O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI

TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI

A.M. ARIFJANOV, M.Y. OTAXONOV,
F.K. BABAJANOV, S.M.MELIQUZIEV, S.N. XOSHIMOV

GIDRAVLIKA VA GIDRAVLIK MASHINALAR

FANIDAN (O'QUV QO'LLANMA)

TOSHKENT - 2021

O'quv qo'llanma O`zbekiston Respublikasi OO`MTVning 20___ yil_____dagi №___ – buyrug`iga asosan chop etishga tavsiya etilgan.

UDK 532(075.8)

A.M. ARIFJANOV

/GIDRAVLIKA VA GIDRAVLIK MASHINALAR/

O'QUV QO'LLANMA, T-2021., 342 b.

Ўқув қўлланма "гидравлика ва гидравлик машиналар" фани дастури асосида тайёрланган бўлиб, қўлланмада гидравлика асослари, гидростатика ва гидродинамиканинг асосий тенгламалари, қувурларнинг ва гидротизимларнинг гидравлик ҳисоби ҳамда гидромашиналар ва ҳажмий гидроюритмалар масалалари ёритилган. Шу билан бир қаторда ҳажмий гидроюритмалар гидравлик ҳисобига доир ҳисоблаш усуллари келтирилган. Ўқув қўлланмада ҳар бир мавзулар доирасида масалалар ечими келтирилган бўлиб, масалалар замонавий технологиялардан фойдаланиб ечиш услублари билан бойитилган.

Ўқув қўлланма 2 - бакалавриат таълим йуналишларига мўлжалланган бўлиб, қўлланмада келтирилган алоҳида маълумот ва масалалардан соҳа бўйича таълим олаётган магистратура мутахассислиги талабалари ҳам фойдаланишлари мумкин.

Учебное пособие подготовлено на основе программы предмета "Гидравлика и гидравлические машины", рассмотрены основные уравнения гидростатики и гидродинамики, гидравлический расчет гидросистем и трубопроводов, а также задачи по гидромашинам и гидроприводам. Наряду с этим приведены расчетные методы по гидравлическому расчету объемных гидроприводов. В учебном пособии приведены решения задач по каждой теме, приведены новые подходы к решению задач , с использованием современных технологий.

Учебное пособие предназначено направлениям бакалавриата 2, пособии могут пользоваться также студенты специальности магистратуры, обучающиеся в этой сфере.

The textbook is prepared on the basis of the program of the subject "Hydraulics and hydraulic pipelines", discloses the basic equations of hydrostatics and hydrodynamics, hydraulic calculation of hydraulic systems and pipelines, as well as tasks on hydraulic machines and hydraulic pneumatic transport. Along with this, calculation methods are given for the hydraulic calculation of volumetric hydraulic drives. The tutorial provides solutions to problems on each topic, the problems are enriched with methods using modern technologies.

The textbook is intended for the areas of study of undergraduate 2, some of the information and tasks given in the manual can also be used by students of the specialty of the master's degree studying in this area.

Taqrizchilar:

A.N.Rizayev, Toshkent Davlat Transport Universiteti "Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari" kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.

F.A.Gapparov, Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti "Gidrologiya va gidrogeologiya" kafedrasi dotsenti, texnika fanlari doktori,

© TIQXMMI. 2021

KIRISH

Suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlarini o`rganuvchi hamda bu qonunlarni texnikaning har xil sohalariga tadbiq etish bilan shug`ullanuvchi fan gidravlika deb ataladi. Gidravlika so'zi yunoncha so'z bo'lib, "xyudor" – suv va "aulos" – quvur so'zlaridan tashkil topgan.

Gidravlika suyuqliklarda kuchlarning tarqalishi va uning harakat davomida o`zgarib borishi qonunlarini har xil qurilmalar va mashinalarni hisoblash hamda loyihalashga tatbiq etish bilan ham shug`ullanadi.

Gidravlika shuningdek, gidrotexnika, irrigasiya, suv ta'minoti va kanalizatsiya, neft sanoati kabi bir qancha sohalarda keng qo'llanadi.

Insoniyat tarixining dastlabki davrlaridayoq suvdan foydalanish hayotda ma'lum o`rin egallagan. Arxeologik tekshirishlar odamlar juda qadim zamonlardanoq (eramizdan 4000-2000 yillar avval) turli gidrotexnika inshootlari qurishni bilganliklarini ko`rsatadi. Qadimgi Xitoyda, Misrda, Gresiyada, Rimda, Markaziy Osiyoda va boshqa ibtidoiy madaniyat o`choqlarida kemalar, to'g'onlar, vodoprovod va sug`orish sistemalari bunyod etilganligi to`g`risida ma'lumotlar mavjud.

Bizgacha yetib kelgan, gidravlikaga aloqador ilmiy ishlardan birinchisi Arximedning "Suzib yuruvchi jismlar haqida" asaridir.

Ahmad al-Farg'oniy, Abu Rayhon Beruniy, Abu Ali Ibn Sino singari Sharqning buyuk mutafakkirlari suv ilmining rivojlanishiga katta hissa qo'shdilar. Ularning ilmiy asarlari suyuqlik miqdori va xususiyatlarini, suv harakatining qonuniyatlarini kashf etishga asos yaratildi.

Suyuqlik qonunlarining ochilishi XVI–XVII asrlaridan boshlandi. Bularga Leonardo da Vinchining suyuqliklarning o`zandagi va trubadagi harakati, jismlarning suzib yurishi va boshqalarga bog`liq ishlari, S.Stevenning idish tubiga va devorlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchi, G.Galileyning jismlarning suyuqlikdagi harakati va muvozanati haqidagi ishlari, Ye.Torishellining suyuqliklarning kichik teshikdan oqib ketishi, B.Paskalning bosimning suyuqlik orqali uzatilishi to`g`risidagi, I.Nyutonning suyuqliklardagi ichki qarshiliklar qonuni va boshqa ishlar kiradi. Keyinchalik suyukliklarnnng muvozanat va harakat qonunlari ikki yo`nalish bo`yicha taraqqiy qila boshlandi. Bulardan biri tajribalarga asoslangan gidravlika bo`lsa, ikkinchisi nazariy mexanikaning mustaqil bo`limi sifatida taraqqiy qila boshlagan nazariy gidromexanika edi.

Gidravlika fanini taraqqiy qilqishiga XVII-XVIII asrlarda yashagan buyuk matematik-mexanik olimlar L.Eyler, D.Bernulli, M.Lomonosov, Lagranjlarning ilmiy asarlari asos bo'ldi. XVIII-XIX asrlarda Shezi, Darsi, Bussinesk, Veysbax va boshqa olimlarning ishlari hozirgi zamonda gidravlika deb ataluvchi amaliy fanning asosi bo`ldi.

Gidravlikaning taraqqiyotida N.Ye.Jukovskiyning gidromexanikadagi muhim ishlari va trubalardagi zarba nazariyasi, V.G.Shuxovning neft quvurlarini hisoblash bo`yicha ishlari, A.N.Krilovning kemalar nazariyasi, N.N.Pavlovskiyning suyuqliklarning filtrasiyasi nazariyasi, L.S.Leybenzonning yer osti gidromexanikasi va boshqa olimlarining ishlari dunyo faniga qo`shilgan buyuk hissa bo`lib hisoblanadi.

Suyuqlik mexanikasi va gidravlikasining bugungi rivojlanishiga O'zbekistonlik olimlar X.A.Rahmatulin, V.D.Jurin, D.F.Fayzullaev, K.Sh.Latipov, Yu.M.Denisov, A.M.Muxamedov, A.V.Troitskiy, S.T.Altunin, R.M. Karimov va boshqalar ham katta hissa qo’shganlar.

Talabalarning amaliy masalalarni hal qilishda ko'nikmalarga ega bo'lishlariga yordam beradigan ko'plab misollar o'quv qo'llanmasiga kiritilgan.

O’quv qo’llanma. Gidravlika va gidropnevmatika fani o’quv dasturi asosida tayyorlangan bo’lib, gidrostatika? gidrodinamika va gidravlik mashinalar bo’limlaridan iborat.

Birinchi qism. GIDRAVLIKA

1. bo’lim. 1. SUYUQLIKLARNING ASOSIY FIZIK XOSSALARI

1.1 Suyuqlik to`g`risida asosiy tushunchalar

Juda kichik miqdordagi kuchlar ta'sirida o`z shaklini o`zgartiruvchi, lekin siqilishga qattiq qarshilik ko‘rsatuvchi fizik jismlar suyuqliklar deb ataladi. Ular qattiq jismlardan o`z zarrachalarining juda harakatchanligi bilan ajralib turadi va oquvchanlik xususiyatiga ega bo‘ladi. Shuning uchun ular qaysi idishga quyilsa, o`shaning shaklini oladi.

Gidravlikada suyuqliklar ikki gruppaga: tomchilanuvchi suyuqliklarga va gazsimon suyuqliklarga ajraladi. Suyuqlik deganda tomchilanuvchi suyuqlikni tuchunishga odatlanilgan bo`lib, ular suv, spirt, neft, simob, turli moylar va tabiatda hamda texnikada uchrab turuvchi boshqa har xil suyuqliklardir.

Tomchilanuvchi suyuqliklar bir qancha xususiyatlarga ega:

1) hajmi bosim ta'sirida juda kam o`zgaradi va siqilishga qarshiligi juda katta;

2) harorat o`zgarishi bilan hajmi oz miqdorda o`zgaradi; .

3) cho`zuvchi kuchlarga deyarli qarshilik ko`rsatmaydi;

4) sirtida molekulalararo o`zaro qovushqoqlik kuchi yuzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi.

