тушунча.

Қувирлар, каналлар ва новларнинг деворлари маълум даражада ғадир-будирликка эга бўлади. Бу потекслик қувирларнинг қандай материалдан қилингани ва қай даражада силлиқланганига қараб уларнинг девор сиртидаги турлича катталиқдаги ёки жуда ҳам кичик настлик-дўнгликлар билан характерланади. Ғадир будирлигини характерлаш учун қувир сиртидаги дўнгликларнинг ўртача баландлиги қабул қилиниб, у абсолют нотекслик дейилади ва  $V$  билан белгиланади (20 расм). Агар абсолют ғадир-будирлик ламинар чегаравий қатламнинг қалинлиги  $\delta$  дан кичик бўлса, бу қувир гидравлик силлиқ қувир дейилади (20 - расм, а).



Расм 20. Гидравлик силлиқ ва ғадир-будир қувирларни тушунтиришга доир чизма.

Бордию,  $V$  ламинар қават қалинлиги  $\delta$  дан катта бўлса, бу қувирлар гидравлик нотексе қувирлар дейилади (20 расм, б). Биринчи ҳолда ( $V > \delta$ ) қувир сиртидаги дўнгликлар ламинар қатлам ичида қолади ва гидравлик қаршилиқка сезиларли таъсир қилмайди. Иккинчи ҳолда ( $V < \delta$ ) эса дўнгликлар ламинар қатламдан чиқиб қолади ва қувир девори атрофидаси оқим хусусиятига таъсир қилиб, гидравлик қаршилиқни оширади.

Қувирларнинг ғадир-будирлигини аниқлаш анча мураккаб иш бўлиб, уни ҳисоблаш гидравлик қаршилиқни ҳисоблашни қийинлаштиради. Шунинг учун ҳисоблаш ишларини осонлаштириш мақсадида эквивалент нотекслик  $V$ , деган тушунчани киритилади. У қувирларнинг гидравлик синаш йўли билан аниқланиб, гидравлик йўқотилни ҳисоблашда абсолют нотекслик учун қандай қиймат олинса, эквивалент нотекслик учун ҳам шундай қиймат олинганидан қилиб ташлаб олинади.

Маълумки, ламинлар қатламининг қалинлиги Рейнольдс сонига боғлиқ бўлиб, унинг ортиши билан камайиб боради. Шунинг учун Рейнольдс сонининг кичикроқ қийматларида гидравлик сиёлиқ қувирлар, унинг ортиши билан “ғадир-будир” қувир сифатида кўрилади. Шунинг учун абсолют нотекслик қувир деворининг оқим ҳаракатига таъсирини тўлиқ ифодамай олмайдди. Шунингдек, қувир нотекслиги унинг диаметри катта ёки кичик бўлишига қараб, суяқлик оқимига турлича таъсир кўрсатиши мумкин.

Буларни ҳисобга олиш мақсадида ўхшашлик қонуниларини бажарадиган ва оқим гидравликасига нотексликнинг таъсирини тўлароқ ифодалайдиган нисбий ғадир-будирликнинг таъсирини тўлароқ ифодалайдиган нисбий нотекслик тушунчаси киритилди ва у абсолют нотексликнинг қувир диаметрига нисбатига тенг деб олинади:

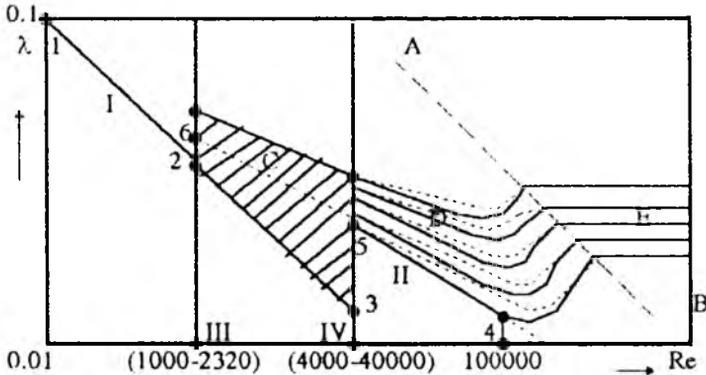
$$\epsilon = \nabla / D. \quad (149)$$

Нисбий нотексликдан фойдаланиш қувирлардаги ишқаланиш қаршичилигини ҳисоблашда анга қулайлик туғдиради.

$$\delta = (30d/Re\sqrt{\lambda}) = (60r/Re\sqrt{\lambda}). \quad (150)$$

## 22- §. Никурадзе тажрибаси ва графиги.

Ишқаланиш қаршилиги коэффициентини  $\lambda$  нинг Рейнольдс сонига боғлиқлигини жуда кўп олимлар (Базиус, Прадтль, Карман, Конаков ва бошқалар) текшириб, эмперик формулалар чиқардилар. Бу коэффициентнинг хусусиятлари ҳақида энг тўлиқ маълумот олишга ва унинг ғадир-будирликка боғлиқлигини аниқлашга И.Никурадзе тажрибаларининг натижалари имконият берди. У 1933 й. қувир деворига кум заррачаларини олислаб ёпиштириб, суяқлий нотекслик ҳосил қилди ва бу қувирларда тезлигини ўзгартириш йўли билан Рейнольдс сонининг турли қийматларида гидравлик йўқотишни аниқлашга муваффақ бўлди. Шунга Дарси формуласидан фойдаланиб, ишқаланиш коэффициентини аниқлади. Никурадзе ўз тажрибаларининг натижаларини махсус график кўринишида ифодалади. Бу графикда координата ўқлари бўйича  $\lambda$  ва  $Re$  мқдорларини кўйиб, келтирилган турли нисбий нотексликлар учун тажриба натижаларидан 21 - рақмда келтирилган эри чизикларини олди. Бу графикдан кўришиб турибдики,  $\lambda$  ва  $Re$  боғланиши соҳасида учта зона ажжалдир.



Расм 21. Никурадзе графиги.

Хисоблаш ишлари учун у қуйдаги формуладан фойдаланди:

$$\lambda = (b_1 / l) 2g (D^3 / V^2) (1 / Re^2) \quad (151)$$

1) Биринчи зона “Ламинар тартибли ҳаракат” зонаси дейилади ва у 1-2 шпик билан кўрсатилган.

2) Иккинчи зона “Ўтиш” зонаси дейилади ва вертикал III - IV чизиги билан чегараланган. Бу (C) ўтиш зонаси штрихланган бўлиб, бу ерда Re нинг чегаравий сони 1000 - 2320 дан то 4000 - 40000 гача тебраниши мумкин.

3) Учинчи зона турбулент оқими зона дейилади ва IV вертикал тўғри чизигининг ўнг томонида жойлашади. Бу зона Re нинг 4000-40000 дан то 100000 гача ўзгариб туради. Ўз навбатида бу зона яъна учта областга бўлинади:

а) Биринчи област “Силлик ўзан области” деб аталади.

б) Иккинчи област “Нотекс ўзан қаршилиги области” деб аталади.

в) Учинчи област “Нотекс ўзан қаршилигининг квадрати бўйича ҳисобланадиган област” деб аталади.

Юқорида келтирилган график бошқа оқимлар учун ҳам қўллansa бўлади.

(Маруза № 9)

## 23; - §. Жойдаги ёки маҳаллий гидравлик қаршиликлар.

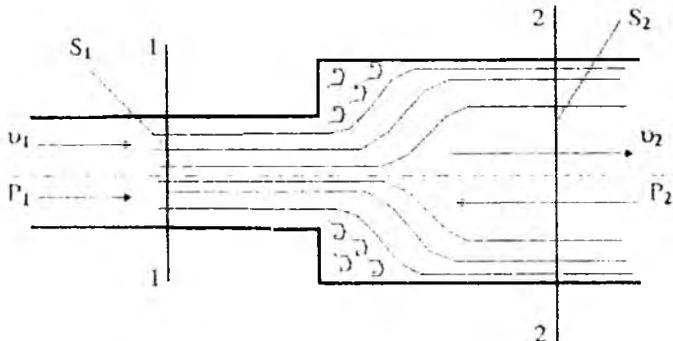
Суюқлик қувирларда ҳаракат қилганда турли тўсиқларни айланиб ўтиш учун энергия сарфлайди. Ана шу сарфланган энергия суюқлик босимининг пасайишига сабаб бўлди. Қувирларда турли тўсиқлар бўлиб, уларни айланиб ўтиш учун сарф этиладиган энергия бу тўсиқларнинг сонига ва турларига боғлиқ.

Маҳаллий қаршиликларнинг жуда кўп турлари мавжуд бўлиб, буларнинг ҳар бири учун босимнинг пасайиши турличадир. Амалий ҳисоблашларда маҳаллий қаршиликларда босимнинг пасайиши солинтирма кинетик энергия пропорционал қилиб олинади:

$$H_m = \xi (v^2/2g). \quad (152)$$

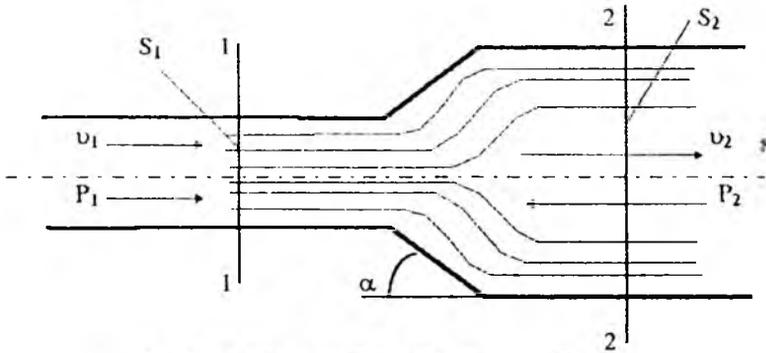
Пропорционаллик коэффициентни  $\xi$  маҳаллий қаршилик коэффициентни деб аталади ва асосан тажриба йўли билан аниқланади. Маҳаллий қаршиликларнинг асосий турлари ҳақида тўхталиб ўтамиз.

1) Кескин кенгайиш (22 расм). Маҳаллий қаршиликнинг бу турида  $\xi$  коэффициент кесимларнинг ўзгаришига боғлиқ бўлиб, кесимлар нисбати  $S_1/S_2$  қанча кичик бўлса, у шунча катта бўлади. Бу ҳолда маҳаллий қаршиликлар коэффициентини назарий ҳисобласак ҳам бўлади. Кескин кенгайишда 2-2 кесимда 1-1 кесимга нисбатан босим ортиб ( $P_2 > P_1$ ), тезлик камаяди ( $v_2 < v_1$ ).



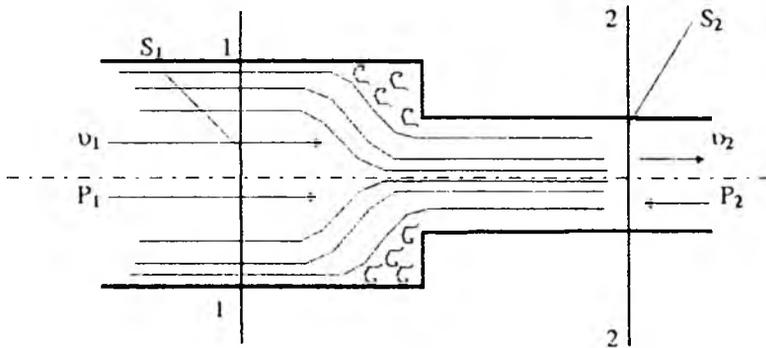
22 Расм. Кескин кенгайиш.

2) Текс кенгайиш (Расм 23). Маҳаллий қаршилик коэффициентни кесимнинг ўзгаришига ва конуслик бурчаги  $\alpha$  га боғлиқ бўлиб, кесимлар нисбати  $S_1/S_2$  нинг камайиши ва  $\alpha$  нинг ортинчига қараб ортади. Аввал кўришгандаги каби 2-2 кесимда 1-1 кесимдагига нисбатан босим ортади ( $P_2 > P_1$ ) ва тезлик камаяди ( $v_2/v_1$ ).



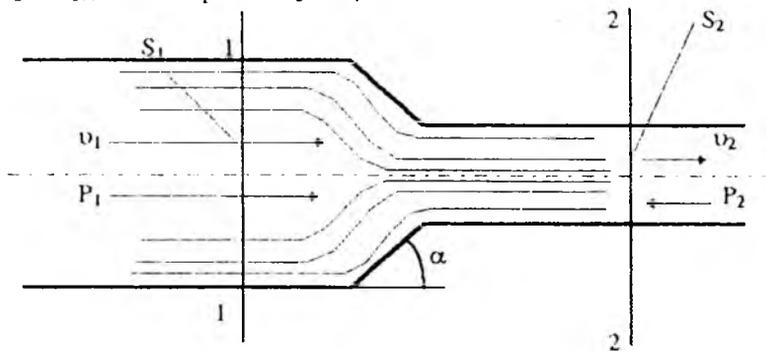
23 Рasm. Секин аста кенгайиш.

3) Кескин торайиш (Рasm 24). Маҳаллий қаршилик коэффициенти  $\xi$  кесимлар ўзгаришига боғлиқ бўлиб, уларнинг нисбати ортиши билан ортади. Бу ҳолда энергиянинг сарф бўлиши кескин кенгайишга нисбатан кам бўлади.



Рasm 24. Кескин торайиш.

4) Текис торайиш (Рasm 25). Маҳаллий қаршилик коэффициенти кесимлар нисбати  $S_1/S_2$  ниг ва конуслик бурчагининг ортиши билан ортади. Кескин торайишда ҳам, текис торайишда ҳам 2-2 кесимда 1-1 кесимга нисбатан босим камайиб ( $P_2 < P_1$ ), тезлик ортади ( $v_2 > v_1$ ).