Tomchilanuvchi suyuqliklarning boshqa xususiyatlari to`g`risida keyinchalik yana to`xtalib o`tamiz.

Gazlar tomchilanuvchi suyuqliklardagiga nisbatan ham tezroq harakatlanuvchi zarrachalardan tashkil topgan bo`lib, ular bosim va temperatura ta'sirida o`z hajmini tez o`zgartiradi. Ularda cho`zuvchi kuchga qarshilik va qovushqoqlik kuchi tomchilanuvchi suyuqliklarga nisbatan juda ham kam. Gazlar bilan gaz dinamikasi, termodinamika va aerodinamika fanlari shug`ullanadi.

Gidravlika kursi asosan tomchilanuvchi suyuqliklar bilan shug`ullanadi. Shuning uchun uni bundan buyon to`g`ridan-to`g`ri suyuqlik deb atayveramiz.

Suyuqliklar tutash jismlar qatoriga kiradi va muvozanat hamda harakat hollarida doimo qattiq jismlar (suyuqlik solingan idish tubi va devorlari, quvur va kanallarning devorlari va boshqalar) bilan chegaralangan bo`ladi. Suyuqliklar gazlar (havo) bilan ham ma'lum chegara bo`yicha ajralishi mumkin. Bu chegara erkin sirt deb ataladi.

Suyuqliklar siljituvchi kuchlarga sezilarli darajada qarshilik ko`rsatadi va bu qarshilik ichki kuchlar sifatida namoyon bo`ladi. Ularni aniqlash suyuqliklar harakatini tekshirishda muhim ahamiyatga egadir.

1.2 Suyuqliklarga ta’sir qiluvchi kuchlar

Suyuqliklarga ta’sir qiluvchi kuchlar qo`yilish usuliga qarab ichki va tashqi kuchlarga ajraladi:

ichki kuchlar - suyuqlik zarrachalarining o`zaro ta'siri natijasida vujudga keladi;

tashqi kuchlar - suyuqlikka boshqa jismlarning ta'sirini ifodalaydi (masalan, suyuqlik solingan idish devorlarining ta'siri, ochiq yuzaga ta'sir qilayotgan havo bosimi va h.k.).

Ichki kuchlar siljituvchi kuchlarga qarshilik sifatida namoyon bo`ladi va *ichki ishqalanish* kuchi deyiladi. Tashqi kuchlarni yuza bo`yicha va hajm bo`yicha ta'sir qiluvchi kuchlar sifatida ko`rish mumkin. Shuning uchun suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar yuza bo`yicha yoki hajm bo`yicha ta'sir qilinishiga qarab yuzaki va massa kuchlarga bo`linadi.

Yuzaki kuchlar – qaralayotgan suyuqlik hajmining sirtlariga ta'sir qiluvchi kuchlardir. Ularga bosim kuchi, sirt taranglik kuchi, suyuqlik solingan idish devorining reaktsiya kuchlari, ichki ishqalanish kuchi kiradi. Ichki ishqalanish kuchlari suyuqlik harakat qilgan vaqtda yuzaga keladi va qovushqoqlik xususiyatini yuzaga keltiradi.

Massa kuchlar - qaralayotgan suyuqlik hajmining har bir zarrasiga ta'sir qiladi va uning massasiga proportsional bo`ladi. Ularga og`irlik va inertsiya kuchlari kiradi.

1.3 Suyuqliklarning fizik xossalari

1. Zichlik. Suyuqlikning hajm birligiga to`g`ri kelgan tinish holatdagi massasi uning zichligi deb ataladi. Bu ta'rifga asosan

$$\rho = \frac{M}{V} \tag{1.1}$$

bunda M - suyuqlikning massasi (birligi $\frac{N \cdot s^2}{m}$).

Zichlikning o`lchov birligi quyidagicha aniqlanadi:

$$|\rho| = \frac{M}{L^3} = \frac{N \cdot s^2}{m^4}.$$

Ba'zan nisbiy zichlik tushunchasi kiritiladi. Suyuqlik zichligining suvning 4°C issiqlikdagi zichligiga nisbati uning nisbiy zichligi bo`ladi va u solishtirma og`irlik bilan o`zaro quyidagicha bog`langan:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \tag{1.2}$$

u holda nisbiy zichlik va nisbiy solishtirma og`irliklar o`zaro quyidagicha bog`lanadi:

$$\rho_{nisb.} = \frac{M_{suyuq.}}{M_{suv}} = \frac{G_{suyuq.}}{G_{suv}} = \gamma_{nisb.} \tag{1.3}$$

Suyuqlik zichligi temperaturaga bog`liq bo`lib, odatda, temperatura ortishi bilan kamayadi. Bu o`zgarish neft mahsulotlari uchun quyidagi munosabat orqali ifodalanadi:

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta_t (t - 20)} \tag{1.4}$$

bunda t - temperatura (birligi °C), β_t – hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti; ρ_{20} – suyuqlikning 20°C dagi zichligi.

Suvning zichligi bu qonundan mustasno bo`lib, uning zichligi eng katta qiymatga 4°C (aniqrog'i 3,98°C) da ega bo`ladi. Uning issiqligi bundan oshsa ham, kamaysa ham zichligi kamayib boradi.

**2. Solishtirma og`irlik.** Suyuqlikning hajm birligiga teng miqdorining og`irligi uning solishtirma og`irligi deb ataladi va grekcha γ harfi bilan belgilanadi. Yuqorida aytilgan ta'rifga asosan

$$\gamma = \frac{G}{V} \tag{1.5}$$

bu yerda: V - suyuqlik hajmi (birligi m^3), G – og`irligi (birligi N). Solishtirma og`irlikning o`lchov birligi SI sistemasida

$$|\gamma| = \frac{|G|}{|V|} = \frac{N}{m^3}$$

texnik sistemada esa $\frac{kgk}{m^3}$ - bo`lib, ular o`zaro quyidagicha begilangan:

$$1\frac{kgk}{m^3} = 9{,}80665\ \frac{N}{m^3}$$

Solishtirma og`irlik hajmi avvaldan ma'lum bo`lgan turli idishlardagi suyuqliklarning og`irligini o`lchash usuli bilan yoki areometrlar yordami bilan aniqlanadi.

Solishtirma og`irlik bosimga va temperaturaga bog`liq bo`lib, ular o`rtasidagi munosabat ideal gazlar uchun quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\frac{p}{\gamma} = RT \tag{1.6}$$

bu yerda: p - bosim ($\frac{N}{m^2}$) , T - absolyut temperatura, R - gaz doimiysi

$$(R_{havo} = 287\frac{J}{kg\cdot grad}, R_{me\tan} = 518\frac{J}{kg\cdot grad}),$$

Suyuqlik solishtirma og`irligining 4°C dagi suvning solishtirma og`irligiga nisbati uning nisbiy solshtirma og`irligi bo`ladi.

3. Suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi. Yuqorida aytib o`tilganidek, zichlik issiqlik o`zgarishi bilan o`zgarib boradi. Bu esa o`z-o`zidan issiqlik o`zgarishi bilan hajmning o`zgarishini ko`rsatadi. Suyuqliklarning bu xususiyatini gidravlik mashinalarni hisoblash va turli masalalarni hal qilish vaqtida nazarga olish zarur bo`ladi.

Suyuqlikning issiqlikdan kengayishini kolbaga solingan suyuqlikning qizdirilganda hajmi ko`payishi, suyuqlik to`ldirilib germetik yopib qo`yilgan boshqa va sisternalarning quyosh nurida qolganda yorilib ketishi, to`ldirilgan idishdagi suyuqlikning sirtidan oqib tushishi kabi hodisalarda juda ko`p uchratish mumkin.

Suyuqliklarning bu xususiyatidan foydalanib suyuqlik termometrlari va boshqa turli sezgir o`lchov asboblari yaratiladi. Suyuqliklarning isitilganda kengayishini ifodalash uchun hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti degan tushuncha kiritilib, u β_t bilan belgilangan.

1.1 - jadval.

Suvning hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti β_t 1/grad

Bosim, MN/m^2	T °C				
	1-10	10- 20	40-50	60-70	90—100
0,1	0,000014	0,000150	0,000422	0,000556	0,000719
9,8	0,000043	0,000165	0,000422	0,000548	0,000714
19.6	0,000072	0,000183	0,000426	0,000539	0,000561
49,0	0,000149	0,000236	0,000429	0,000523	0,000621
88,3	0,000229	0,000294	0,000437	0,000514	

Birlik hajmdagi suyuqlikning temperaturasi 1°C ga oshirilganda kengaygan miqdori uning *hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti* deyiladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\beta_t = \frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta t}, \qquad (1.7)$$

bunda $\Delta V = V - V_c$ – qizdirilgandan keyingi va boshlang`ich hajmlar farqi; $\Delta t = t - t_0$ – temperaturalar farqi;

$$[\beta_t] = \frac{1}{grad};$$

β_t juda kichik miqdor bo`lib, u suv uchun $\beta_t = 2 \cdot 10^{-4}\,\frac{1}{grad}$, mineral moylar uchun $\beta_t = 7 \cdot 10^{-4}$ 1/grad; simob uchun $\beta_t = 18 \cdot 10^{-5}$ 1/grad.

4. Suyuqliklarning siqilishi. Gidravlik hisoblash ishlarida suyuqliklarni siqilmaydi deb hisoblash kerak, deb aytib o`tgan edik (bu yerda tomchilanuvchi suyuqlik nazarda tutiladi).

Lekin texnikada va tabiatda ba'zi hollarda bosim juda katta bo`ladi. Bunda agar suyuqlikning umumiy hajmi ham katta bo`lsa, hajm o`zgarishi sezilarli miqdorda bo`ladi va uni hisobga olish kerak.

Suyuqliklarning siqilishini hisobga olish uchun *hajmiy siqilish koeffitsiyenti* degan tushuncha kiritiladi va u β_p bilan belgilanadi (ba'zida β_V bilan ham belgilanadi). Birlik hajmdagi suyuqlikning bosimini bir birlikka oshirganda kamaygan miqdori hajmiy siqilish koeffitsiyenti deyiladi va u quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\beta_p = -\frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta p} \qquad (1.8)$$

bunda $\Delta p = p - p_0$ – o`zgargan va boshlang`ich bosimlar farqi; β_p ham β_t kabi juda kichik miqdor bo`lib, suv uchun $\beta_p$ = 4,9 · 10$^{-4}$ m$^2$/MN (MN - meganyuton = 10$^6$ N ≈10 at), mineral moylar uchun $\beta_p$ = 6· 10$^{-4}$ m$^2$/MN; shuning uchun ham ko`p hollarda siqilishni hisobga olinmaydi.

1.2 - jadval.

Suvning hajmiy siqilish koeffitsiyenti β_p 10^4 m^2/N

t, °C	Bosim, MN/m^2				
	0,5	1,0	2,0	3,9	7,9
0	0,00000540	0,00000537	0,00000531	0,00000523	0,00000515
5	0,00000529	0,00000523	0,00000518	0,00000508	0,00000493
10	0,00000523	0,00000518	0,00000508	0,00000498	0,00000481
15	0,00000518	0,00000510	0,00000503	0,00000488	0,00000470
20	0,00000515	0,00000505	0,00000495	0,00000481	0,00000460

5. Solishtirma hajm. Suyuqlikning og`irlik birligidagi miqdorining hajmi solishtirma hajm deyiladi va hajmni og`irlikka bo`lish yo`li bilan aniqlanadi:

$$\upsilon = \frac{V}{G} \tag{1.9}$$

(1.5) va (1.9) formulalardan ko`rinib turibdiki:

$$\gamma\upsilon = 1 \text{ yoki } \upsilon = \frac{1}{\gamma}$$

Solishtirma hajmning o`lchov birligi SI sistemasida:

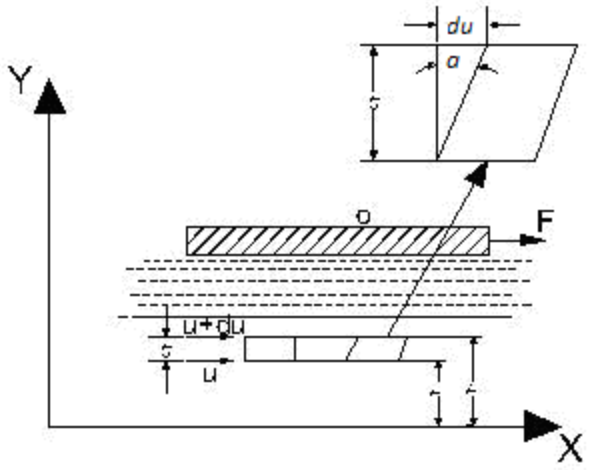
$$|\upsilon| = \frac{|V|}{|G|} = \frac{m^3}{N}$$

1.4 Suyuqliklardagi ishqalanish uchun Nyuton qonuni. Qovushqoqlik

Qovushqoqlik hodisasi suyuqliklarning harakati vaqtida yuzaga keladi va harakatlanayotgan zarracha harakatiga qarshilik sifatida namoyon bo`ladi. Bu qarshilikni yengish uchun ma'lum miqdorda kuch sarflash kerak bo`lib, qovushqoqlik qancha kuchli bo`lsa, sarflash kerak bo`lgan kuch ham shuncha ko`p bo`ladi. Qovushqoqlik darajasini ikki xil, dinamik va kinematic qovushqoqlik koeffitsiyentlari bilan ifodalanadi.

Dinamik qovushqoqligi. Suyuqlikni katta yuzaga ega bo`lgan idishga solib, uning yuziga biror plastinka qo`ysak va bu plastinkani ma'lum bir kuch bilan torta boshlasak, suyuqlik zarrachalari plastinka sirtiga yopishishi natijasida harakatga keladi (1.1 - rasm). Agar plastinkaning qo`yilgan *F* kuch ta'sirida olgan tezligi *u* bo`lsa, unga yopishib turgan zarrachalar ham *u* tezlikka ega bo`ladi. Idishning pastki devori harakatga kelmagani sababli uning sirtidagi zarrachalar harakat qilmaydi. Shunday qilib, suyuqlikning qalinligi bo`yicha xayolan bir qancha yupqa qatlamlar bor deb faraz qilsak, har bir qatlamda zarrachalar tezligi har xil bo`lib, u plastinkadan pastki devorga tomon kamayib boradi. Harakat ixtiyoriy qatlamga, uning ustida joylashgan boshqa qatlam zarrachalari orqali beriladi. Bu harakat suyuqlik qatlamlarining deformatsiyalanishiga olib keladi. Agar suyuqlik ichida pastki sirti idishning harakatsiz devoridan y_1 masofada, ustki sirti esa y_2 masofada bo`lgan qatlamni ko`z oldimizga keltirsak, yuqorida aytilgan sabablarga asosan uning pastki sirtida tezlik u_1 yuqorigi sirtida esa u_2 bo‘ladi. Shunday qilib, olingan qatlamning qalinligi $\Delta y = y_2 - y_1$ bo`yicha suyuqlik tezligi $(u_2 - u_1) = \Delta u$ miqdorga o`zgaradi, ya'ni qatlamning yuqorigi sirti pastki sirtiga nisbatan siljib

qoladi va qatlam 1.1 - rasmda ko`rsatilgandek deformatsiyalanadi. Siljish burchagini α deb belgilasak, siljish kattaligi $tg\alpha = \frac{\Delta u}{\Delta y}$ bo`ladi. Qatlam qalinligini cheksiz kichraytirib differentsial belgilashga o`tsak, u holda yuqoridagi nisbat tezlik gradiyenti $\left(\frac{du}{dy}\right)$ ni beradi. Agar suyuqlik sirtidagi plastinkaga qancha ko`p kuch qo`ysak, siljish shuncha ko`p bo`ladi. Bu narsa qo`yilgan kuch bilan tezlik gradiyenti orasida qandaydir bog`lanish mavjudligini ko`rsatadi.



1.1 - rasm. Qovushqoqlik tushunchasiga doir chizma

Shunday qilib, suyuqliklardagi ichki ishqalanish kuchi tezlik gradiyentiga bog`liq ekanligini tushunish mumkin.

1686 y. I.Nyuton ana shu bog`lanishni chiziqli bog`lanishdan iborat degan gipotezani oldinga surdi. Bu gipotezaga asosan suyuqlikning ikki harakatlanuvchi qatlamlari orasidagi ishqalanish kuchi F qatlamlarning tegib turgan sirti (S) ga va tezlik gradiyentiga to`g`ri proportsional, ya'ni:

$$F = \pm \mu S \frac{du}{dy} \tag{1.10}$$

Proportsionallik koeffitsiyenti μ Qovushqoqlik dinamik koeffitsiyenti deb qabul qilingan. Nyuton gipotezasi keyinchalik N.P.Petrov tomonidan nazariy asoslab berildi. Albatta, hisoblash ishlarini osonlashtirish uchun ishqalanish kuchining birlik yuzaga to`g`ri kelgan miqdori yoki gidravlikada urinma zo`riqish (ishqalanish kuchidan zo`riqish) deb atalgan miqdorga o`tish zarur bo`ladi. Bu miqdorni grekcha τ harfi bilan belgilanadi:

$$\tau = \frac{F}{S} = \pm \mu \frac{du}{dy} \tag{1.11}$$

bu yerda: musbat va manfiy ishora tezlik gradiyentining yo`nalishiga qarab tanlab olinadi.

Prof. K.Sh.Latipovning ishlarida urinma zo`riqish ikki tashkil etuvchining yig`indisidan iborat deb qarash zarurligi ko`rsatildi:

$$l_p = \mu \frac{du}{dy} - \int \lambda_p (1 - \varphi_2) u dy + B \tag{1.12}$$

bu yerda: $\lambda_p = (1-\varphi_2)$ – bir qavatdan ikkinchi qavatga molekulalarning o`tishini bildiruvchi koeffitsiyentdir.

(1.11) formuladan ko`rinadiki, ishqalanish kuchidan zo`riqish tezlik gradiyentiga (yoki umumiyroq qilib aytganda tezlikning normal bo`yicha hosilasi) ga to`g`ri proportsionaldir.

Qovushqoqlik koeffitsiyentining birligi SI da quyidagicha:

$$[\mu] = \frac{[\tau]}{[du]} = \frac{N \cdot s}{m^2}$$

SGS sistemasida esa $\frac{dina \cdot s}{m^2}$ bilan o`lchanadi. Bu birlik Puaz (PZ) deb ham ataladi.

Koeffitsiyent juda kichik bo`lganda santipuaz (spz) va millipuaz (mpz) larda ham o`lchanishi mumkin.

Kinematik Qovushqoqlik koeffitsiyent. Gidravlikadagi ko`pgina hisoblash ishlarida μ ning ρ ga nisbati bilan ifodalanuvchi va kinematik Qovushqoqlik koeffitsiyenti deb ataluvchi miqdordan foydalanish qulaydir. Bu miqdor grekcha **ν** harfi bilan belgilanadi:

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

ν ning SI dagi birligi $\frac{m^2}{s}$, SGS sistemasida $\frac{sm^2}{s}$ yoki stoks (st) bilan ifodalanadi. Mahsus adabiyotlarda va texnik adabiyotda uning kichik o`lchovlari ham (santistoks - sst) uchraydi. 1 $m^2/s = 10^4$ st $= 10^6$ sst.