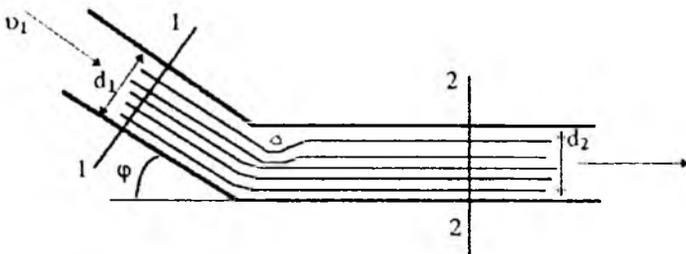


Рasm 25. Текис торайиш.

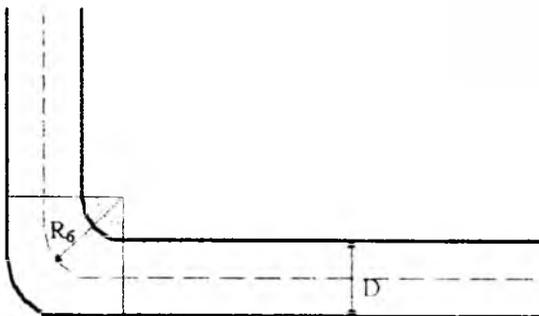
5) *Тирсақ* (26 Рәсм). Маҳаллий қаршилик коэффициенти икки қувирнинг туташтириш бурчагига боғлиқ бўлиб, бу бурчакнинг ортиши билан ортади.  $\xi$  нинг  $\varphi$  га боғлиқлиги асосан тажрибада текширилган бўлиб, баъзи содда ҳоллари оқимчалар назариясида кўрилади.

6) *Бурилиш* (Рәсм 27). Маҳаллий қаршилик коэффициенти бурилиш бурчаги  $\varphi$  ва қувир диаметрининг бурилиш радиуси  $R_6$  нинг нисбатига боғлиқ бўлади. Бурилишда  $\xi$  қувир диаметрининг бурилиш радиусига нисбати  $D/R_6$  ортиши билан ортиб боради.

7) *Қувирга қарши* (Рәсм 28). Агар қувир бирор суюқлик билан тўла идишга туташтирилган бўлса, у ҳолда киришдаги ўткир бурчакларни (28 рәсм, а) айлашиб ўтиш учун суюқлик энергияси сариф бўлади. Бу ҳолда маҳаллий қаршилик коэффициентининг қиймати:  $\xi = 0,5$ . Киришдаги ўткир бурчаклар силлиқланиб, қувирга суюқлик киришига кам қаршилик кўрсатадиган шакил берилган бўлса,  $\xi$  нинг миқдори киришнинг силлиқлик даражасига қараб,  $\xi = 0,04-0,10$  оралиғида бўлади. (Кўп ҳолларда ўртача  $\xi = 0,08$  деб қабул қилинади).



Рәсм 26. Тирсақ.



Рәсм 27. Бурилиш.

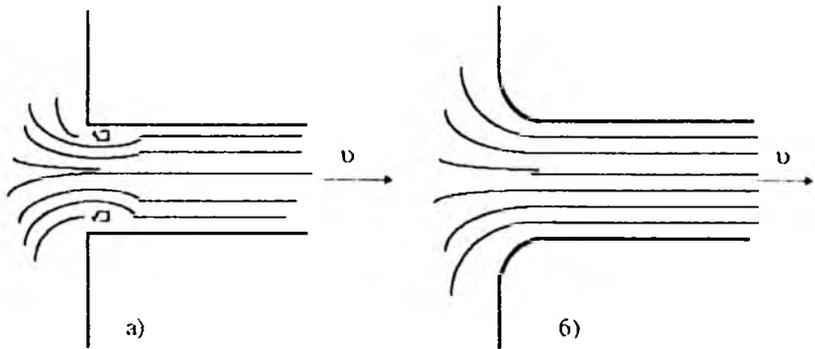


Рис. 28. Қувирга кириш.

8) Диафрагма Қувирга ўрнатилган ва суюқлик сарфини ўлчаш учун ишлатиладиган ўртаси тешик дискни диафрагма деб атайдилар. Бу ҳолда маҳаллий қаршилик коэффиценти қувирнинг кесими  $S_1$  ва диафрагма тешиги кесими  $S_2$  ния нисбати  $S_1 / S_2$  га боғлиқ ва бу нисбатнинг ортishi билан камайиб боради.

9) Жумрак (Рис. 29). Маҳаллий қаршилик коэффиценти жумракнинг очилиш даражасига боғлиқ бўлиб, унинг очилиши катталашishi билан камайиб боради. Унинг ўртacha очилишига  $\xi = 2.0$  тўғри келади.

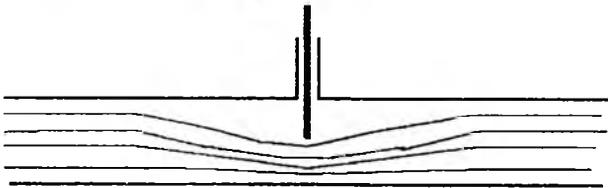


Рис. 29. Жумрак.

10) Дроссель ёпқич (Рис. 30), Тиқин-жумрак (Рис. 31). Бу ҳолларда маҳаллий қаршилик коэффиценти дроссель ёпқичининг ва тиқин-жумракнинг очилиш бурчагига боғлиқ бўлиб,  $\alpha$   $20^\circ$  дан  $50^\circ$  гача бўлганда  $\xi = 2-53$ .

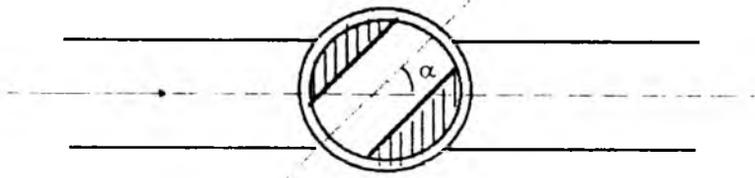
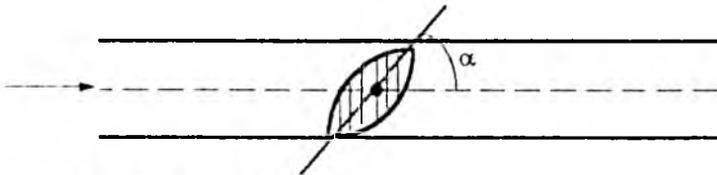


Рис. 30. Дроссель ёпқич.

Тиқин-жўмрак учун  $\xi = 2-33$  атрофида бўлади. Булардан ташқари, вентиллар, жўмраклар ва бошқаларда ҳам маҳаллий қаршиликнинг камайишини кузатиш мумкин.



Расм 31. Тиқин жумрак .

#### 24.- §. Кавитация ҳодисаси ҳақида тушунча.

Табиятда ва техникада суюқлик таркибида оз миқдорда эриган газлар учраб туради. Босим ортиши ёки ҳарорат камайиши билан эриган газлар миқдори ортади ва аксинча, босим камайганда ёки температура ортаганда уларнинг миқдори камаяди. Шунинг учун босим камайиши ёки ҳарорат ортиши билан суюқликдаги эриган газларнинг бир қисми ажралиб чиқиб, пуфакчалар ҳосил қилади, яъни юқорида айтилганга кўра босим камайганда сув ҳам бўғланади лекин энгил компонент сифатида эриган газлар тезроқ ажралиб чиқиб, пуфакчалар ҳосил қилади. Бошқача айтганда - бу ҳолат суюқликдаги босимнинг ундаги газнинг тўйинган бўғлари босимига тенг бўлганида вужудга келади. Газ пуфакчалари пайдо бўлиши билан суюқликнинг туташлиги бузилади ва туташ муҳитларга таллуқли қонулар ўз кучини йўқотади. Бу ҳодиса КАВИТАЦИЯ дейилади. Пуфакчалар суюқлик ичида паст температурани ёки юқори босимли соҳалар томонга қараб ҳаракат қилади. Агар у старли даражадаги босимга эга бўлган соҳага келиб қолса, яна эриб кетади (агар буг бўлса, конденсацияланади). Эриган газ ўрнида пайдо бўлган бўшлиққа суюқлик заррачалари йиғиладилар ва бўшлиқ кескин ёпилади. Бу эса ҳозиргина бўшлиқ бўлган ерда гидравлик зарбани вужудга келтиради ва натижада бу ерда босим кескин ортиб, (1000 атмосферадан ортиқ босим хоси қилади), ҳарорат кескин камаяди.

Бундай гидравлик зарба ва уни вужудга келтирган кавитация ҳодисаси қувир деворлари ва машиналарнинг суюқлик ҳаракат қилувчи қисмларининг бузилишига олиб келади.

Маҳаллий қаршиликларда ҳарорат ўзгармай, оқини кесимининг ўзгариши натижасида суюқликка эриган газларнинг миқдори ўзгаради. Суюқликларнинг ичишиги (ёки солиштирма ҳажми) деярли ўзгармагани учун унда эриган газларга Ёйль-Мариот қонунини қўллаш мумкин бўлади:

$$PV = RT.$$

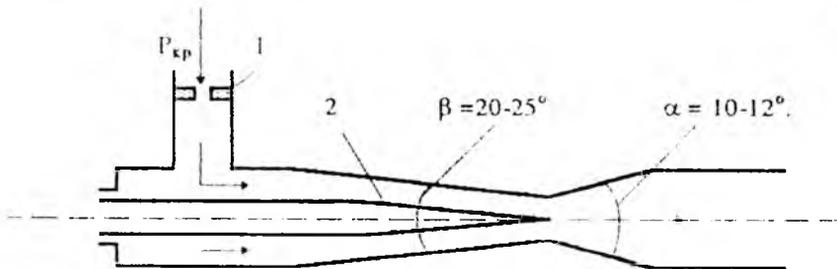
(153)

бу ерда P-босим; V-соллиштирма ҳажм, T-абсолют ҳарорат; R- газ доимийси.

Суюқлик оқимларида температура ўзгармагани ва кўнгдаланг кесим кичрайганда босим ортиб, кесим катталашганда босим камайгани учун маҳаллий торайиш мавжуд жойларда тезлик ортиб, босим камаяди. (Масалан: кескин торайиш, конфузор, жўрақлар, эшикчалар, диафрагмалар ва ҳ.к.). Агар бу ерда абсолют босим суюқлик тўйинган буғларининг шу ҳароратдаги парциал босимига тенг бўлса, у ҳолда буғланиш ва эриган газларнинг ажралиш ҳодисаси ёки маҳаллий қайнаш ҳодисаси рўй беради. Торайишдан кейин кенгайиш боғланиши билан босим ортиб, қайнаш тўхтайтиди ва ажралган буғлар конденсацияланиб, газлар эриydi, яъни кавитация ҳодисаси юз беради. Кавитация ҳодисаси юқори частотали маҳаллий кичик гидравлик зарбаларнинг келиб чиқишига сабаб бўлади. Бу ҳодиса гидросистемаларда одатдаги тартибни бузилишига, айрим ҳолларда эса, унинг қисмларининг ишдан чиқишига сабаб бўлади, қувирларда қаршиликни ортишига олиб келади.

Шунинг учун маҳаллий қаршиликларда кавитациянинг келиб чиқишига қарши кураш олиб борилади. Бундай усуллардан бири маҳаллий қаршиликларнинг босим камаювчи қисмида ёпқичлар ёрдамида босимни кўтаришдан иборат. Лекин бу усул босимнинг пасайиш даражаси юқори бўлганда кўп фойда бермайди, аммо кавитациянинг зарarli таъсирини камайитиришига ёрдам беради.

Кавитация ҳодисасидан амалда фойдаланиш ҳам мумкин. Хусусан бу ҳодисани сарфини сабиллаш мақсадида Вентурий соплоларидан фойдаланишда кўриш мумкин (Расм 32). Киришдаги босим  $P_{кр}$  ўзгармаган ҳолда, чиқишдаги босим  $P_{чк}$  камайиши билан оқимнинг тезлиги ва сарфи ортади. Лекин тезлик ортиши билан соплонинг торойган қисмида босим камаяди. Бу босим кавитациянинг бошланишига олиб келувчи босим миқдорига тенг лашса ёки ундан камайса, буғ ва эриган газларнинг ажралиб чиқиши натижасида суюқлик қайнай бошлайди. Босимнинг бундан кейинги камайиши кавитация ҳодисаси тезкорлигининг ортишига ва натижада қаршилиқнинг ортишига, суюқлик қайнаши бошланишидан кейин, чиқишдаги босимнинг камайиб боришига қарамай, суюқлик сарфининг ўзгармасдан қолишига сабаб бўлади.  $P_{чк}$  нинг камайиши фақатгина дуффузорда кавитация зонасининг кенгайиб боришига олиб келади. Бу воқеа гидросистемаларнинг чиқиш қисмида босим миқдорининг ўзгариб туриши ҳолларида суюқлик сарфини стабиллаш учун керак бўлади.



Расм 32. Кавитация ҳодисасидан сарфини барқарорлашда фойдаланиш учун қурилма.

Кавитация ходисасидан хозирги вақтга келиб кemasозлик, нефть ва газ қудуқларини буруғлаш ишларида қўллаш бўйича илмий тадқиқот ишлари кенг миқёсда олиб бoрилмақда. Келажакда кавитациянинг зарарли ҳисобланган бузувчи кучини техникада фойдали ишларга сарифлаш, бу кучни бўйинсиқдириш ихтимолдан ҳoли эмас.