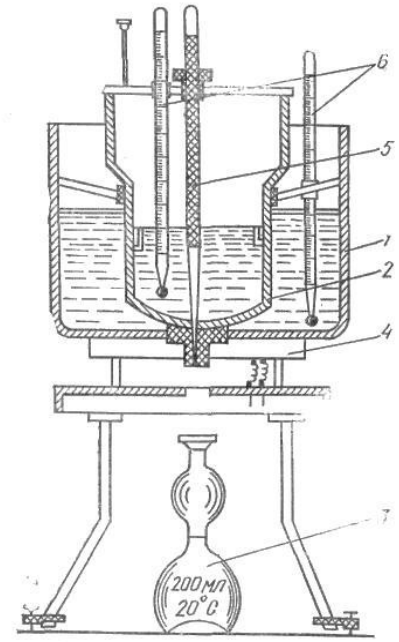
Qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlash uchun viskozimetr deb ataluvchi asbob qo`llaniladi. Suvga nisbatan yopishqoqligi katta bo`lgan suyuqliklar uchun Engler viskozimetri qo`llaniladi (1.2-rasm). U birining ichiga ikkinchisi joylashgan *1*, *2* ikki idishdan iborat bo`lib, ular orasidagi bo`shliq, suv bilan, to`ldiriladi. Ichki idish *2* ning sferik tubiga diametri 3 mm li naycha kavsharlangan, u tiqin *5* bilan berkitilgan bo`ladi.

Ichki idishga tekshirilayotgan suyuqlik quyilib, uning temperaturasi ikki idish oralig`idagi suvni qizdirish yo`li bilan zarur bo`lgan temperaturagacha yetkaziladi. Tekshirilayotgan suyuqlik temperaturasi termometr 6 yordamida o`lchab turiladi. Suyuqlik zarur temperatura t` gacha qizigandan so`ng tiqin ochiladi va sekundomer yordamida 200 sm^3 suyuqlik 3 oqib chiqqan vaqt belgilanadi. Xuddi shunday tajriba t = 20°C da distillangan suv bilan ham o`tkaziladi. Tekshirilayotgan suyuqlikning t = 20°C dan oqib chiqqan vaqtlarining nisbati Qovushqoqlikning shartli graduslari yoki Engler graduslarini bildiradi:

$$^0E = \frac{T_{suyuqlik} t`}{T_{suv \cdot t=20^0 C}}.$$

Engler gradusidan m^2/s ga o`tish uchun Ubbelode formulasi qo`llaniladi:

$$\nu = \left(0{,}0731\,^0E - \frac{0{,}0631}{^0E}\right)10^{-4} \qquad (1.14)$$



1.2 - rasm. Engler viskozimetri.

Qovushqoqlikni aniqlash uchun kapillyar viskozimetr, rotatsion viskozimetr, stoks viskozimetri va boshqa turli viskozimetrlar ham qo`llaniladi.

Qovushqoqlik suyuqliklarning turiga, temperaturasiga va bosimiga bog`liq. Jadvallarda har xil suyuqliklarning qovushqoqlik miqdori keltirilgan. Temperatura ortishi bilan tomchilanuvchi suyuqliklarning qovushqoqligi kamayadi, gazlarning qovushqoqligi ortadi. Suyuqliklar qovushqoqligining temperaturaga bog`liqligini umumiy tenglama bilan ifodalab bo`lmaydi.

Har xil hisoblash ishlari bajarilganda, ko`pincha, quyidagi formulalardan foydalaniladi.

Havo uchun

$$\nu_t = (0{,}132 + 0{,}000918\,t + 0{,}00000066\,t^2)\cdot 10^{-4}\ m^2/s \quad (1.15)$$

Suv uchun

$$\nu_t = \frac{0{,}0177}{1 + 0{,}0337\,t + 0{,}000221\,t^2}.10^{-4}\ m^2/s \quad (1.16)$$

Gidroyuritmalarda qo`llanuvchi turli mineral moylar uchun temperatura 30°C dan 150°C gacha (°E 10 gacha) bo`lganda

$$\nu_t = \upsilon_{50}\left(\frac{50}{t}\right)^n \quad (1.17)$$

bu yerda: υ_t,υ_{50} – tegishli temperaturada va 50°C da kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti; t - temperatura,°C da; *n* - daraja ko`rsatkichi; uning miqdori quyidagi jadvalda $°E_{50}$ ning turli miqdorlari uchun keltirilgan:

1.3 - jadval

$°E_{50}$	1.2	1,5	1.8	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	1,39	1,59	1,72	1,79	1,99	2,13	2,24	2,32	2,42	2,49	2,52	2,56

Turli suyuqliklarning qovushqoqligi boshlang`ich qovushqoqlik va temperaturasiga qarab turlicha o`zgaradi. Ko`pchilik suyuqliklarning qovushqoqligi bosim ko`tarilishi bilan ortadi. Mineral moylarning qovushqoqligi bosimning 0-50 MN/m^2 chegarasida taxminan chiziqli o`zgaradi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\nu_p = \nu_0(1 + k_p p), \tag{1.18}$$

bu yerda: ν_p va ν_0 – tegishli bosimda va atmosfera bosimida kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, p – qovushqoqlik o`lchangan bosim, MN/m^2; k_p – eksperimental koeffitsiyent, uning miqdori gidroyuritmalarni hisoblashda yuqorida aytilgan chegarada 0,03 ga teng deb qabul qilinadi.

1.5 Sirt tarangligi (kapillyarlik)

Suyuqlik sirtidagi molekulalarning o`zaro tortishish kuchi ma'lum bir kuchlanish holatini vujudga keltiradi. Bu hodisa *sirt tarangligi* deb ataladi va kapillyar idishlarda egri mensk vujudga keltiradi. Sirt egriligi botiq, yoki qavariq shaklda bo`ladi, bu shakl esa idish devori bilan suyuqlik molekulalari orasidagi o`zaro ta'sir kuchiga bog`liq.

Sirt taranglik kuchi Laplas formulasi bilan ifodalanadi:

$$P = \sigma\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right), \tag{1.19}$$

bu yerda: σ – sirt taranglik koeffitsiyenti; r_1,r_2 – bosh egrilik radiuslari.

O`xshash kapillyar idishlar uchun:

$$P = \frac{2\sigma}{r} \tag{1.20}$$

Suyuqliklar sirtining (ko`tarilish va pasayish) balandligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$h = \frac{k}{d},\ mm \tag{1.21}$$

bu yerda: d - idish diametri; k – o`zgarmas kattalik bo`lib, suv uchun +30, spirt uchun +10, simob uchun -10.

1.4 - jadval.

Ba'zi suyuqliklari uchun sirt taranglik koeffitsiyenti

Suyuqliklarning nomi	$\sigma, \frac{N}{m}$
Suv	0,073
Spirt	0,0225
Benzin	0,029
Glitserin	0,065
Simob	0,490

Sirt taranglik kuchi aniq o`lchov asboblarining kapillyar naychalarini, filtratsiyani hisoblash masalalarida va boshqa gidravlik hisoblashlarda kerak

bo`ladi. Ko`pchilik gidravlik masalalarda esa uning qiymati juda kichik bo`lgani uchun hisobga olinmaydi.

1.6 Suyuqlik to`yingan bug`ining bosimi

Suyuqlikning berilgan temperaturada erkin bug`lanishi va uning bug`lari yopiq idishdagi bo`shliqni to`yinish holatigacha to`ldirish uchun kerak bo`lgan bosim suyuqlik to`yingan bug`ining bosimi deb ataladi.

Shunga asosan suyuqlik to`yingan bug`ining bosimi bug`ning yopiq idish ichida suyuqlik bilan muvozanatlashgan holatiga tegishli barqarorlashgan bosimdir. Bu bosim suyuqliklardan yuqori temperaturada foydalanish mumkinligini va ularning turli gidravlik qurilmalar, gidrosistemalardagi kavitatsiya xossasini aniqlash uchun foydalaniladi. Suyuqliklarning bug`lanishi sirt bo`yicha ham, uning butun hajmi bo`yicha bug` pufakchalari hosil bo`lishi (qaynashi) yo`li bilan ham yuz berishi mumkin. Bunda ikkinchi hol, xohlagan temperaturada yuz beradigan sirt bo`yicha bug`lanishdan farqli ravishda, faqat ma'lum temperaturada, ya'ni to`yingan bug` bosimi suyuqlik sirtidagi bosimga teng bo`ladigan temperaturada yuz beradi. Bosim ortishi bilan qaynash temperaturasi ortadi, kamayishi bilan esa kamayadi.

Bir jinsli suyuqliklarda to`yingan bug` bosimi har bir temperatura uchun bir xil miqdorga ega bo`ladi, suyuqlik va bug`ning miqdoriy nisbatiga bog`liq bo`lmaydi.

Suyuqlik aralashmalarida esa suyuqlik tarkibidagi turli molekulalarning o`zaro ta'siri bug`lanishni qiyinlashtiradi. Bu holda aralashma bug`larida yengil bug`lanuvchi suyuqlik bug`larining nisbati, uning ayrim holatidagi bug`lariga qaraganda ko`proq bo`ladi. Bu holda umumiy bug` bosimi partsial bug` bosimlar yig`indisiga teng.

Shunday qilib, aralashmalar bug`langanda suyuq fazada yengil komponent kamayib boradi, ya'ni yengil komponent suyuq fazadagiga nisbatan bug` fazada ko`proq nisbatda bo`ladi.

1.7 Gazlarning suyuqlikda erishi. Kavitatsiya hodisasi haqida tushuncha

Tabiatda va texnikada suyuqlik unda havoning tarkibidagi gazlar oz miqdorda erigan holda uchraydi. Bosim ortishi yoki temperatura kamayishi bilan erigan gazlar miqdori ortadi va aksincha, bosim kamayganda yoki temperatura ortganda ularning miqdori kamayadi. Shuning uchun bosim kamayishi yoki temperatura ortishi bilan suyuqlikdagi erigan gazlarning bir qismi ajralib chiqib, pufakchalar hosil qiladi, ya'ni yuqorida aytilganga ko`ra bosim kamayganda suv ham bug`lanadi lekin yengil komponent sifatida erigan gazlar tezroq ajralib chiqib, pufakchalar hosil qiladi. Boshqacha aytganda - bu holat suyuqlikdagi bosimning undagi gazning to`yingan bug`lari bosimiga teng bo`lganida vujudga keladi. Gaz pufakchalari paydo bo`lishi bilan suyuqlikning tutashligi buziladi va tutash muhitlarga taalluqli qonunlar o`z kuchini yo`qotadi. Bu hodisa *kavitatsiya* deyiladi. Pufakchalar suyuqlik ichida past temperaturali yoki yuqori bosimli sohalar tomonga qarab harakat qiladi. Agar u yetarli darajadagi bosimga ega bo`lgan sohaga kelib qolsa, yana erib ketadi (agar bug` bo`lsa,

kondensatsiyalanadi). Erigan gaz o`rnida paydo bo`lgan bo`shliqqa suyuqlik zarrachalari intiladi va bo`shliq keskin yopiladi. Bu esa hozirgina bo`shliq bo`lgan yerda gidravlik zarbani vujudga keltiradi va natijada bu yerda bosim keskin ortib, temperatura keskin kamayadi.

Bunday gidravlik zarba va uni vujudga keltirgan kavitatsiya hodisasi quvur devorlari va mashinalarning suyuqlik harakat qiluvchi qismlarining buzilishiga olib keladi (kavitatsiyaga qarshi kurash usullari to`g`risida keyinchalik to`xtalamiz).

1.8 Ideal suyuqlik modeli

Suyuqliklarning harakati tekshirilganda, odatda, hamma kuchlarni hisobga olib bo`lmagani uchun, ularning suyuqlik muvozanati yoki harakati holatiga ta'siri katta bo`lganlarini saqlab qolib, ta'siri kichiklarini tashlab yuboramiz. Shu usul bilan suyuqliklar uchun ideal va real suyuqliklar modeli tuziladi. Hozirgi vaqtda suyuqlik harakatini ifodalovchi umumiy tenglamalar juda murakkab bo`lib, uni yechishni osonlashtirish uchun yuqorida aytilgandek soddalashtirishlar kiritiladi. Bunday soddalashtirishlar esa suyuqliklarning fizik xossalariga chegara qo`yadi va bu suyuqliklar ideal suyuqliklar deyiladi. Ideal suyuqliklar absolyut siqilmaydigan, issiqlikdan hajmi o`zgarmaydigan, cho`zuvchi va siljituvchi kuchlarga qarshilik ko`rsatmaydigan abstrakt tushunchadagi suyuqliklardir.

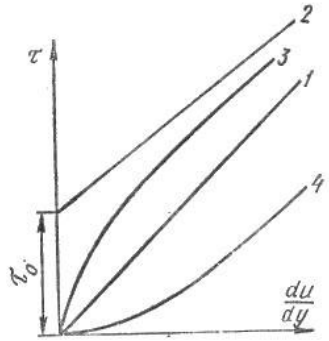
Real suyuqliklarda esa yuqorida aytilgan xossalar mavjud bo`lib, odatda siqilishi, issiqlikdan kengayishi va hajm o`zgarishi juda kichik miqdorga ega. Shuning uchun bu soddalashtirishlar hisoblashda unchalik ko`p xato bermaydi. Ideal suyuqliklarning real suyuqliklardan katta farq qilishiga olib keladigan asosiy sabab, bu – siljituvchi kuchga qarshilik ko`rsatish xossasi, ya'ni ichki ishqalanish kuchi bo`lib, uning bu xususiyatini qovushqoqlik degan tushuncha orqali ifodalaniladi. Shunga asosan ideal suyuqliklarni noqovushoq (nevyazkiy), real suyuqliklarni esa qovushoq suyuqlik deyiladi.

1.9 Nyuton qonuniga bo`ysunmaydigan suyuqliklar

Yuqorida aytilganidek, suyuqliklarga ta'sir qiluvchi qovushqoqlik zo`riqish kuchi tezlik gradiyentiga bog`liq bo`lib, Nyuton qonuni (1.14) bo`yicha bu bog`lanish chiziqli bo`ladi. Shuning uchun agar abstsissa o`qiga $\frac{du}{dy}$ ni, ordinata o`qiga τ ni qo`yib grafik chizsak, u holda bu grafikni ifodalovchi 1.3-rasmdagi 1 - chiziq (1.12) formulani ifodalaydi. Bu grafik bilan ifodalanuvchi, ya'ni Nyuton qonuniga bo`ysunuvchi suyuqliklar Nyuton suyuqliklari deyiladi.

Hozir suyuqliklarning xossalarini chuqurroq o`rganish va texnikada ishlatiladigan suyuqliklar turining ko`payishi natijasida Nyuton qonuniga bo`ysunmaydigan ko`pgina suyuqliklar mavjud ekanligi aniqlandi. Bunday suyuqliklarda *qovushqoqlik zo‘riqish* kuchi τ umumiy holda tezlik gradiyenti $\frac{du}{dy}$ning funktsiyasi sifatida qaraladi:

$$\tau = f\left(\frac{du}{dy}\right)$$



1.3 - rasm. Nyuton qonuniga bo‘ysunmaydigan suyuqliklarga doir chizma.

Ular Nyuton qonuniga bo`ysunmaydigan suyuqliklar deb ataladi. Bu suyuqliklar quyidagi guruhlarga ajratiladi.

1. Bingam suyuqliklari (plastik yopishqoq suyuqliklar). Bu suyuqliklar kichik zo`riqishlarda ozgina deformatsiyalanib, zo`riqish yo`qolsa, yana avvalgi holiga qaytadi. Zo`riqish kuchi τ biror τ_0 qiymatdan oshsa, harakat boshlanadi. Bingam suyuqliklari xuddi Nyuton suyuqliklari kabi harakatlanadi. Bu suyuqliklar uchun Nyuton qonuni o`rnida quyidagi qonun qo`llaniladi.

$$\tau = \tau_p + \eta \frac{du}{dy} \tag{1.22}$$

bu yerda: η – struktura yopishqoqligi deb ataladi. (1.22) formula bilan ifodalanuvchi qonun 1.3 - rasmdagi 2 - chiziqqa ega bo`ladi.

Quyuq suspenziyalar, pastalar, shlam va boshqalar plastik yopishqoq suyuqliklarga kiradi.

2. Soxta plastik suyuqliklar. Bular Nyuton suyuqliklari kabi zo`riqishning eng kichik qiymatlarida ham harakatga keladi. Lekin u tezlik gradiyenti ortishi bilan kamayib borib, sekin-asta o`zgarmas qiymatga intiladi (1.3 - rasmda, 3 - chiziq).

Uning grafigi logarifmik masshtabda to`g`ri chiziqqa yaqin bo`lganligi uchun ko`rsatkichli funktsiya ko`rinishida ifodalanadi:

$$\tau = k\left(\frac{du}{dy}\right)^m \tag{1.23}$$

bu yerda: k ,m – tajribadan aniqlanuvchi o`zgarmas miqdorlardir (o`zgarmas m, odatda, 0 bilan 1 orasidagi qiymatlarni qabul qiladi). Bu suyuqliklarga siljituvchi zo`riqishning tezlik gradiyentiga nisbati $\mu_k$ o`xshash yopishqoqlik deb ataladi.

3. Dilatant suyuqliklar soxta plastik suyuqliklarga o`xshash bo`lib, ulardan tezlik gradiyenti ortganida μ_k o`sib borishi bilan farqlanadi (1.3 - rasm, 4 - chiziq), siljituvchi zo`riqish (1.23) formula bilan ifodalanadi. Dilatant suyuqliklarning soxta plastik suyuqliklardan farqi shundaki, ularda m doimo 1 dan katta bo`ladi. Dilatant suyuqliklar bingam va soxta plastik suyuqliklarga nisbatan kam uchraydi.

Bundan tashqari, τ va $\frac{du}{dy}$ o`rtasidagi bog`lanish vaqtga bog`liq bo`lgan suyuqliklar ham tabiatda uchrab turadi. Ularning yopishqoqlik koeffitsiyenti

zo`riqishning qancha vaqt ta'sir qilganiga qarab o`zgarib boradi. Bunday suyuqliklarga ko`pgina bo`yoqlar, sut mahsulotlarining ko`p turlari, turli smolalar misol bo`ladi. Ular tiksotrop suyuqliklar, reopektant suyuqliklar va maksvell suyuqliklari deb ataluvchi guruhlarga bo`linadi. Bu suyuqliklarning yana bir xususiyatlari shundan iboratki, ularning ba'zi turlari (maksvell suyuqliklari) qo`yilgan zo`riqish kuchi olinishi bilan avvalgi holatiga qisman qaytadi (ya'ni hozirgi zamon fanining tili bilan aytganda xotirlash xususiyatiga ega bo`ladi).