25- §. Қуви́рларни кетма-кет ва параллел улашда гидравлик ҳисоблашлар.

Кетма-кет ва параллел уланган қуви́рларни ҳисоблаш содда қуви́рларни ҳисоблашга қараганда мураккаб бўлиб, у қайси тартибда улашганига боғлиқ. Шунинг учун бу икки улаш усулини айрим-айрим кўриб чиқамиз.

**Кетма-кет улаш.** Бир неча ҳар хил диаметрли қуви́рлардан ташкил топган тизимни кўрамиз. Улар кетма-кет уланган бўлиб, қаршиликлари  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ , узунликлари  $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$  бўлсин (Расм 33).

Бу қуви́рларнинг ҳар бирида сарфлар тенг бўлиши узилмаслик тенгламасидан кўринади. У ҳолда қуви́рлардаги босимнинг камайиши қуйдагича аниқланади:

$$H_1 = a_1 Q^2; H_2 = a_2 Q^2; H_3 = a_3 Q^2; \dots, H_n = a_n Q^2. \quad (154)$$

Кўрилатган қуви́рлар тизимида эса қаршиликларни қўшиш принциpigа асосан қуйдагича ҳисобланади:

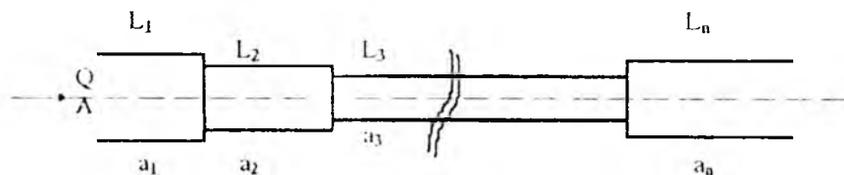
$$H = H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n) Q^2. \quad (155)$$

Шундай қилиб, қуви́рлар кетма-кет улашганда умумий қаршилик ҳиссий қаршиликлар йиғиндисидан иборат:

$$a = \sum_{i=1}^n a_i. \quad (156)$$

Бу икки тенглама (155) ва (156) қуви́рларни кетма-кет улашда характеристика тузиш учун асос бўлади. Қуви́рларни бу кўринишда уланганда сарф қуйдагича бўлади:

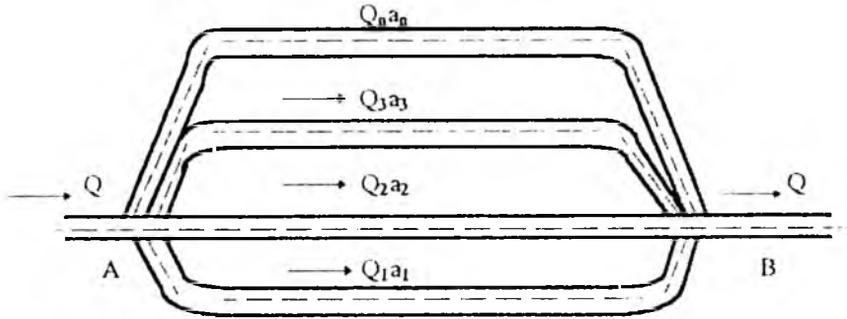
$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n. \quad (157)$$



Расм 33. Қуви́рларни кетма-кет улаш дойир чизма.

**Қуви́рларни параллел улаш.** Энди бир қанча параллел уланган содда қуви́рлардан ташкил топган мураккаб қуви́рни кўрамиз (Расм 34). Содда қуви́рларнинг сарфлари  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ , қаршиликлари  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  бўлсин. Умумий схемадан кўришиб турибдики, мураккаб қуви́рнинг сарфи содда қуви́рлар сарфларининг йиғиндисига тенг.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = \sum Q_n \quad (158)$$



Рәси 34. Қувирларни параллел улашга дойир чизма.

Ҳар бир содда қувирдаги босимнинг камайиши ҳам, мураккаб қувирдаги босимнинг камайиши ҳам А ва В нуқталардаги тўла босимларнинг айирмасига тенгдир:

$$H_A - H_B = H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_n = H. \quad (159)$$

Ҳар бир қувирдаги босимнинг камайиши қуйдагича аниқланади:

$$H_1 = a_1 Q^2; \quad H_2 = a_2 Q^2; \quad H_3 = a_3 Q^2; \quad \dots, \quad H_n = a_n Q^2. \quad (160)$$

Булардан сарфларни тоғиб, (158) га қўямиз:

$$Q = (\sqrt{H_1/a_1}) + (\sqrt{H_2/a_2}) + (\sqrt{H_3/a_3}) + \dots + (\sqrt{H_n/a_n}). \quad (161)$$

$$Q = [(1/\sqrt{a_1}) + (1/\sqrt{a_2}) + (1/\sqrt{a_3}) + \dots + (1/\sqrt{a_n})] \sqrt{H}. \quad (162)$$

Бу тенглақдан мураккаб қувир учун босим камайиши тенгламасини чиқарамиз:

$$H = Q^2 / [(1/\sqrt{a_1}) + (1/\sqrt{a_2}) + (1/\sqrt{a_3}) + \dots + (1/\sqrt{a_n})] \quad (163)$$

Шундай қилиб, параллел уланган мураккаб қувирнинг қаршилиги учун қуйдаги формулани олаемиз:

$$a = 1 / \left[ \sum_{i=1}^n (1/\sqrt{a_i}) \right]. \quad (164)$$

Юқорида келтирилган, қувирларни параллел ва кетма-кет улаш усуллари ва уларни гидравлик ҳисоблаш қонунларини кўриб чиқдик. Шу услубда мураккаб ва тармоқланган қувирларни ҳисоблаш мумкин.

26 - §. Гидравлик зарба ҳодисаси.

Қувирларда гидравлик зарба ҳодисаси деформацияланувчи қувирлардаги кам сикилувчи суюқликнинг тезлиги ёки босими кескин ўзгарганида ҳосил бўладиган тебраниш ҳаракатдан иборатдир. Бу ҳодиса тез содир бўлиб, босимнинг кескин ортиши ва камайиши билан характерланади. Босимнинг бундай ўзгариши суюқликнинг ва қувир деворларининг деформацияланиши билан боғлиқдир.

Гидравлик зарба кўп ҳолларда жўмрак ёки оқимни бошқарувчи бирор бошқа қурилманинг тез очилиши ёки ёпилиши натижасида содир бўлади. Унга бошқа ҳодисалар ҳам сабаб бўлиши мумкин. Қувирлардаги гидравлик зарбани биринчи марта проф. Н.Е.Жуковский назарий асослаган ва тажрибада текшириб кўрган ва унинг “О гидравлическом ударе” номли асариди (1899 й.) эълон қилинган. Суюқлик  $v_0$  тезлик ва  $p_0$  босим билан ҳаракат қиладиган қувирнинг охиридаги кран жўмрак “Ж” бир онда ёпилсин дейлик. У ҳолда кранга (ёпилишидан сўнг) бириги етиб келган суюқлик заррачаларининг тезлиги сўниб уларнинг кинетик энергиялари қувирнинг деворларини ва суюқликни деформациялаш ишига айланади. Бу ерда гидравликанинг аввал кўрилган бўлимларидаги каби суюқлик сикилмайди деб ҳисоблайман, унинг сикилиши оз миқдорда бўлса ҳам ҳисобга олишга тўғри келади, чунки шу сикилиш катта ва чекли миқдордаги зарба босимини вужудга келтиради. Шундай қилиб, кўриладиган ҳолда ҳаракат миқдорининг ўзгариши ҳақидаги теорема қўлланганда мувозанат тенгламаси қуйдагича ёзилади:

$$(P_0 + \Delta P_2) S dt - d_0 S dt = \rho S v_0 dx. \tag{165}$$

Бу тенгликдан

$$\Delta P_2 S dt = \rho S v_0 dx. \tag{166}$$

ёки

$$\Delta P_2 = \rho v_0 (dx/dt) \tag{167}$$

Бу ерда  $(dx/dt)$  зарба тўлқинининг тарқалиш тезлиги.

$$a = (dx/dt). \tag{168}$$

дан иборат ва охириги тенглама қуйдагича ёзилади:

$$\Delta P_2 = \rho v_0 a. \tag{169}$$

Бу формула Н.Е.Жуковский формуласидир. Ундан кўринадикки, гидравлик зарба босими суюқликнинг zichлиги, тезлиги ва шу суюқликда тўлқин тарқалиши тезлигига пропорционал бўлиб, уларнинг кўпайтмасига тенг.

## II - ҚИСМ

## ГИДРОМАШИНАЛАР.

(Марута № 11)

## I - §. ГИДРОМАШИНАЛАР ҲАҚИДА УМУМИЙ ТУШИНЧАЛАР.

Гидромашиналар деб механик энергияни гидравлик энергияга (насослар) ёки гидравлик энергияни механик энергияга (гидродвигателлар) айлантирувчи машиналарга айтилади. Гидромашиналар ўз навбатида асосан икки турга бўлинадилар яъни насосларга ҳамда гидродвигателларга. Гидромашиналарни иккита катта турларга бўлиш мумкин, яъни куракли ҳамда ҳажмий гидравлик машиналарга. Куракли гидравлик машиналар ўз навбатида марказдан қочма, ҳамда ўқий ва уюрмали гидравлик машиналарга бўлилади. Ҳажмий гидравлик машиналар ўз навбатида поршенли ҳамда роторли гидромашиналарга бўлилади. Поршенли гидромашиналар ўз навбатида кривошип-шатунли механизми, радиаль роторли ҳамда аксиал роторли гидравлик машиналарга бўлилади. Роторли гидромашиналарга тишли тилдиракли пластинали ва винтсимон гидромашиналар киратилади.

Насослар суюқликларга энергия берувчи машиналар турига кириди ва одатда ҳар хил суюқликларни чуқурликдан тортиш, юқорига кўтариш, бир ердан иккинчи ерга ташиниш учун ишлатилади. Бунда суюқликлар насос орқали ўтганида уларнинг энергияси ортади. Бу энергия ёрдамида суюқлик устида юқорида кўрсатишган ишлар бажарилади. Насослар суюқликка берган энергиясига ёки ўзидан қанча суюқлик ўткази оlishига қараб турли турларга бўлилади ва бажарган вазифасини қайси усулда амалга оширишига қараб турлича номланади.

Гидродвигателлардан суюқлик ўтганда унинг энергияси камаяди. Бу камайган энергия ҳисобига гидродвигателнинг иш қисми ҳаракатга келиб, бу ҳаракат бошқа механизмга берилади ва иш бажарилади.

Динамик насослар (асосан куракли) ўзидан ўтказётган суюқликнинг кинетик энергиясини орттиради, сўнгра бу энергиянинг кўпроқ қисмини босим энергиясига (потенциал энергия)га айлантиради. Суюқликка динамик насослар ёрдамида кинетик энергия бериш икки босқинда амалга олирилади. Биринчидан, насоснинг иш бўлимасига ёки ил тилдирагига киришдан олдин босимнинг сўйрақлашиши ҳосил бўлиб, сўриляётган суюқликнинг сиртига таъсир этувчи босимлар фарқи натижасида сўриляётган суюқликнинг тезлиги яъни кинетик энергияси ортади. Иккинчидан, иш камераси ёки ил тилдирагида механик ҳаракат ёрдамида суюқликка кинетик энергия берилади. Куракли насосларда катта тезлик билан айланяётган ил тилдираги суюқликни айлашма ҳаракат қилиради, натижада суюқликнинг тезлиги аввало айлашма тезлик ҳисобида ортади. Бундан ташқари, айлашма ҳаракат қилляётган суюқликка алтатта марказдан қочма куч таъсир қилиб, унинг марказдан қочма тезлигини орттиради. Шу усул билан насос бераётган энергияни кинетик энергия кўришишида қабул қилади. Табиийки, марказдан қочма куч таъсирда суюқлик насос корпусига бориб урилиши натижасида потенциал энергия (босим) ҳам қисман ортади, лекин бу насосларда суюқликка асосан кинетик энергия берилади. Насосдан чиқибда эса аввал сўриал йўл ёки йўналтирувчи ашпарат ёрдамида, сўнгра эса диффузор

ёрдамида суюқликнинг кўнгдаланг кесимини орттириб борилади. Натижада суюқлик олган кинетик энергияни кўпчилик қисми потенциал энергияга айланади. Суюқликнинг қолган кинетик энергияси инерция бўйича ҳаракат қилдиради. Потенциал энергиядан эса турли мақсадларда фойдаланилади (Масалан: суюқликни транспорт қилиш, бошқа механизмни гидродвигател ёрдамида ҳаракатга келтирил ва ҳ.к.)

Ҳажмий насосларда эса насосдан ўтатган суюқликка потенциал энергия иш бўлмасининг ўзида берилгани учун динамик насослардаги каби унинг чиқишида ҳам махсус қурилмалар қўллашга ҳожат қолмайди. Бу қурилмаларда суюқликка қисман кинетик энергия ҳам берилади. Лекин унга берилган энергиянинг асосий қисми потенциал энергиядан иборат бўлади.

Бу иш поршенли насосларда поршенни илгарилатма-қайтма ҳаракат қилдирувчи кучи ёрдамида аввал иш бўлмасининг ҳажмини ошириб, суюқликни сўришиш тешиги ва ёпқичи орқали бўлмага киритиш, сўнгра унинг ҳажмини камайтириш ҳисобига ҳайдаш тешиги ва ёпқичи орқали сиқиб чиқариш йўли билан амалга оширилади.