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma:

1 - masala. Benzin bilan to'ldirilgan bak, quyoshda 50°C gacha harorati ko'tariladi. Agar bak absolyut qattiq deb qaralsa benzinning bosimi qanchaga o'zgaradi? Benzinning boshlang'ich harorati 20°C, hajmiy siqilish koeffitsiyenti

$$\beta_W = \frac{1}{1300}\frac{1}{мPa};$$

issiqlikdan kengayish harorat koeffitsiyenti.

$$\beta_t = 8\cdot 10^{-y}\frac{1}{^0C}$$

Yechimi:

Siqilish va haroratdan kengayish formulalaridan foydalanib quyidagilarni yozamiz:

$$\beta_W = \frac{W_1}{W}\cdot\frac{1}{P_1} \rightarrow \frac{W_1}{W} = \beta_W P_1$$

$$\beta_t = \frac{W_1}{W}\cdot\frac{1}{t_1} \rightarrow \frac{W_1}{W} = \beta_t t_1$$

Tenglamaning o'ng tomonlarini tenglashtirib, o'zgargan bosim miqdorini aniqlaymiz:

$$\beta_W P_1 = \beta_t t_1$$

$$P_1 = \frac{\beta_t}{\beta_W}\cdot t_1 = 312\cdot 10^5 Pa$$

1. bo'yicha nazorat savollari

1. Ichki ishqalanish kuchi deb qanday kuchga aytiladi?
2. Sirt taranglik kuchi qanday formula bilan ifodalanadi?
3. Ideal suyuqliklarning real suyuqliklardan katta farq qilishiga olib keluvchi sabab?
4. Suyuqliklardagi ishqalanish uchun Nyuton qonuni. Qovushqoqlik.
5. Nyuton qonuniga bo`ysunmaydigan suyuqliklar.
6. Suv nima ?

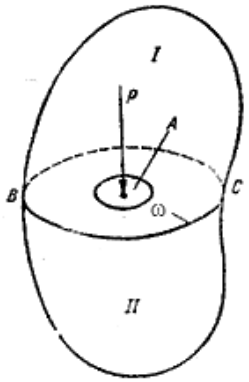
2. GIDROSTATIKA

Gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini o`rganib, ularni texnikaga tadbiq qilish bilan shug`illanuvchi bo`limi gidrostatika deb yuritiladi. Bu qonunlarni tekshirish suyuqliklar orqali kuchlarni uzatish bilan bog`liq masalalarni hal qilishda muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, gidrostatika suyuqliklarga to`liq yoki qisman botirilgan qattiq jismlarning muvozanat qonunlarini ham o`rganadi.

Odatda, suyuqliklar muvozanat holatda bo`lganda uning ayrim bo`laklarining boshqa bo`laklariga bo`lgan ta'siri, suyuqlik saqlanayotgan idish devorlariga va unga botirilgan jismga ta'siri bosim orqali ifodalanadi.

2.1 Suyuqliklarda bosim

Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi asosiy kuchlardan biri gidrostatik bosimdir. Uni tushuntirish uchun 2.1 - rasmga murojaat qilamiz. Bu yerda muvozanat holatidagi suyuqlikning ixtiyoriy hajmi ifodalangan. Bu hajm ichida ixtiyoriy A nuqta olib, undan BC tekislikni o`tkazamiz. Natijada hajm ikki qismga ajraladi. *BC* sirtda A nuqta atrofida biror ω yuza ajratamiz. Hajmning *I* qismi orqali uning *II* qismiga *BC* yuza bo`yicha bosim kuchi beriladi.



2.1 - rasm. **Suyuqliklarda bosim tushunchasiga doir chizma.**

Bu kuchning ω yuzaga ta'sir qilgan qismini P bilan belgilaymiz.

Qaralayotgan ω yuzaga ta'sir qiluvchi P kuch *gidrostatik bosim kuchi* yoki qisqacha *gidrostatik kuch* deyiladi. P kuch II qismga nisbatan tashqi kuch, butun hajmga nisbatan esa ichki kuch hisoblanadi. P kuchning ω yuzaga nisbati bu yuzaning birlik miqdoriga ta'sir qiluvchi kuchni beradi va u o`rtacha gidrostatik bosim deb ataladi:

$$p_{o`r} = \frac{P}{\omega}$$

Agar ω yuzani kichraytira borib, nuqtaga intiltirsak ($\omega \to 0$), $p_{o`r}$ biror chegaraviy qiymatga intiladi:

$$p = \lim_{\omega \to 0} \frac{P}{\omega}.$$

Bu qiymat *A* nuqtaga ta'sir qilayotgan bosimni beradi va u gidrostatik bosim deb ataladi. Umumiy holda gidrostatik bosim p bilan o`rtacha gidrostatik bosim $p_{o`r}$ teng emas. Ular bir-biridan kichik miqdorga farq qiladi.

Gidrostatik bosim N/m^2 bilan o`lchanadi.

2.2 Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari

Tinch turgan suyuqlikdagi bosim (ya'ni gidrostatik bosim) ikkita asosiy xossaga ega:

1 - x o s s a – *gidrostatik bosim u ta'sir qilayotgan yuzaga normal bo`yicha yo`nalgan bo`ladi.* Bu xossaning to`g`riligini isbotlash uchun gidrostatik bosim *p* o`zi ta'sir qilayotgan yuzaga normal bo`yicha yo`nalmagan deb faraz qilamiz. Bu holda *p* normal va urinma yo`nalishlarda proyektsiyalarga ega bo`ladi.

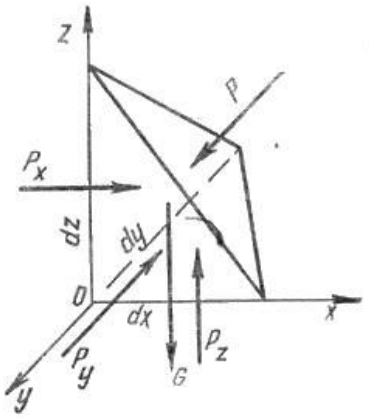
Urinma yo`nalishidagi proektsiya I va II qismlarining bir-biriga nisbatan siljishiga olib keladi (2.1 - rasm). Suyuqlik muvozanatda bo`lgani uchun bu hol yuz berishi mumkin emas. Bundan *p* normal bo`yicha yo`nalmagan degan fikr noto`g`ri ekanligi kelib chiqadi.

2- x o s s a - *gidrostatik bosim u ta'sir qilayotgan nuqtada hamma yo`nalishlar bo`yicha bir xil qiymatga ega.* Bu xossani isbotlash uchun suyuqlik ichida tomonlari *dx, dy, dz* ga teng bo`lgan tetraedr ajratib olamiz. Tetraedrning qiya yuzasiga *P* kuch ta'sir qilsin.

U holda *yOz* tekislikdagi yuza bo`yicha, *Px*, *xOz* tekislikdagi yuza bo`yicha, *Py*, *xOy* tekislikdagi yuza bo`yicha, esa *Pz* kuchlar ta'sir qiladi. Qiya yuzaning sirti $d\omega$ ga teng deb hisoblaymiz. Agar gidrostatik bosim *Ox* o`qi bilan α, *Oy* o`qi bilan $\beta$, *Oz* o`qi bilan γ burchak tashkil qilsa, u holda dω yuzaga ta'sir qilayotgan kuch ($pd\omega$) ning o`qlardagi proyektsiyalari $pd\omega\cos\alpha$, $pd\omega\cos\beta$, $pd\omega\cos\gamma$ larga teng. Og`irlik kuchi esa

$$G = \rho g dV = \frac{1}{6}\rho g dx dy dz$$

Suyuqlik muvozanatda bo`lgani uchun kuchlarning o`qlardagi proyektsiyalarining yig`indisi nolga teng, ya'ni *Ox* o`qi bo`yicha



2.2 - rasm. Bosimlarning xossalariga doir chizma.

$$\frac{1}{2}p_x dydz - pd\omega\cos\alpha = 0,$$

Oy o`qi bo`yicha

$$\frac{1}{2}p_y dxdz - pd\omega\cos\beta = 0,$$

Oz o`qi bo`yicha

$$\frac{1}{2}p_z dxdy - pd\omega\cos\gamma + \frac{1}{6}\rho g dxdydz = 0,$$

$d\omega$ yuzaning proyektsiyalari quyidagilarga teng:

$$d\omega\cos\alpha = \frac{1}{2}dydz,\ d\omega\cos\beta = \frac{1}{2}dxdz,\ d\omega\cos\gamma = \frac{1}{2}dxdy$$

Yuqoridagi tenglamalar qisqartirilgandan keyin quyidagicha yoziladi:

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

Tetraedrning tomonlari cheksiz kichik qiymatga intilganda u nuqtaga yaqinlashadi. Bu holda uning hajmi nolga intiladi. Shuning uchun yuqorida keltirilgan tenglamalardan quyidagi natija kelib chiqadi:

$$p_x = p;\ p_y = p;\ p_z = p \text{ ya`ni } p_x = p_y = p_z = p$$

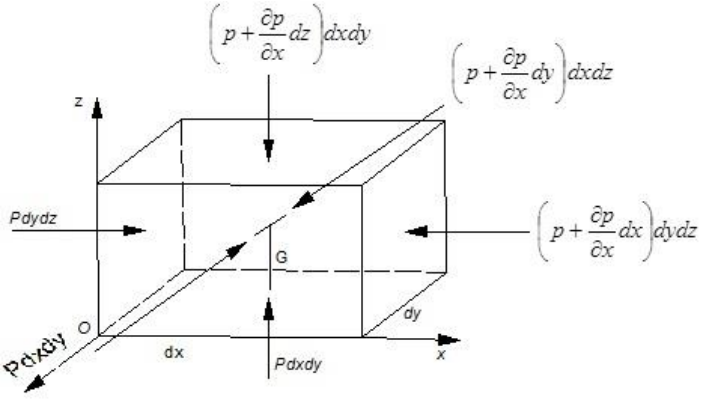
Shunday qilib, barcha yo`nalishlarda ta'sir qiluvchi bosim kuchlari teng ekanligi isbotlandi. Bu esa ikkinchi xossaning to`g`riligini ko`rsatadi.

2.3 Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi (Eyler differentsial tenglamasi)

Muvozanat holatidagi suyuqliklarga bosim va og`irlik kuchlari ta'sir qiladi. Bosim suyuqlik egallagan hajmning har xil nuqtasida har xil qiymatga ega. Shuning uchun bosimni koordinata o`qlari *x, y, z* larning funktsiyasi deb qarash kerak. Ko`rilayotgan suyuqlikda tomonlari *dx, dy, dz* ga teng bo`lgan parallelopipedga teng elementar hajm ajratib olamiz (2.3 - rasm). Endi suyuqlikka ta'sir qiluvchi kuchlarning muvozanat holatini tekshiramiz. Og`irlik kuchining proyektsiyalari $\rho XdV;\rho YdV;\rho ZdV$ bo`lsin; ya'ni $G\{\rho XdV,\rho YdV,\rho ZdV\}$. Elementar hajmning *yOz* tekislikda yotgan sirtiga *Ox* o`qi yo`nalishida *p* ga teng, unga parallel bo`lgan sirtiga esa $p + \frac{\partial p}{\partial x}$ ga teng bosimlar ta'sir qiladi (2.3 - rasm). Bu sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim kuchlari esa tegishlicha $pdydz$ va $\left(p + \frac{\partial p}{\partial x}dx\right)dydz$larga teng. Olingan elementar hajm *Ox* o`qi bo`yicha muvozanatda bo`lishi uchun bu o`q bo`yicha yo`nalgan kuchlar yig`indisi nolga teng bo`lishi kerak:

$$pdydz - \left(p + \frac{\partial p}{\partial x}dx\right)dydz - \rho X dxdydz = 0$$

Shuningdek, *Oy* o`qi bo`yicha, *yOz* tekislikda yotuvchi sirtga *pdxdz*, unga parallel bo`lgan sirtga esa, $\left(p + \frac{\partial p}{\partial y}dy\right)dxdz$ kuchlar ta'sir qiladi.



2.3 - rasm. Suyuqliklar muvozanatining (Eyler) tenglamasiga doir chizma.

Shuning uchun elementar hajmning *Oy* o`qi bo`yicha muvozanat sharti quyidagicha bo`ladi:

$$pdxdz - \left(p + \frac{\partial p}{\partial y}dy\right)dxdz + \rho Ydxdydz = 0 \qquad (2.1)$$

Shuningdek, *Oz* o`qi bo`yicha

$$pdxdy \text{ va } \left(p + \frac{\partial p}{\partial z}dz\right)dxdy$$

kuchlar ta'sir qiladi hamda ularning muvozanat sharti quyidagicha bo`ladi:

$$pdxdy - \left(p + \frac{\partial p}{\partial z}dz\right)dxdy + \rho Zdxdydz = 0$$

O`xshash miqdorlarni qisqartirish va qolgan hadlarni *dx*, *dy*, *dz* ga bo`lishdan keyin quyidagi tenglamalar sistemasini olamiz:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial p}{\partial x} &= \rho X\\ \frac{\partial p}{\partial y} &= \rho Y\\ \frac{\partial p}{\partial z} &= \rho Z\end{aligned}\right\} \qquad (2.2)$$

Bu tenglamalar sistemasidan ko`rinib turibdiki, gidrostatik bosimning biror koordinata o`qidagi o`zgarishi zichlikning birlik og`irlik kuchining shu o`q yo`nalishidagi proyektsiyasiga ko`paytmasiga teng ekan, ya'ni muvozanatdagi suyuqliklarda bosimning o`zgarishi massa kuchlarga bog`liq. (2.2) tenglamalar sistemasi suyuqliklar muvozanat holatining umumiy differentsial tenglamasidir. Bu tenglama 1755 yil L.Eyler tomonidan taklif enilgan.

2.4 Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt

Eyler tenglamalarini integrallash uchun uni qulay shaklga keltirishda (2.2) ning har bir tenglamasini *dx, dy, dz* larga o`zaro ko`paytiramiz va ularni hadma-had qo`shib chiqamiz:

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

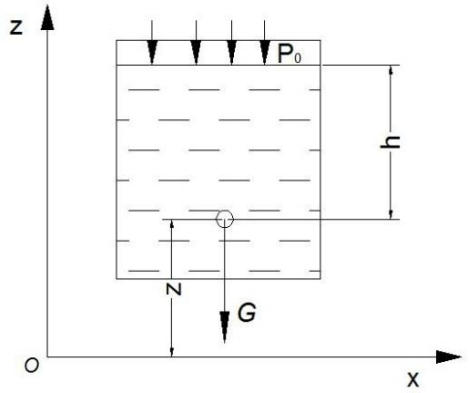
Bu tenglamaning chap tomoni bosimning to`liq differentsialini beradi, shuning uchun

$$dp=\rho(Xdx+Ydy+Zdz) \tag{2.3}$$

Hosil bo`lgan tenglama bosimning suyuqlik turiga va fazoning nuqtalari koordinatalariga bog`liqligini ko`rsatadi hamda bosimning ixtiyoriy nuqtadagi miqdorini topishga yordam beradi. Bu tenglama tomchilanuvchi suyuqliklar uchun ham, gazlar uchun ham o`rinli bo`lib, gazlar uchun qo`llanganda gaz holati tenglamalari bilan birgalikda ishlatiladi. (2.3) dan hamma nuqtalarida bir xil bosimga ega bo`lgan ( $p=const$ ) sirtlarni topish mumkin. Bunday tekisliklar bosimi teng sirtlar deb ataladi. *p = sonst* bo`lganda *dp = 0* bo`ladi, *ρ* esa nolga teng bo`lishi mumkin emas. Shuning uchun bosimi teng sirtlar tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Xdx+Ydy+Zdz=0 \tag{2.4}$$

Bosimi teng sirtlar xususiy holda suyuqlikning erkin sirti bo`lishi mumkin. Suyuqlikning devor bilan chegaralanmagan sirti erkin sirt deyiladi. Masalan, idishda gaz va suyuqlik birga saqlangan bo`lsa, u holda suyuqlikning yuqori sirti jism devoriga tegmay gaz bilan chegaralangan bo`ladi. Xususiy holda ochiq idishdagi suyuqlikning yuqori sirti havo bilan chegaralangan bo`lib, erkin sirtni tashkil qiladi (2.4 - rasm). Bosimi teng sirtlar va erkin sirtlar uchun misollar sifatida og`irlik kuchi ta'siridagi idishda tinch turgan, tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan va aylanma harakat qilayotgan idishlardagi suyuqliklarni tekshiramiz.



2.4 - rasm. Idishda tinch turgan suyuqliklarda erkin sirtga doir chizma.

2.5 Eyler tenglamasining integrallari

Biz yuqorida Eyler tenglamasini (2.3) va (2.4) ko`rinishga keltirdik. Bu ko`rinishda uni integrallash va bosimi teng sirtlarni topish oson bo`ladi. Quyida Eyler tenglamasining integrallari sifatida uchta masalani keltiramiz.

a) Idishda tinch turgan suyuqlik (2.4 - rasm).

Idishda tinch turgan suyuqlikka faqat og`irlik kuchi ta'sir qiladi. Bu holda birlik massa kuchlarining proyektsiyalari:

$$X = 0, Y = 0, Z = -g \tag{2.5}$$

bo`ladi. Bu qiymatlarni (2.4) ga qo`ysak, *gdz = 0* ga ega bo`lamiz. Uni integrallasak, *gz=const* bo`ladi. Bu esa gorizontal tekislikning tenglamasidir. Shunday qilib, tinch turgan suyuqliklar uchun har qanday gorizontal tekislik bosimi teng sirtdan iborat. Uning havo bilan chegaralangan sirti ham gorizontal bo`lib, u erkin sirt bo`ladi. Erkin sirtda bosim p_0 ekanligini hisobga olsak, (2.3) tenglamadan quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$p = \gamma h + p_0$$

Bu tenglama to`g`risida keyinchalik alohida to`xtalib o`tamiz.

b) Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik

Suyuqlik *a* tezlanish bilan harakat qilayotgan idishda muvozanat holatida bo`lsin (2.4 - rasm), bu holda suyuqlik zarralari tezlanish va og`irlik ta'sirida bo`ladi, ular uchun birlik massa kuchlar esa quyidagicha bo`ladi:

$$X = -a,\ Y = 0,\ Z = -g$$

Bu qiymatlarni (2.4) ga qo`ysak, *-adx - gdz = 0* tenglamani olamiz. Uni integrallab quyidagi tenglamaga ega bo`lamiz:

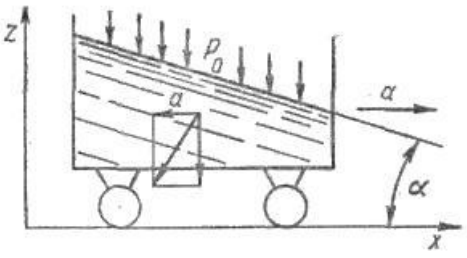
$$ax + gz = const \tag{2.6}$$

Bu esa qiya tekislik tenglamasidir. Shunday qilib, ko`rilayotgan holda bosimi teng sirtlar *Ox* va *Oz* o`qlariga burchak ostida yo`nalgan, *Oy* o`qiga esa parallel bo`lgan sirtlardir. Bu sirtlarning gorizontal tekislik bilan tashkil qilgan burchagi quyidagicha aniqlanadi:

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

Erkin sirtda bosim p_0 ekanligini hisobga olsak, (2.3) tenglamadan quyidagi munosabat kelib chiqadi:

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



2.4 - rasm Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik.