## 2 - §. НАСОСЛАРНИНГ АСОСИЙ ПАРАМЕТРЛАРИ.

Насослардан ишлаб чиқаришда фойдаланишда унинг қаерда ва қандай шароитларда ишлатилиши мумкинлигини аниқлайдиган энг муҳим параметрлари асосий параметрлар дейилади. Буларга насоснинг сўриш сарфи, ҳосил қиладиган босими, қуввати ва Ф.Н.К. қиради.

1. Насос вақт бирлигида сўрган суюқлик ҳажми  $Q$  унинг сўриши ёки сарфи деб аталади. Сўриш ( $м^3/сек$ ), ( $л/сек$ ) ва бошқа birlikларда ўлчанади.

Марказдан қочма насосларнинг сарфи қуйдаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$Q = \omega_1(\pi d_1 - \delta z) b_1 \sin \beta_1. \quad (1)$$

ёки

$$Q = \omega_2(\pi d_1 - \delta z) b_2 \sin \beta_2. \quad (2)$$

бу ерда:  $\omega_1, \omega_2$  - иш илдирасига кириш ва чиқишдаги суюқликнинг нисбий тезликлари;  $d_1, d_2$  - иш илдирасининг ички ва ташқи диаметрлари;  $\delta$  - насос куракларининг қалинлиги;  $z$  - кураклар сони;  $b_1, b_2$  - куракларнинг кириш ва чиқишдаги эни;  $\beta_1, \beta_2$  - куракларнинг кириш ва чиқишдаги эгрилик бурчаклари.

Солда амалий поршенли насоснинг сарфи ушбуга тенг:

$$Q = FL(n / 60)i. \quad (3)$$

бу ерда  $F$  - поршен кўнгдаланг кесимининг юзи;  $L$  - поршеннинг цилиндр ичидаги юриш йўли;  $n$  - поршеннинг бир минутда бориб келиш сони;  $i$  - насос цилиндрларининг сони.

2. Насосдан ўтатган суюқликнинг бирлик оғирликдаги миқдорига берилган энергия (ёки суюқлик оқими олган солиштирма энергиясига) насоснинг босими деб аталади ва суюқлик устунининг метрлари ҳисобида ўлчанади.

Босим икки ҳил усулда аниқланади:

а) Насос қурилмасининг ўлчов асбоблари кўрсатуви бўйича (Насос ишлаб турганда):

б) Суюқликка насос қурилмаси ксимларида берилган солиштирма энергиялар йиғиндиси бўйича.

**Киришчи уюлда** босим куйдагича ҳисобланади. Аввал насосга киришдаги энергия ҳисобланади:

$$e_1 = H_c + H_o + (P_1/\gamma) + v_1^2/2g, \quad (4)$$

бу ерда  $H_c$ ,  $P_1$ ,  $v_1$  - сўриш баландлиги, босими ва тезлиги.

Сўнгра насосдан чиқишдаги энергия ҳисобланади.

$$e_2 = H_c + H_o + (P_x/\gamma) + v_x^2/2g, \quad (5)$$

бу ерда:  $H_o$  - киришдаги вакуумметр билан чиқишдаги манометрлар ўрнатилган сатҳлар фарқи;  $P_x$ ,  $v_x$  - ҳайдаш босими ва тезлиги.

Охирида чиқиш ва киришдаги солиштирма энергиялар фарқини ҳисоблаб, насосдан ўтаётганда суюқлик олган энергия топилади. Бу фарқ насоснинг босимига тенг бўлади:

$$\begin{aligned} H &= e_2 - e_1 = [H_c + H_o + (P_x/\gamma) + v_x^2/2g] - [H_c + (P_c/\gamma) + v_c^2/2g] = \\ &= H_o + (P_x - P_c)/\gamma + (v_x^2 - v_c^2)/2g. \end{aligned} \quad (6)$$

Сўриш босимининг вакуумметр кўрсаткичи бўйича топиш мумкин:

$$P_c = P_a - P_{\text{вак}}. \quad (7)$$

Ҳайдаш босимини эса манометр кўрсатувидан аниқланади:

$$P_x = P_a + P_m. \quad (8)$$

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

$$H_{\text{вак}} = P_{\text{вак}} / \gamma; \quad H_m = P_m / \gamma. \quad (9)$$

Насоснинг босими учун куйдаги муносабатни оламиз:

$$H = H_m H_{\text{вак}} + H_o + (v_x^2 - v_c^2) / 2g. \quad (10)$$

Кўпинча, тезлик босимларининг айирмаси кичик миқдор бўлгани учун уларни ҳисоблашларда назарга олишмайди.

(Маруза № 12)

Иккинчи усул билан босимни ҳисоблаш учун аввал суюқлик сўриладиган идишдаги суюқлик сатҳидаги кесими (1-1) ва насосга киришдаги кесм (2-2) деб шартли равишда белгилаб, улар учун Бернулли тенгламаси ёзилади:

$$Z_1 + P_1/\gamma + v_1^2/2g = Z_2 + P_c/\gamma + v_c^2/2g + h_c \quad (11)$$

Сўнгра насосдан чиқадиган кесм (3-3) ва Суюқликнинг энг юқори кўтарилган сатҳидаги кесим (4-4) учун Бернулли тенгламаси ёзилади:

$$Z_3 + P_x/\gamma + v_x^2/2g = Z_4 + P_4/\gamma + v_4^2/2g + h_x \quad (12)$$

Бу тенгликларда:  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  - тегишли кесимларнинг геометрик баландлиги;  $h_c, h_x$  - сўриш ва ҳайдаш қувирларидаги гидравлик қаршиликлар. Энг юқори кесм (4-4) қабул қилувчи идишдаги суюқлик сатҳида десак, идишларнинг кесими қувирлар кесимига қараганда катта бўлгани учун  $v_1$  ва  $v_4$  ларни  $v_c$  ва  $v_x$  ларга нисбатан кичик зикрлар деб ташлаб юборамиз. Охириги икки тенгламага  $Z_2 - Z_1 = H_1, Z_4 - Z_2 = H_2$  белгилашларини киритиб, улардан сўриш ва ҳайдаш босимларини топамиз:

$$P_c/\gamma = P_1/\gamma - H_1 - v_c^2/2g - h_c. \quad (13)$$

$$P_x/\gamma = P_4/\gamma + H_2 - v_x^2/2g + h_x. \quad (14)$$

Олинган миқдорларни натижасида, ушбу тенгликни оламиз:

$$H = [(P_4 - P_1) / \gamma] + H_0 + H_2 + H_1 + h_c + h_x. \quad (15)$$

Насос қурилмасидан кўринадики  $H_0 + H_2 = H_x, H_1 = H_c$ . Бунга асосан

$$H_0 + H_2 + H_1 = H_x + H_c = H_{ст} \quad (16)$$

Таъминловчи ва қабул қилувчи идишларда босим, одатда, атмосфера босимига тенг бўлади: ( $P_1 = P_3; P_4 = P_2$ ). Шунга асосан босим учун ёзилган охириги тенглама қуйдаги кўринишга келади:

$$H = H_{ст} + h_c + h_x. \quad (17)$$

3. Насоснинг вақт бирлигида бажарган иши унинг қуввати дейилади. Қувват кгм/сек, о.к., кВт ва бошқа бирликларда ўлчанади. Насоснинг бирор вақтда кўтарган суюқликни  $Q$  кг, босими  $H$  бўлса, унинг бажарган иши қуйдагига тенг:

$$A = GH. \quad (18)$$

Юқорида айтилганга асосан

$$N = QH / t, \quad (19)$$

Лекин  $Q / t = \gamma Q$  бўлганиги учун қувват қуйдагича топилади:

$$N_{\Phi} = \gamma QH. \text{ [кгм/сек]} \quad (20)$$

Қувватни от кучиларда ағалласак:

$$N_{\Phi} = \gamma QH / 75. \text{ [кгм/сек]} \quad (21)$$

[кВт] ларда ифодаласак:

$$N_{\Phi} = \gamma QH / 102. \text{ [кгм/сек]} \quad (22)$$

Бу олинган уват формуллари насоснинг суюқликка берган энергиясини ифодаловчи фойдали қувватни беради. Фойдали қувватни ваъа берилган қувватга нисбати насосни Ф.И.К. деб аталади:

$$\eta = N_{\Phi} / N. \quad (23)$$

Буни назарга олганда суюқликни сўриш учун сарф бўлган умумий қувват, двигател сарфлаган қувватга тенг эканлигини кўраемиз. Умумий қувват қўйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

$$\begin{aligned} N &= \gamma QH / \eta. \text{ [кгм/сек]} \\ N &= \gamma QH / 75 \eta. \text{ [о.к.]} \\ N &= \gamma QH / 102 \eta. \text{ [кВт]} \end{aligned} \quad (24)$$

**Гидравлик йўқотишлар** - насосдаги гидравлик қарбикликлар (гидравлик ишқалашиш, насосга кириш ва чиқишда, уюмалар ҳосил бўлишида ва ҳ.к.) ни етилига сарифланадиган энергиялар. Бу йўқотишларни гидравлик Ф.И.К. ҳисобга олади.

$$\eta_i = H / (H + \sum h_{\text{гидр}}). \quad (25)$$

Бунда  $\sum h_{\text{гидр}}$  - насосдаги йўқотишлар йинициси. Гидравлик Ф.И.К. насос ишқидираги ва куракчалари, умуман насоснинг таъёрлашил сифати а бөлгикдир.

**Механик йўқотишлар** - насоснинг подшипник ва мойдонларидаги ишқалашишга, кривошип-шатунли механизмларга сарфлаган қувват йўқотишлари бўлиб, уни механик Ф.И.К ҳисобга олади:

$$\eta_m = N_n / N_n. \quad (26)$$

бу ерда:  $N_n$  - индикатор қуввати бўлиб, насос валидаги қувват ва механик йўқотишларга сарифлаган қувватларнинг айирмасига тенг.

Механик Ф.И.К. подшипник, мойдон ва ишқалашиш рўй берадиган бошқа қисмларнинг таъёрлашил сифатини ва мослашганини характерлайди.

**Ҳажмий йўқотилишлар** - суюқликнинг насосдаги ҳалқалари, ёпқичлари орқали силжиб кетиши ва насос иш камераларини сўриш жараёнида тўлиқ тўлмаслиги натижасида рўёбга келади.

Ҳажмий Ф.И.К.  $\eta_v$  - қуйдагича ифодаланади:

$$\eta_v = Q/(Q + \Delta Q), \quad (27)$$

бунда  $\Delta Q$  - насосдаги суюқликнинг ҳажмий йўқотилишлари.

Ҳажмий Ф.И.К. иккостини герметиклик даражасини ва ишлаш шароитини характерлайди.

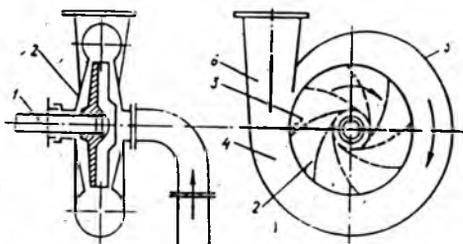
Тўлиқ Ф.И.К. юқоридаги учта Ф.И.К.нинг кўпайтмасига тенг:

$$\eta = \eta_r \eta_v \eta_m. \quad (28)$$

Поршеньли насосларда  $\eta = 0.7$  :-  $0.9$ , марказдан қочма насосларда эса  $\eta = 0.6$  :-  $0.8$  га тенг бўлади.

### 3 - §. Бир босқичли марказдан қочма насоснинг тузилиши ва ишлаш принципи

Марказдан қочма насоснинг схемаси 1-расмда келтирилган бўлиб, у насоснинг ишлаш принципини шартли равишда кўрсатади.



1 Расм. Марказдан қочма насоснинг схематик чизмаси.

Бунда сўриш қувири орқали сўрувчи идишдан кўтаришган суюқлик камерасини ўрта қисмига киради, сўнгра вал-1 орқали ҳаракатга келтирувчи иш гиддираги - 2 инги куракларни 3 орасидан ўтиб, насос камераси 4 га тушади. Бу ерда марказдан қочма куч таъсирида ҳосил бўлган босим суюқликни ҳайдаш қувирига сиқиб чиқаради. Суюқликнинг ҳайдаш қувирида маълум иқдордаги тезлик билан таъминланишни учун ўтказувчи камера, йўналтирувчи аппарат 5 ва диффузор 6 каби бир қанча махсус юсламалардан фойдаланилади.

Сўриш йўли корпусининг сўриш қувиридан иш ғилдирағига ўтишдаги каналидир. Суюқликнинг насосга сўрилиш йўлининг энг яхши шакли ўқ йўналишида конус кўринишида бўлади.

Спирал йўл. Суюқликнинг насосдан чиқиш канали спирал камера ёки йўналтирувчи аппарат кўринишида бўлади. Одатда спирал камерадан суюқлик тезлиги қуйдаги теплама бўйича ҳисобланади:

$$C_c = \kappa_c \sqrt{2gH}, \quad (29)$$

бу ерда:  $\kappa_c$  - теziорарлик коэффициентига боғлиқ бўлиб, 0.45-:-0.2 ўзгаради.

Йўналтирувчи аппарат. Иналтирувчи аппарат иш ғилдирағидан чиққан суюқликнинг радиус бўйича кенгайиб бориш давомида айлана бўйича ҳам кесимнинг ортиб боришига мажбур қилади. Натижада аппаратдан ўтиш давомида суюқлик тезлиги камайиб боради. Йўналтирувчи аппаратнинг тузилиши иш ғилдирағидан чиққан суюқликнинг ҳайдаш қувирига киришини осонлаштиради.

(Маруза № 13)

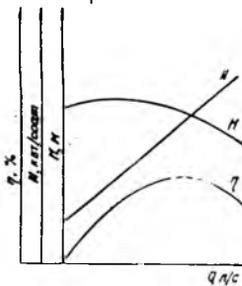
#### 4 - §. Марказдан қочма насосларнинг иш характеристикаси ва насос қурилмаси.

Насосларни ишлатишда улардан берилган шароитда энг яхши фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Бунинг учун турли шароитда насоснинг қандай ишлаши тўғрисида маълумот бўлиши керак. Бундай маълумот насосларнинг характеристикалари кўринишида берилди.

Босим, қувват ва Ф.И.К.нинг сарфга боғлиқлик графиклари насоснинг характеристикалари деб аталади:

$$H = f_1(Q); \quad N = f_2(Q); \quad \eta = f_3(Q).$$

Одатда, характеристика насосни синаш (тажриба) ёрдамида тузилади. Бунинг учун насоснинг айланиш сонини ўзгартирмасдан, ҳайдаш қувирига ўрнатилган беркиткични суриш йўли билан босим ўзгартирилиб, унинг ишлаш тартиби ҳам ўзгартирилади. Натижада қувват ва Ф.И.К. ҳам ўзгаради. Ҳарактеристикани тузиш учун синашни беркиткич тўлиқ ёпилган ҳолатдан бошлаб, очиб борамиз ва босим, қувват ва Ф.И.К.нинг сарф бўйича ўзгаришини 2 рasmда кўрсатишгаидек графиклар тузамиз.

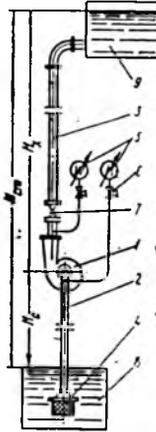


2 рasm. Марказдан қочма насосларнинг иш характеристикаси.

Графиклардан кўринадики, беркиткич ёпилган ҳолатида ( $Q = 0$ ) насос маълум босим ҳосил қилади ва у беркиткичнинг очилиши билан камайиб боради. (бошланғичда босим бир оз ортди бориб, мах га етиши ва сўнгга камайиб кетиши мумкин). Қувват эса ортди боради ва чизикли ортдишга яқин бўлади. Сарфнинг катта қийматларида бу ортдиш бир оз камайиши мумкин. Ф.И.К. графиги 0 дан бошланади ва сарфнинг маълум бир миқдорларида мах га эга бўлади. Насоснинг шу айланиш сонинда энг яхши ишлаши Ф.И.К. графигининг мах миқдори а тўғри келади.

Насослардан фойдаланишда турли айланма сонлари учун умумлаштирилиб тузилган ва универсал характеристика деб аталувчи  $Q - H$  характеристикадан фойдаланиш қулайдир.

Насос қурилмаси, насоснинг ўзи бирдан ташқари, таъминловчи суюқлик сақлагич 8 дан қабул қилувчи тизм 9 гача бир қанча қисмлардан иборат бўлади (3 расм).

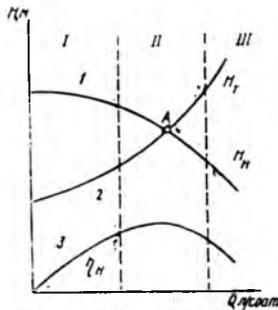


3 Расм. Насос қурилмасининг тушинтиришга оид чизма.

Насос ишлаганда суюқлик таъминловчи идишдан, тиргак ёпқич 4 ва сўриш қувири 9 орқали ўтиб, насоснинг иш гидравликлари орасига киради. Насосга кириш олдида вакуумметр 6 ўрнатилган бўлиб, у сўриш қувиридаги сираклавия даражасини кўзишга ёрдам беради. Насосдан чиқибда сарфни ўзгартириш учун хизмат қилувчи беркиткич 7 ва босим ўлчагич манометр 5 ўрнатилган бўлиб, суюқлик булардан ўтганидан сўнг хайдаш қувири 3 орқали ўтиб, қабул қилувчи идишга тушади. Тиргак ёпқич насосни ишга тувириш олдида куйишган суюқлик таъминловчи идишга оқиб кетмаслиги учун ўрнатилган бўлиб, турли ифлосликларни киришидан филтр билан ҳимояланган. Таъминловчи идишдаги суюқлик сатхи билан насос ўрнатилган орқидан фарқ - сўриш баландлиги дейилади ва  $H_c$  белгиланади. Насос ўрнатилган сатх билан қабул қилувчи идишдаги суюқлик сатхлари фарқи - хайдаш баландлиги дейилади ва  $H_d$  билан белгиланади. Сўриш баландлиги билан, хайдаш баландлигининг йиғилиши статик баландлик дейилади ва  $H_{ст}$  билан белгиланади.

Биз гидравлика бўлимида кўрганамиздек, қувирилари ҳисоблашда ушанг характеристикаснни тузиш ёки гидравлик қаршиликларни епиш учун сарф бўладиган энергияни ҳисоблаш зарур бўлади. Сарфланадиган энергия қувиришиг узунлиги ва диаметри, қаршиликлар коэффициентни, маҳаллий қаршиликлар ва бошқаларга боғлиқдир. Бу сарфни епиш учун қанча босим кераклигини ҳисоблаш йўли билан танишган эдик. Қувирилари энергия сарфини епиш ва тегишли сарф олиш учун насослардан ҳам фойдаланиш мумкин. Бушда албатта насоснинг босими керакли босимдан кичик бўлмаслиги керак. Шунинг учун қувириларида тегишли сарфни олиш учун старли босим ҳосил қилиб бера оладиган

амалга ошириш учун бир графикка насоснинг ва қувирнинг босим характеристикаларини чизамиз (4 расм).



4 Расм. Насос билан таъминланган қувирларни ҳисоблаш графиги.

Расмда 1 - чизик насос характеристикаси бўлса, 2 - чизик қувир характеристикаси ва 3 - чизик насос ФИК графигидир. Кўришиб турибдими, характеристикалар жойлашган соҳани уч қисмга ажратиш мумкин. Биринчи қисмда насоснинг босими қувирнинг шу сарифга тегишли босимдан ортиқ бўлиб, бу қисмда насоснинг ФИК кам бўлади. Иккинчи қисмда насос босими билан, қувирга тегишли сарф олиш учун зарур бўлган босимлар деярли тенг бўлиб, бу қисм характеристикалар кесилган А (.) ўз ичига олади. Шундай қилиб, соҳанинг бу қисмида насос энг яхши ишлайди ва унинг ФИК юқори бўлади, яъни унинг босими қувирда суюқликнинг керакли сарфини ҳосил қилиш учун бутунлай сарф бўлади. А (.) да эса насос қувир билан энг яхши ишлайди. Учинчи қисмда насоснинг босими қувирга тегишли сарф олиш учун зарур бўлган босимдан кичик бўлади, яъни насос керакли сарфини таъминлай олмайди.

Бу текширишдан кўринадики, берилган қувирга тегишли сарфини олиш учун шундай насос ташлаб олиш керакки уларнинг характеристикалари шу сарф қиймати атрофида кесилсин. Албатта, захира куч нуктаи назаридан қараганда характеристикалари кесилиш нуктаси А тегишли сарфдан бир оз чапроқда жойлашиши керак.

(Маруза № 14)

### 5 - §. Марказдан қочма насосларнинг сўришнинг бошқариш ва уларни кетма-кет ва параллел улаш.

Насослар, одатда қувирилар тизмида ҳосил қилиниши зарур бўлган энг кўп сўриш сарфига қараб тайлаб олинади. Лекин насосларнинг ишлатилиш вақтида, кўпинча ҳайдаш қувирига камроқ сарф ибориш зарурати туғилиб қолади, яъни сўришни анга кенг чегара оралиғида ўзгартириб туриш керек бўлади. Аяаца сарфни бошқаришни бир қанча усуллари мавжуд:

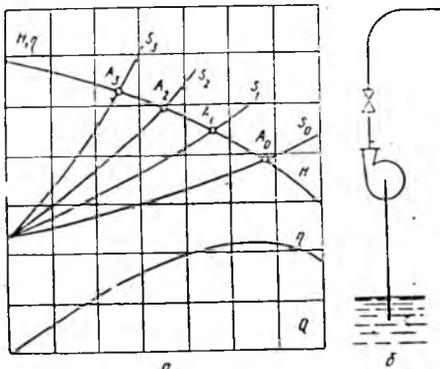
а) Бошқаришни дросселлаш усули куракли насослар учун энг кўп тарқалган усулдир. унинг моҳияти беркитгичнинг очилиш даражасини камайтириш йўли билан кўшимча қаршилик ҳосил қилиш ҳисобига ҳайдаш қувиридаги барқарорлашган характеристикани ўзгартиришдан иборат. Қувирининг босими билан сўриш сарфи орасидаги боғлавиш  $H = aQ^2$  эканлиги ҳисобга олсак, аввалги коэффициентни  $a_0$  беркитгич суриланидан кейинги коэффициентини  $a_1$  десак, у ҳолда  $a_0$  га беркитгич ҳисобига яъни  $a_{бер}$  коэффициент қўпилашляғини кўраимиз:

$$a_1 = a_0 + a_{бер} \quad (30)$$

шундай қилиб қувирининг характеристикаси қуйдаги формула билан аниқланади:

$$H = H_{ст} + a_0 Q^2 + a_{бер} Q^2. \quad (31)$$

Беркитгич билан сўришни бошқариш жуда осон бўлиб, унинг ягона камчилиги насоснинг бир қисм энергиясининг беркитгич қаршилиғини енгишга сарф бўлишидир. 5 расмда дросселлаш усулининг схемаси ва насоснинг иш графиги келтирилган.



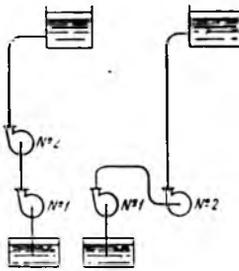
5 расм. Дросселлашнинг очилиш даражасига қараб сарфни бошқаришга дойир чизма.

б) Насоснинг айланми сочини ўзгартириш усули. Агар бирор мосланган айланми сони  $n_0$  да насоснинг босими  $H_0$ , сўриши  $Q_{\max}$  бўлса, айланми сочини камайтириш йўли билан сарфни камайтириб бориш мумкин. Насос билан двигател ўртасига турли бошқарилувчи қисмлар қўйиб қурилмани мураккаблаштириб ва қимматлаштириб юборади. Шунинг учун бу усулни қўллашда мавжуд ток частотасини ёки валининг сирпаишини ошириш билан жинхрон двигателларни частотасини ўзгартириш усуллари ҳозирча кенг қўлланилади.

в) Бир қисм сарфини қайтариш усули - ҳайдаш қувири билан сўриш қувирига туташтирувчи қўшиқча қувирдаги беркитгични о'пш йўли билан амалга оширилади ва шунинг натижасида ҳайдан қувирига кетаётган сарф камаяди. Ҳанқаришнинг бу усулини, энергияни тежаш нуқтаи назаридан, сўришнинг ортинги билан қуввати камаювчи тезорар насосларга қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Ишлаб чиқаришда кўп ҳолларда юқори босим ёки сарф олиш учун бир неча насосни бирга ишлатишга тўғри келади. Бундай иш ё битта насос керакли босимни, ёки сарфни етказиб бера олмайдиган, ёки энергияни тежаш учун битта насос ўрнига бир неча насос ишлатиш зарур бўлган ҳолларда керак бўлади. Бир неча насосни биргаликда ишлатишни икки хил усулда: кетма-кет ва паралел улаш усулларида амалга ошириш мумкин.

а) Насосларни кетма-кет улаш, - турлича амалга оширилиши мумкин (6 расм).



6 расм. Насосларни кетма-кет улашга дойир схема.

Бунда бириччи насоснинг чиқиб келишини иккинчи насоснинг кириш найчасига улашди ва биринчи насос билан иккинчи насос орасида маълум узунликдаги қувир бўлиши шарт. Қўшиқча, иккита кетма-кет улашган насослар бир хил бўлишига ҳаракат қилинади. 6 расмда насосларни кетма-кет улашнинг икки хил улашнинг шизмаси тасвирланган. Бу шизмаларга кўра кетма-кет улашган насосларнинг сарфлари тенг бўлиб, умумий босим ҳар бир насос босимларининг йиғиндисига тенг. Бу шизма кетма-кет улашган ҳар бир насос характеристикаларидан фойдаланиб, насослар групининг умумий характеристикасини тузишга имкон беради.

7 расмда келтирилган характеристикалар графигидан:

$$H_{1,2} = H_1 + H_2 \quad (32)$$

Икки насос қувватларининг йиғиндисини ҳам айрим қувватлар йиғиндиларига тенг:

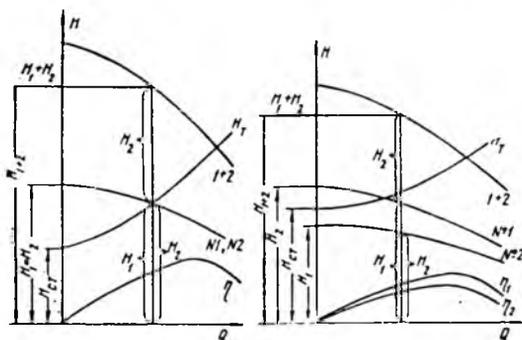
$$N_{1+2} = N_1 + N_2. \quad (33)$$

Насосларнинг умумий ФИК ни ўртача ФИК га алмаштираш:

$$\eta_{\text{ўр}} = (H_1 + H_2) / [(H_1/\eta_1) + (H_2/\eta_2)]. \quad (34)$$

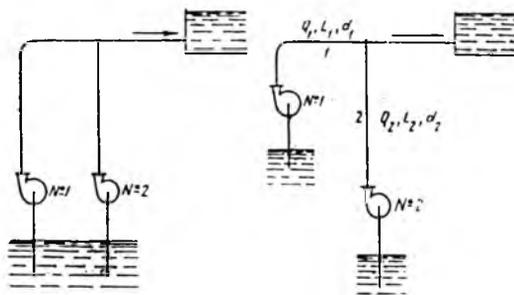
Агар бир нечта насос кетма-кет уланса, у ҳолда

$$H = nH_1. \quad (35)$$



7 Рasm. Насосларни кетма-кет улашда уларнинг қувир билан бирга ишлаш характеристикаси.

б) Насосларни параллел улаш. Бу усул бир неча насос ёрдамида баравар суюқлик тортиб, битта қувирга хайдашдан иборатдир (8 Рasm).



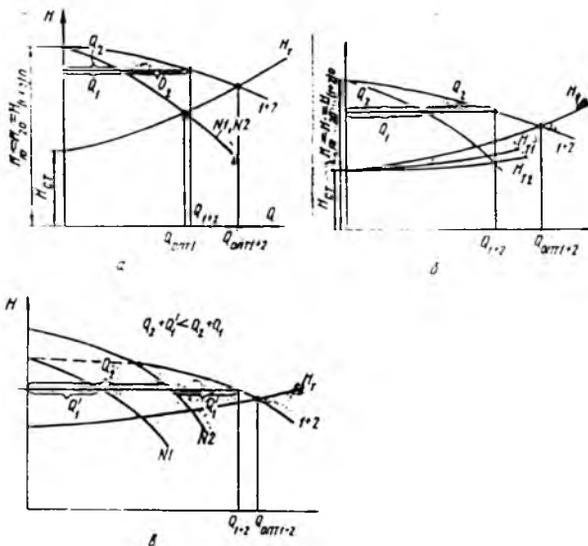
8 Рasm. Икки насосни параллел улашга дойир схема.

Бу ҳолда ҳар бир насоснинг ишлаши қарши босимини катталигига боғлиқ. Агар икки насос параллел ишласа-ю, улардан бирининг сарфи ҳам, босими ҳам катта бўлса, бу ҳолда иккинчи насоснинг босими қайтарилиб (иккинчи насос бўғилиб), Умумий қувирга берадиган сарфи 0 га тенг бўлади. Бази ҳолда босими паст насосда суюқлик тескари томонга (насос ишлаб туришига қарамай) ҳаракат қилиб, сўриш қувиридан қайтиб тушиши мумкин. Шунинг учун насосларни параллел улашда уларнинг умумий характеристикасини билишдан ташқари, ҳар бир насоснинг характеристикасини билиш ва уни каярга жойлаштиришни аниқлаш зарур бўлади. Шундай насосларни параллел улашни турли усуллари бўлиши мумкин:

- 1) Икки, уч ва бир қанча насослар бирга ишлаши мумкин;
- 2) Бирга ишлаган насосларнинг характеристикалари бир хил ёки ҳар хил бўлиши мумкин.
- 3) Насосларнинг сўриш шароити бир хил ёки ўзгариб турувчи бўлиши мумкин.

Юқорида келтирилган насосларнинг параллел улашларининг ҳар хил усуллари 8 рясмда келтирилган ва уларнинг асосий характеристикалари 9 рясмда келтирилгандир. Насосларнинг параллел улашдан асосий мақсад бир хил босимда берилдиган сарфнинг қийматиини ортириришдир, яъни:

$$Q_{1+2} = Q_1 + Q_2 = 2Q_1. \quad (36)$$



9 Рясм. Насосларни параллел улашда уларни қувирга ишлаш графини.

(Маруза № 15)

**ҲАЖМИЙ ГИДРАВЛИК МАШИНАЛАР.****5 - §. Поршеньли ва плунжерли насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи. Ҳисоблаш тенгламалари.**

Юқорида кўриб ўтганимиздек ҳажмий гидравлик машиналари - гидравлик насосларга ва гидродвигателларга бўлинади. Ҳажмий гидравлик насосларнинг ишлаш жараёнилари асосан сўриш жараёнида ҳажм кенгайиши ва ҳайдаш жараёнида ҳажм қисқариш кўринишида содир бўлади. Ҳажмий гидравлик машиналарга поршеньли - плунжерли насосларнинг ва гидродвигателларнинг барча турлари кириб, улардан ташқари тишли гидралик, пластинкали, диафрагмали ва вишпсимон гидронасослар ва гидродвигателлар ҳам кириди. Биз бу курсни ўрганаётганимизда юқорида санаб ўтилган ҳажмий гидравлик машиналарни тузилиши, ишлаш принципи, ҳисоб тенгламалари ва асосий характерискаларини кўриб ўтамиз.

**1) Поршеньли ва плунжерли насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.**

Поршеньли насос қурилмасининг энг содда схемаси 10 расмда келтирилган. Бу насосларда суликнинг сўрилиши ва ҳайдалиши поршен ёки плунжернинг цилиндрда юзарилаша - қайтша харакатига асосланган. Бунда поршен 3 ёки плунжер 3 (10 расм, а) таркибида шток 2 бўлган кривошип - шатуви механизми 1 ёрдамида ҳаракат қилади. Поршен (плунжер) цилиндр ичига чапдан ўнга қараб ҳаракатланганда иш камерасидаги суюқлик поршен 3 (плунжер 3) орқасидан эргалиб цилиндр ичига кириди ва ҳажм кенгайиш содир бўлади. Бу ўз навбатида иш камерасида вакуум ҳосил қилади. Бу вакуум маълум бир чегарага етганда иш бўлмасидаги босим билан тиргак ёпқич 7 остидаги хроповикка бўлган босим орасидаги фарқ сўриш ёпқичи 4 ни очади ва суюқлик сўриш қувири 6 орқали иш бўлмасига кириди. Сўриш жараёни поршен (плунжер) ўзининг охириги сўриш нуқтасига етгунча давом этади. Бунда сўриш қувирида ҳосил бўлган вакуумни вакуумметр ёрдамида ўлчанади. Тамбововнинг идидаги суюқлик сатҳидаги насос цилиндрининг энг юқори сатҳигача бўлган баландлик сўриш баландлиги  $H_c$  дейилади.

Поршен (плунжер) ўнгдан чапга қараб ҳаракатини давом эттирганда иш бўлмасидаги босим ортиб, сўриш ёпқичи ёпилади. Бўлмадаги босим ортишида давом этиб, цилиндр ичидаги босимнинг қиймати ҳайдаш ёпқичи 5 нинг пружинасининг эластиклик кучидан ортиганда ҳайдаш ёпқичи 5 очилиб, суюқлик ҳайдаш қувири 9 орқали нетимолчиға етказилади. Шу билан насоснинг сўриш - ҳайдаш жараёнининг цикли тугайди.

Цилиндрдаги юқоридagi сатҳ билан суюқлик кўтаришган энг юқори сатҳларнинг фарқи ҳайдаш баландлиги  $H_x$  дейилади.

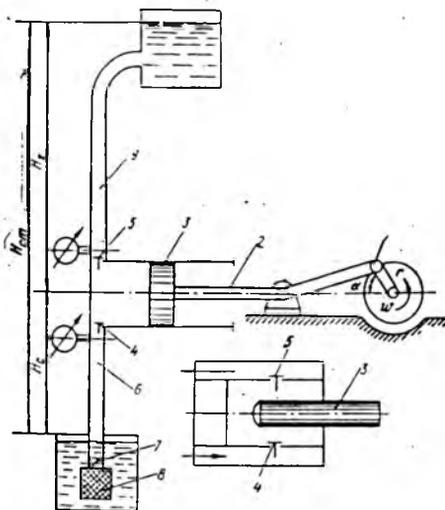
Сўриш баландлиги билан ҳайдаш баландлигининг йиғиндиси  $H_{ct} = H_c + H_x$  насоснинг тегиш баландлиги ёки ўтлиқ статик босими деб аталади.

Насоснинг асосий кўрсаткичларидан бири бўлиб, насоснинг сўриш баландлиги, назарий сарфи, ФНК лари ва қувватидир:

а) Насоснинг сўриш баландлиги қуйдаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$H_c = (P_0 / \gamma) - b, [м]. \quad (37)$$

бу ерда:  $P_0$  - сўрилатган суюқликнинг сиртига таъсир этувчи босим (очик идилларда атмосфера босимига тен, ёпиқ идилларда идил ичидаги босимга тен);  $\gamma_c$  - суюқликнинг солиштирма оғирлиги [ $Н/м^3$ ];  $b$  - суюқлик буғишиш эластиклиги [м].



10 Ражм. Бир поршенли (пунжерли) насоснинг ишлаш чизмаси.

б) Насоснинг назарий сарфи қўйдаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$Q_n = F_n L n / 60 [м^3/мин]. \quad (38)$$

Бу ерда:  $F_n = \pi D^2 / 4 [м^2]$  - цилиндрнинг кўпдалаш кесимининг юзаси;  $L$  - поршеннинг цилиндр ичида босиб ўтган масофаси [м];  $n$  - цилиндрлар сони;  $\pi$  - кривошип-шотунли механизмнинг бир минут ичида айланишлар сони [айл./мин].

в) Насоснинг ўқидаги индикатор (назарий) қуввати қўйдаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$N_i = P_i F_n L n / 60 [Нм/сек]. \quad (39)$$

Бу ерда:  $P_i$  - тўлиқ индикатор (назарий) босим [ $Н / м^2$ ].

г) Насос ишлаганда унинг ҳақиқий сарф назарий сарфдан хар донм кичик бўлади. Бунга асосий сабаб насосда содир бўлаётган ҳажмий йўқотилишлардир. Ҳажмий йўқотилишларга қўйдагилар кирди: Сўриш хамла ҳайдаш ёпиқчаларининг уз вақтида ёпиқмаслиги натижасида (уларнинг инерцияси натижасида) маълум бир миқдордаги суюқлик ҳайдаш қувирига узатилмади, яъни сўриш қувирига қайтиб тушди. Ундан талқари сўриш жараёнида цилиндр

суюқлик билан тўлиқ тўймай қолиши мумкин ва ҳайдаш жараёнида поршен ва цилиндр орасидаги тиркешлардан майлуу миндордаги суюқлик поршеннинг орқасига ўтиб кетиши мумкин. Булар ўз навбатида ҳажмий йўқотилишларга олиб келади. ушбуғ қийматиин ҳажмий ФИК ёрдамида аниқланади, яъни:

$$\eta_x = Q_v / Q_n. \quad (40)$$

Бу ерда:  $Q_x$  - насоснинг ҳақиқий берадиган сарфи.

Ҳажмий йўқотилишдан ташқари механик йўқотилиш ҳам содир бўлади.

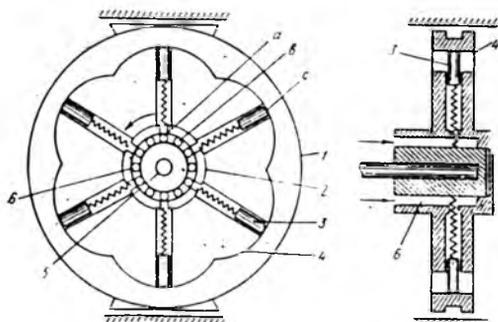
Бу асосан насоснинг ишқаланадиган қисмлари (поршен ва цилиндр орасидаги, подшипникларда, тирсакли ўқларда ва ҳ.к.ларда) да механик энергиянинг иссиқлик энергиясига айланиш кўринишида содир бўлади ва шунинг натижасида насосни айлаштириш учун кетган ҳақиқий қувват  $N_x$  хар доим назарий қувват, яъни индикатор қувват  $N_i$  дан катта бўлади. Механик йўқотилишларни, механик ФИК ёрдамида аниқланади, яъни:

$$\eta_m = N_i / N_x. \quad (41)$$

Бу турдаги насосларнинг асосий камчиликларидан бири бўлиб, суюқликни ҳайдаш қувирига узиб - узиб беришидир. Бу камчиликни камайтириш мақсадида асосан цилиндрлар соини кўпайтириш йўли билан амалга оширилади. Асосий камчилиги бўлиб, поршеннинг цилиндр ичидаги юриш тезлигининг чегараланганидир. Бунга асосий сабаб сўруви ҳамда ҳайдовчи ёпқичларнинг инерциясидир. Бу камчиликни камайтириш мақсадида, радиал роторли ва акциал роторли поршенли (плунжерли) насослар ишлаб чиқилгандир. Бу насосларда ёпқичлар ўрнига золотниксимон тақсимлагичлар қўлланилган бўлиб, булар одатда иккита цилиндрсимон тешикларнинг бир-бирига тўғри келиши шаклида илловчи тақсимлагичлар кўринишида тузилган бўлиб, бу ерда ёпқичлар инерцияси умуман бартараф қилингандир. Шунинг учун бу турдаги насосларда поршеннинг цилиндр ичида юриш тезлиги чегараланмайди, яъни сўриш жараёнида цилиндрнинг тўлиқ тўлмаслик ҳолати содир бўлмайди. ўз навбатида ҳажмий ФИК орттиради.

## 2) Радиал роторли поршенли (плунжерли) насосларни ва гидравликателларни тузилиши ва ишлаш принципи.

Радиал роторли поршенли (плунжерли) насос ротор 2, доиравий йўнаштиригич 4 ли статор 1 ва поршенчалар (плунжерчалар) 3 дан иборат (II ражм):



II Ражм. Радиал роторли поршенли насос.

Ротор кўчалмас ўк 5 атрофида айланади. Поршенчалар илгариланма-кайтма ҳаракат қилиб, ўз цилиндрларидан чиқиб пуржина ёрдамида йўналитурувчи 4 га томон қаттиқ итарилади. Штрихланган қисм (Рәсмдаги) тешик 6 дан суюқлик билан тўлдирилади, цилиндрнинг иш ҳажми қисқарган пайтда - тешикдан суюқлик хайдаб чиқарилади. бу насоснинг иккинчи тури эксцентрик-шунжерли насос бўлиб, уларда айланётган эксцентрикнинг юзасига поршенчаларнинг штоки ташқаридан тегиб ўтади. Бу насосда шунжер илгариланма - кайтма ҳаракатни эксцентрикдан олади.

Насоснинг назарий сарфи қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$Q_n = \pi D^2 e Z n / 2 \text{ [м}^3\text{/сек.]} \quad (42)$$

Бу ерда:  $D$  - цилиндр кўни даланг кесимининг юзаси [ $\text{м}^2$ ];  $Z$  - цилиндрлар сони;  $n$  - цилиндр блокининг вақт бирлиги ичида айланиш сони,  $e$  - эксцентритетинг, яъни цилиндр блоқи маркази ва статор маркази орасидаги масофа.

Насоснинг сарф тенгласи билан кўринадики, агарда  $e = 0$  бўлса, яъни ротор ҳамда статорларнинг марказлари бир-бирининг устига тушса насоснинг берадиган сарфининг қиймати 0 га тенг бўлар экан. Бундан каўринадики эксцентритетининг, яъни  $e$  - нинг қийматини ўзгартириш натижасида насоснинг маълум бир айланиш тезлигидаги берадиган сарфини ўзгартириш имконига эга бўламиз. Бунинг учун бу турдаги насосларга махсус қурилма кўзда тутилгандир.

Бу турдаги насосларнинг кривошип-шатунли механизмли насослардан афзаллиги, бир қобик (статор) ичида бир неча цилиндрларни ўриштириш имконига эга бўламиз. Бу ўз навбатида насоснинг ўлчамларини кичиклаштириб берадиган сарфини кўпайтириш имконини ҳосил қилади, унлан ташқари насоснинг сарфини ўзгартириш имконига ҳам эга бўламиз.

Бу турдаги насослар гидродвигател кўринишида ҳам ишлаши мумкин, бунинг учун насоснинг сўриш ёки хайлаш қувири орқали ўзга насос томонидан босим орқали суюқлик берилса, шу суюқлик босимининг поршенларнинг юзасига таъсири натижасида поршенни цилиндр ичидаги ҳаракат қилишга мажбур этади. Бу ўз навбатида цилиндр блоқини (роторни) айланма ҳаракат қилдиради, яъни насос гидродвигател кўринишида ишлаш бошлайди. Унинг айланишлар сони қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

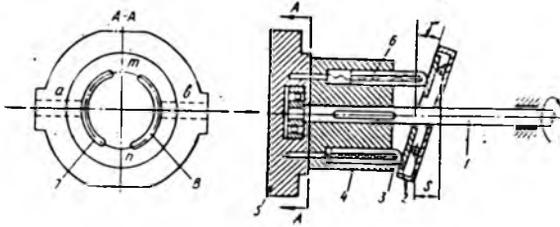
$$n = Q_{\text{қаб}} / q_{\text{иш}} \text{ [айл./мин.]} \quad (43)$$

Бу ерда:  $Q_{\text{қаб}}$  - ўзга насос томонидан бериладиган, яъни гидродвигател қабул қиладиган суюқлик сарфи [ $\text{м}^3\text{/мин.}$ ];  $q_{\text{иш}}$  - гидродвигателнинг иш ҳажми, [ $\text{м}^3$ ].

(Маруза № 16)

### 3) Аксал-роторли поршенчи (шунжерли) насосларнинг ва гидродвигателларнинг ишлаш принципи.

Аксал-роторли поршенчи (шунжерли) насосларда цилиндрлар айланмиш ўқига паралел жойлашган бўлади. (12 расм).



12 Расм. Аксал-роторли поршенчи (шунжерли) насоснинг схематик кўришиши

Насосда ротор вазифасини цилиндрлардан иборат блок 4 ўтайди, уни ўк 1 ёрдамида айлантирилади. Таксимлаш диски 5 ва ётиқ диск 2 насос ишлаган пайтда қивирламасдан туради. Поршенчалар 3 ётиқ дискга тегиб туради. Поршенчалар юқорида пружина 6 билан олдинга итарилади, пастда эса ётиқ диск 2 нини таъсирида орқага қайтади. Суюқлик цилиндрларда канал (а) дан тақсимланади. Канал (б) дан хайдалади. Поршенчаларнинг (п) ҳолатидан (и) ҳолатга ўтиши сўришининг (ш) ҳолатидан (н) га ўтиши хайдашши билдиради. Поршенчининг йўли диск 2 нини горизонтал билан ҳосил қилган бурчаги  $\gamma$  билан аниқланади. Одатда, цилиндрлар блоки айланади, тақсимлаш қурилмаси эса кўзгалмасдир. Блок 4 айланганда, ётиқ диск 2 ва ўк ёки пружина 6 ёрдамида поршенелар 3 цилиндр ичида илгариланма-қайтма ҳаракатланади. Таксимлаш диски 5 дан уюқлашган поршенелар суюқликни сўради, унга яқинлашганда эса суюқликни хайдайди. Цилиндрларга суюқликни келтириш ва олиб кетип цилиндрлар блоки четдаги тешиклар орқали бажарилади. Тешикчалар тақсимлагич 5 да жойлашган ўроқсимон тақсимлаш тўйнуқчалари 7, 8 билан кетма-кет улашади. Поршенелар четки нуқталарига етганда цилиндр тешикчалари 7,8 тўйнуқчалар орасига тўғри келиб, сўриш ва хайдаш йўлларини бир-биридан ажратиб қўяди.

Насосни ҳисоблашнинг соддалаштириш мақсадида қуйидаги шартларни қабул қиламиз: шатунлар ва поршенеларнинг ўқлари бир-бирига тўғри келади ва шатунлар бир-бирига инсбаган паралелел ҳаракат қилади. Уларнинг ташқи шарнирлари марказлари блок ўқи атрофида айлана чизади.

Юқорида қабул қилинган шартимиз асосида насоснинг назарий унимдорлигини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$q = \pi d^2 z h. \quad (44)$$

агар  $h = D \sin \gamma$  деген бўлса, насоснинг вақт бирлиги ичидаги назарий сарфи  $Q_n$  қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$Q_n = \pi d^2 z n D \sin \gamma / 4, \text{ [см}^3\text{/сек]}. \quad (45)$$

Бу ерда:  $d$  - Цилиндрнинг диаметри, [см];  $z$  - цилиндрлар сони;  $n$  - ўқнинг вақт бирлиги ичидаги айланиш сони;  $D$  - қийшиқ дискдаги поршенлар ҳаракати траекториясининг диаметри, [см];  $\sin \gamma$  - қийшиқ дискнинг ўққа нисбатан бурчлиги.

Бу турдаги насослар ҳам гидродвигател кўришишида ишлаш имконига эгадир. Бунинг учун унинг сўриш ёки хайдаш қувири орқали босим остидаги суюқлик берилса бу суюқликнинг поршенлар юзига таъсири натижасида ҳосил бўлган куч асосида поршен цилиндр ичида илгариланма - қайтма ҳаракат қилади, бу эса ўз навбатида цилиндр блоқини, яъни гидродвигател ўқини айланма ҳаракатга олиб келади. Ўқнинг айланишлар сони қуйдаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$n = Q_{\text{с.аб.}} / q_{\text{пш.}} \text{ [айл./мин]}. \quad (46)$$

Ўқга ҳосил бўлувчи момент кучи қуйдаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$M = Fr \sin \gamma \text{ [Н м]} \quad (47)$$

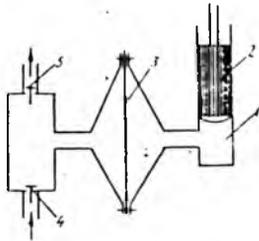
Бу ерда:  $F = \pi d^2 P / 4$  [Н];  $r$  - елканнинг радиуси.

Бу турдаги насосларнинг берадиган сарфини ёки гидродвигателларнинг ўқининг айланмиш соғини ўзгартириш учун қийшиқ дискнинг ўққа нисбатан бурчлигини ўзгартириш натижасида ҳосил қилинади. Бу ўз навбатида поршеннинг цилиндр ичидаги юриш йўлини ўзгартиради. Яъни сарф ё кўпаяди, ё камаяди (насосларда) ёки гидродвигателнинг иш хажми ( $q_{\text{пш}}$ )ни ўзгартиришга олиб келади. Бу эса унинг ўқининг айланишлар соғини ўзгартиради.

Умуман олганда радиал-роторли ва аксиал-роторли поршенли (пшунжерли) насослар қатта босим ҳосил қилгачиқлари учун гидротизмларда асосий гидравлик энергия манбаи шаклида кенг қўлланилади. Гидродвигателлар тўғрисида ҳам шундай ҳулосага келишмиз мумкин, чунки бу турдаги гидродвигателларнинг 1 кг оғирлигига 8 от кучи тўғри келади. Бу жуда қатта кўрсаткич бўлиб, бошқа турдаги двигателларнинг кўрсаткичлари бунга нисбатан жуда ҳам пастдир. Бу турдаги насослар ва гидродвигателларнинг умумий ФНК ҳам пихояда юқоридир (0,9-1,0,95) гача бориши мумкин.

## 6 - §. Диафрагмали насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.

Кимёвий актив суюқликларни ва қаттиқ модда заррачалари аралашган суюқликларни сўриш учун поршенли насосларни махсус турлари ишлатилади. Бундай насосларнинг энг тарқалган тури диафрагмали ёки мембранали насосдир (13 рақм):



13 Рәсм. Диафрагмалы насосның схематик күрүниши.

Бу насосларның ишләш принциплары буйича оддий бир нәрипенли насосларга ўхшайди. ва суспетизиялар хамда метал кисмлариниң смирлишига катта таъсир килүвчи актив суюқликларни сўришда ишлатилалди. Кўнишиз ички ёниги двигателлариниң ёниги тәминләш насослари хам шу принципда ишлайди. 13 рәсмда келтирилган насос чизмәси диафрагмалы насосларниң бир күрүнишидан иборат бўлиб, насосниң шивидри 1 ва шунжер сўриләткан суюқликдаг эластик түсик 3 - диафрагма (мембрана) билан ажратилган бўлиб, түсик юзшөк резина ёки махсус пўлатдаг ишланади. Шунжер орқага юрганда диафрагма бўлмәсиниң ўнг кисмида сиракланган яъни вакуум хосил бўлади. Натижәда диафрагма ўнг томонга эгилиб, сиракланган яъни вакуум диафрагманиң чап томонига, сўнира насосниң иш бўлмәсига бериләди. Бу жәа худди поршеньли насослардаг каби, сўриш ётқиши очилғиб, сўриш жарәәни бошланғишига сабаб бўлади. Шунжер пәстга қараб юрганда диафрагманиң ўнг кисмида босим орғиб диафрагма чапга эгилади. Шу йўл билан босимниң орғиши иш бўлмәсига берилғиб, сўриш ётқиши 4 ёпилади, сўнира хайдаш ётқиши 5 очилғиб, суюқликни хайдаш бошланади. Бу турдаг насосларниң бошқача күрүнишларида диафрагмани (мембранани) ҳаракатта келтириш учун бошқача усуллардан хам қулайилалди, масалан: махсус ишгариланма-кайтма ҳаракат қилүвчи механик ричаклардан фойдаланилалди (масалан автомобилларда).

Насосниң суюқлик берниш сарфи куйдаги теңглама ёрдамида аниқланади:

$$Q = \pi D^2 L n / 4. \quad [см^3/сек]. \quad (48)$$

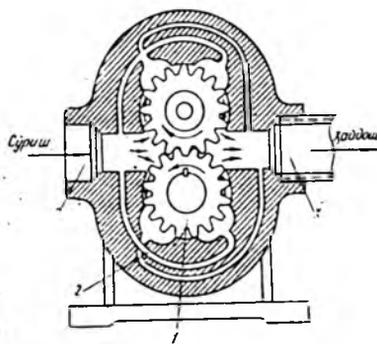
Бу ерда:  $D$  - диафрагма (мембрана) ниң диаметри  $[см]$ ;  $L$  - диафрагманиң юрив йўли,  $[см]$ ;  $n$  - вақт бирлиги илди диафрагманиң бүкилиш сопи.

Бу насосларниң индикатор диаграммәси ва сўриш графини поршеньли насосларниқига ўхшаш бўлади. Насосга берилган қувватниң бир кисми (юкорида айтилган сарфлардан ташқари) диафрагманиң эластиклик кучини енништа сарф бўлади. Шунян үгүн ФИК хам камрөк бўлади. Диафрагмани эластиклиги кичик материалдан тайёрләб, бу йүкөтешни камайтириш мүмкин.

(Маруза № 17)

## 7 - §. Тишли ғилдиракли насосларнинг ва гидродвигателларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.

Тишли ғилдиракли насосларнинг тузилиши жуда содда. Оддий тишли ғилдиракли насосларнинг асосий иш деталлари иккита бир хил тишли ғилдираклар 1 дан иборат бўлиб, (14 расм) улар ўзaro тишлашган ва бир қобик 2 ичига жойлаштирилади. Бу тишли ғилдиракларнинг бири стақловчи бўлиб, у харакатни бошқа двигателдан олади. Иккинчи тишли ғилдирак эса эргашувчи ғилдирак бўлиб, биринчи ғилдиракка нисбатан тескари харакатланади. Насоснинг қобигида иккита тешик бўлиб, биттаси сўриш тешиги тишли ғилдираклар тишчалари ўзaro ажралашган томонда, иккинчиси хайдаш тешиги тескари томонда (тишчалар бирикаётган томонда) бўлади.



14 Расм. Тишли ғилдиракли насоснинг ва гидродвигателининг схематик кўриниши.

Бу турдаги насослар қуйдагича ишлайди: Сўриш тешиги орқали ўтувчи бир зирга тескари харакат қилувчи тишли ғилдираклар сўриш камерасидан суюқликни ҳар бир тишлик ҳажмига тенг бўлган миқдорини қобикнинг илги зворига тегиб сирпанган кўринишида олиб кета бошлайди. Бунинг натижасида сўриш қаналида ҳажм кенгайиши содир бўлади, бу ўз навбатида сўриш қаналида вакуум ҳосил бўлишига олиб келади. Сўрилаётган суюқликнинг сирнига таъсир лувчи босимнинг (очик идишларда атмосфера босими, ёпиқ идишларда идиш идаги босимнинг) сўриш қаналидаги босимдан яъни вакуумдан катта бўлганлиги натижасида суюқлик сўриш қувири орқали кўтарилиб, сўриш қаналигига киради ва шунинг билан насоснинг сўриш жароғи ҳосил бўлади. Тишли ғилдираклар омонидан олиб кетишган суюқлик хайдаш тешиги олдида йиғилиши натижасида у рда босим ортади, бу ўз навбатида хайдаш қувирига ва истимолчига суюқликни тказиб беришга олиб келади. Тишли ғилдираклар орқали суюқликка асосан ютенициал энергия берилди ва маълум миқдорда яъни кичик даражада кинетик энергия ҳам берилди. Бу энергиялар таъсири остида суюқликнинг босими еттимолчи тақабига мос равишда ҳосил қилинади.

Насоснинг ҳосил қилувчи сарфини қуйдаги тешлама ёрдамида аниқланади:

$$Q_n = 2\pi D b n, \text{ [cm}^3\text{/сек]}. \quad (49)$$

бу ерда:  $D$  - тишли гиддиракларнинг диаметри, [ см ];  $b$  - тишли гиддиракнинг эни, [ см ];  $n$  - тишлининг ййлакилини модули, [ см ];  $p$  - тишли гиддиракнинг айланмишлар сон, [ айл / мин].

Бу турдаги насосларда тишли гиддиракларнинг айланиш соғи 3000 - 4000 айл/мин. га теги килиб олинади. Айлаиш соғи ундаг ортса, иш камералари суюқлик билан тўлик тўлмаслиги натижасида унинг ўзимдорлиги камайиб кетади ва қувида босимнинг тебранишига олиб келади. Бу турдаги насосларнинг суюқлик берип графигини кузатсак маълум даражадаги тебранишни кузатишимиз мумкин. Унинг қийматини қуйидаги тенглама ёрдамида аниқлаймиз, яъни тебраниш қиймати:

$$\delta = (Q - Q_t) 100 / Q_{\text{т.р}} = 2 100 \% / (Z + 1). \quad (50)$$

бу ерда:  $Z$  - тишлар соғи.

Бу турдаги насосларнинг афзаллиги содда конструкцияга эга бўлиб, иктисодий жиҳатдан самаралидир. Бу насослар 20-25 МПа гача босим ҳосил қилиб жавобгарлиги унча катта бўлмаган гидротизмаларда гидравлик энергия манбаси сифатида кенг қўлланилади.

Бу насосларнинг асосий камчилиги хайдаш қувирини ишлатиш жараёнида тўлик ёниб қўйиш мумкин эмаслигидир, чунки босим ортиб кетип натижасида хайдаш қувирини ишдан чиқариши мумкин. Буни олдини олиш учун ҳар доим насоснинг хайдаш ва сўриш қувирали орасида сақлагич ёпқичларини ўрнатиш кўнда тутилади.

Бу турдаги насослар ҳам гидродвигател шаклида ишлатиш мумкин. Буниш учун насоснинг сўриш ёки хайдаш қувирилари орқави босим остида суюқлик берилса бу суюқлик босимнинг тишли гиддиракнинг тишларига таъсир натижасида тишли гиддираклар ва унга қўшилиб гидродвигателнинг ўқи айланма ҳаракатга келади. Унинг ҳаракат йўналиши босим остидаги суюқлик қайси тешикдан беришига боғлиқ бўлади. Гидродвигателнинг айланиш тегили қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$n = Q_{\text{х.б}} / q_{\text{итт}} \text{ [айл/мин]} \quad (51)$$

бу ерда:  $q_{\text{итт}}$  - гидродвигателнинг иш ҳажмидир.

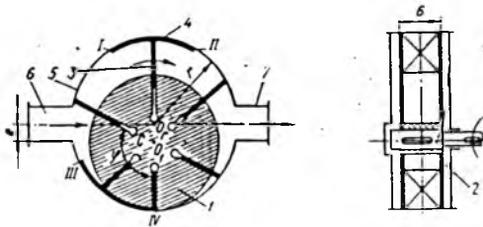
Бу турдаги насосларда ҳам ҳажмий йўқотилишлар содир бўлади. Булар асосан тишли гиддиракларнинг сдирчилиги ва қобикнинг ички қисмини сдирчилиги натижасида хайдашдан суюқликнинг бир қисмини сўриш камерасига қайтиб тушиш кўригишида содир бўлиб, унинг катталиги ҳажмий ФИК ёрдамида аниқланади:

$$\eta_{\text{х}} = Q_{\text{х}} / Q_{\text{н}} \quad (52)$$

бу ерда:  $Q_{\text{х}}$  - насоснинг ҳақиқий сарфи, [см<sup>3</sup>/сек];  $Q_{\text{н}}$  - назарий сарф, [см<sup>3</sup>/сек].

## 8 - §. Пластинкали (шиберли) насосларнинг ва гидродвигателларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.

Пластинкали (Шиберли) насоснинг ва гидродвигателнинг тузилиши 15 расмда келтирилгандир.



15 Расм. Пластинкали (шиберли) насоснинг ва гидродвигателнинг схематик кўриниши.

Ротор 1 насос қобинида бир-бирига маҳкам 시книшган дисклар 2 орасига жойлаштирилган. Насоснинг цилиндрик қобини ичиди айланувчи барабан бўлиб, унинг ўқи қобик ўқига нисбатан (e) масофага ёки эксцентрикета 시книгандир. Ротор радиусига томон оғина қияланиган ёки радиус жойлаштирилган уячаларда пластинкалар (шиберлар) 3 ўрнатишган. Статорга тақалган ва ротор билан бирга айланганидан пластинкалар статорнинг ички цилиндрик юзаси бўйлаб сирпангани, ҳамда роторга нисбатан илгариланма-қайтма ҳаракатда бўлади. Ротор эксцентрик жойлашгани сабабли ротор билан статор орасидаги бўшлиқнинг ҳажми қатталашади. Натижанда босим камайиб, суюқлик бўшлиқни тўлатади (суюқлик сўрили жарёни содир бўлади). Суюқлик статор четиди жойлашган ва насоснинг сўрили қувири 6 билан уланган тўйнуқ 5 орқали киради ва роторнинг айнаलिш йўналиши бўйлаб пластинкалар ёрдамида сиқитилади. Пластинкалар ротор билан статор орашидаги энг узок масофали нуқтадан ўтган пластинкалар орасиди ҳажим кичрая боради ва суюқлик қаршидаги тўйнуқдан 7 орқали ҳайдан қувирига сиқиб чиқарилади (ҳайдан жарёни содир бўлади). Насоснинг ишарий сарфи қуйиди тенглама ёрдамида аниқланади:

$$Q_n = 2\pi D e b n, \text{ [см}^3\text{/сек].} \quad (5.3)$$

бу ерда: D - статорнинг ички диаметри, [см]; b - пластинканинг эши, [см]; i - пластинкалар сон; e - эксцентрик масофа, n - роторнинг вақт бирлиги ичиди айланганлар сон.

Бу турдаги насослар ҳам гидродвигател кўринишида ишлаши мумкин. Бунинг учун насоснинг сўрили ёки ҳайдан қувири орқали босим остидаги суюқлик берилса бу суюқлик босимнинг пластинкалар юзасига таъсири натижасида роторни ва унинг ўқини айлантиради.

Адабиётлар:

- 1) Қ.Ш. Латипов. Гидравлика, гидромашиналар, гидрокритмалар.  
“Ўқтувчи” нашриёти, 1992.
- 2) Т.М.Башта. Гидравлика, гидромашини и гидропневмоприводе.  
Москва, 1992.
- 3) Г.Д.Розенберг, В.Г.Иванников. Техническая гидромеханика.  
(Конспект лекций). Москва. 1989.
- 4) Қ.Латипов, С.Эргашев. Гидравлика ва гидромашиналар. Тошкент  
“Ўқтувчи” нашриёти, 1986.

## М У Н Д А Р И Ж А.

<b>Маруза № 1</b> .....	1
1 - §. Кириш.....	1
2 - §. Суюқликларнинг физикавий хоссалари ва асосий катталиклари.....	2
3 - §. Гидростатика.....	3
4 - §. Нуктадаги босм теоремаси.....	3
5 - §. Суюқликларнинг мувозанат ҳолатининг дифференциал тенгламаси. (Эйлер тенгламаси).....	4
<b>Маруза № 2</b> .....	5
Суюқликларда босимнинг узатилиши. Паскаль қонуни.....	5
Техникада Паскаль қонуни. Гидропресларнинг ишлаш принципи.....	5
Босим эшораси.....	6
6- §. Суюқликларнинг оғирлик маркази майлонидаги мувозанати.....	7
7- §. Оғир газлар мувозанати.....	8
<b>Маруза № 3</b> .....	9
Эйлер тенгламасининг интеграллари.....	9
8- §. Юпка деворга таъсир этувчи босим кучи.....	10
<b>Маруза № 4</b> .....	15
9- §. Эгри деворга таъсир этувчи суюқлик босим кучи.....	15
10-§. Архимед қонуни.....	16
<b>Маруза № 5</b> .....	18
11-§. Суюқликларнинг нисбий тинч ҳолати.....	18
12-§. Гидродинамика.....	18
13-§. Гидродинамиканинг асосий масаласи.Ҳаракат турлари.....	18
14-§. Суюқлик кинематикасининг асосий тушинчаси.Суюқлик ҳаракатини ўрганиш усуллари. Лагранж услуби.....	20
<b>Маруза № 6</b> .....	22
15-§. Ҳақиқий суюқликларда ички қушлар.Навье-Стокс тенгламаси.....	22
16-§. Ҳаракатланаётган суюқлик ҳажмидаги заррачалар тизимини интеграл характеристикаси.....	24
17-§. Ҳудудсизлик тенгламаси.....	26
<b>Маруза № 7</b> .....	28
18-§. Эйлер тенгламаси шаклидаги қовушқок бўлмаган суюқликлар учун ҳаракат дифференциал тенгламаси.....	28
19-§. Бернулли тенгламаси.....	30
<b>Маруза № 8</b> .....	34
20-§. Суюқлик ҳаракатининг икки тартиби. Рейнольдс критик сони.....	34
21-§. Қувир деворларининг гидравлик силлик ва гидравлик нотекислиги. Абсолют ва нисбий нотекисликлар ҳақида тушинча.....	36
22-§. Никурадзе тажрибаси ва графиги.....	37
<b>Маруза № 9</b> .....	39
23-§. Жойдаги ёки маҳаллий гидравлик қаршиликлар.....	39
24-§. Кавитация ҳолисаси ҳақида тушинча.....	43
<b>Маруза № 10</b> .....	46
25-§. Қуирларни кетма-кет ва параллел улашда гидравлик ҳисоблашлар.....	46
26-§. Гидравлик зарба ҳолисаси.....	48

ГИДРОМАШИНАЛАР.....	49
<i>(Маруза № 11)</i> .....	49
1 - §. Гидромашиналар ҳақида умумий тушунчалар.....	49
2 - §. Насосларнинг асосий параметрлари.....	50
<i>(Маруза № 12)</i> .....	52
Иккинчи усул.....	52
3 - §. Бир босқичли марказдан қочма насоснинг тузилиши ва ишлаш принципи.....	54
<i>(Маруза № 13)</i> .....	56
4 - §. Марказдан қочма насосларнинг иш характеристикаси ва насос қурилмаси.....	56
<i>(Маруза № 14)</i> .....	59
5 - §. Марказдан қочма насосларнинг сўришни бошқариш ва уларни кетма-кет ва параллел улаш.....	59
<i>(Маруза № 15)</i> .....	63
ҲАЖМНИЙ ГИДРАВЛИК МАШИНАЛАР.....	63
5 - §. Поршенли ва плунжерли насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи. Ҳисоблаш теъдилмалари.....	63
<i>(Маруза № 16)</i> .....	67
3) Аксиал-роторли поршенли (плунжерли) насосларнинг ва гидродвигателларнинг ишлаш принципи.....	67
6 - §. Диафрагмали насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.....	68
<i>(Маруза № 17)</i> .....	70
7 - §. Тивли ғилдиракли насосларнинг ва гидродвигателларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.....	70
8 - §. Пластикали (шиберли) насосларнинг ва гидродвигателларнинг тузилиши ва ишлаш принципи.....	72
Адабиётлар.....	73
Мундарижа.....	74