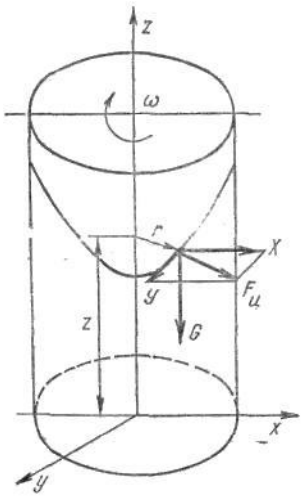
v) Aylanayotgan idishdagi suyuqlik.

Suyuqlik vertikal o`q atrofida ω burchak tezlik bilan aylanayotgan idish ichida muvozanat holatida bo`lsin (2.5 - rasm). Bu holda suyuqlik zarralari markazdan qochma kuch va og`irlik kuchlari ta'sirida bo`ladi. Markazdan qochma kuch quyidagiga teng:

$$F_u = \frac{mu^2}{r} = m\omega^2 r$$

Uning proyektsiyalari esa quyidagicha topiladi:

$$F_{ux} = m\omega^2 x\,,\ F_{uy} = m\omega^2 y$$



2.5 - rasm Aylanayotgan jism ichidagi suyuqlik.

Shuning uchun birlik massa kuchlar quyidagilarga teng:

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

Bularni (2.4) ga qo‘ysak, quyidagi tenglamani olamiz:

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

Uni integrallasak

$$\frac{\omega^2 x^2}{2} + \frac{\omega^2 y^2}{2} - gz = const$$

bo`ladi.

Lekin $x^2 + y^2 = r^2$ bo`lgani uchun

$$\frac{\omega^2 r^2}{2} - gz = const \qquad (2.7)$$

Bu bosimi teng sirtning tenglamasidir. Bu sirt aylanma paraboloid ekanligi ko`rinib turibdi. Shunday qilib, bosimi teng sirtlar o`qi vertikal bo`lgan aylanma paraboloidlar oilasidan iborat. Bu sirtlar vertikal tekislik bilan kesishganda o`qi *Oz* da bo`lgan parabolalar, gorizontal tekisliklar bilan kesishganda esa markazi *Oz* da bo`lgan kontsentrik aylanalar hosil qiladi.

2.6 Gidrostatikaning asosiy tenglamasi

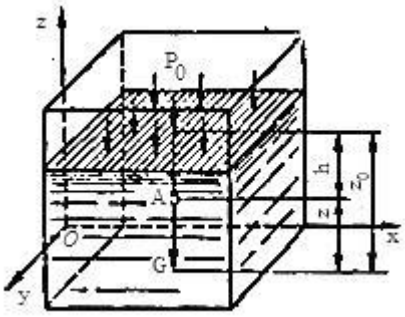
Tinch turgan idishdagi suyuqlikni qaraymiz. Bu suyuqlikka og`irlik kuchi ta'sir etadi. Koordinata o`qlarini *O*z o`qi vertikal yuqoriga yo`naladigan qilib yo`naltiramiz (2.6 - rasm).

Ko`rilayotgan idish ichida biror *xOy* tekisligidan *z* masofada, erkin sirtdan esa *h* masofada joylashgan biror *A* nuqtani olamiz. U holda birlik massa kuchlarning bu koordinata sistemasidagi proyektsiyalari quyidagicha bo`ladi:

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

Gidrostatik bosim *p*, suyuqlikning erkin sirtidagi bosim p_0 bo‘lsin, erkin sirt *xOy* tekisligidan esa z_O masofada joylashgan bo`lsin. Bu holda gidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

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



2.6 - rasm. Gidrostatikaning tenglamasiga doir chizma.

Birinchi va ikkinchi tenglamalardan bosimning *x* va *y* koordinatalarga bog`liq emas ekanligi kelib chiqadi. U holda uchinchi tenglamadan quyidagini olamiz:

$$dp = -\rho g dz$$

(Bu tenglamani (2.3) dan ham olish mumkin.) Bu esa yuqorida (1.14 - da) aytilgandek tinch turgan idishlardagi suyuqlik bosimi gorizontal sirtlar bo`yicha o`zgarmas degan fikrni tasdiqlaydi. Oxirgi tenglamani erkin sirtdan *z* nuqtagacha bo`lgan oraliq uchun integrallaymiz va quyidagi tenglamani chiqaramiz:

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

$z - z_0$ ning qiymati *h* ga teng bo`lgani uchun so`nggi tenglama quyidagicha yoziladi:

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

yoki

$$p = p_0 + \gamma h \qquad (2.8)$$

Bu gidrostatikaning asosiy tenglamasi deb ataladi va suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosimni, suyuqlik turi va olingan nuqtaning erkin sirtdan qanday masofada ekanligiga qarab aniqlaydi. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagi qonuniyatni ifodalaydi: *suyuqlik ichidagi ixtiyoriy nuqtadagi bosim suyuqlik erkin sirtidagi, bosim p_0 va shu nuqtadagi suyuqlik ustunining bosimi (γh) yig`indisiga teng.*

2.7 Absolyut, manometrik, vakuummetrik va atmosfera bosimlari.

Suyuqlik ichidagi ixtiyoriy nuqtadagi (gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida aniqlanadigan) bosim *p* shu nuqtadagi *absolyut bosim* deb ataladi. Suyuqlikning erkin sirtidagi bosim p_0 erkin sirtdagi absolyut bosimni beradi, γh esa suyuqlik ustunining nuqtadagi bosimini beradi. Usti yopilmagan idishlardagi,

suv sig`imlaridagi suyuqliklarning erkin sirtiga ta'sir qiluvchi bosim atmosfera bosimi deb ataladi va p_a harfi bilan belgilanadi. Bu holda (2.8) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$p = p_a + \gamma h \tag{2.9}$$

Agar suyuqlik ixtiyoriy nuqtasidagi bosim atmosfera bosimidan katta ($p > p_a$) bo`lsa, (2.9) tenglamaning oxirgi hadi manometrik bosim deb ataladi:

$$p_m = \gamma h = p - p_0 \tag{2.10}$$

Manometrik bosim absolyut bosimdan atmosfera bosimining chegirilgan (ayirilgan) miqdoriga teng bo`lgani uchun uni c*hegirma bosim* deb ham atash mumkin.

Manometrik bosim absolyut bosimning miqdoriga qarab har xil qiymatga ega bo`lishi mumkin, masalan, $p = p_0$ bo`lganda $p_m = 0$; $p \to \infty$ bo`lganda $p_m \to \infty$, ya'ni manometrik bosim 0 bilan $\infty$ o`rtasidagi barcha qiymatlarini qabul qilishi mumkin.

Agar suyuqlik nuqtasidagi absolyut bosim atmosfera bosimidan kichik ($p<p_a$) bo`lsa, ularning ayirmasi vakuummetrik bosim (vakuum) $p_v$ ga teng bo`ladi va suyuqlikdagi siyraklanish miqdorini belgilaydi:

$$p_v = \gamma h = p_a - p \tag{2.11}$$

Vakuummetrik bosim nuqtadagi bosimning atmosfera bosimidan qancha kamligini ko`rsatadi va $p = p_a$ da $p_v \to \infty$; $p \to 0$ da $p_v \to p_a$ bo`ladi. Shunday qilib, vakuummetrik bosim 0 dan p_a gacha bo`lgan qiymatlarni qabul qiladi.

Bosimni o`lchash uchun texnikada turli birliklar ishlatiladi:

1. Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati, masalan,

$$N/m^2;\ kgK/m^2;\ kgK/sm^2.$$

2. Suyuqlik ustunining balandliklari, masalan, mm suv. ust. - millimetr suv ustuni; m suv. ust. – metr suv ustuni, mm sim. ust.- millimetr simob ustuni.

3. Birlik yuzaga to`g`ri kelgan berilgan kuch miqdoriga nisbati yoki suyuqlik ustunining berilgan balandligi miqdorlari, masalan, texnik atmosfera (*atm*) (1 *atm*=1 kgK/sm^2 = 10^4 kgK/m^2 = 735,6 *mm sim. ust*.) bar (1 *bar* = 10^5 N/m^2) va hokazo.

2.8 Bosim o`lchash asboblari

Bosim o`lchash asboblari ikki guruhga ajratiladi. Ular suyuqlik va mexanik asboblardir.

1. Suyuqlik asboblari:

a) *pezometrlar* - idishdagi bosim unga ulangan shisha naychada tekshirilayotgan suyuqlikning ko`tarilishiga qarab aniqlanadi (2.7 - rasm). Idishdagi bosimning katta yoki kichikligiga qarab pezometr (shisha naycha) da suvning sathi $h_n$ balandlikka ko`tariladi. Tekshirilayotgan A nuqtadagi bosim p_a idishdagi erkin sathdagi bosim bilan undagi suv ustunining bosimi yig`indisiga teng. Pezometr orqali aniqlanganda u gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida quyidagicha aniqlanadi:

$$p_A = p_a + \gamma(h + h_0). \tag{2.12}$$

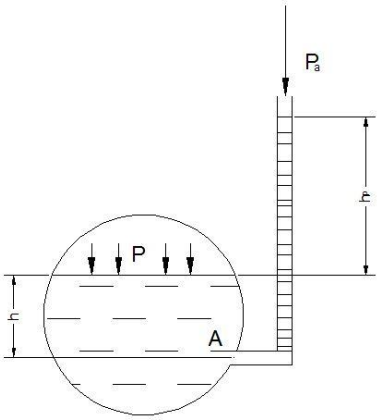
U holda pezometrda suyuqlik erkin sathining balandligi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

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

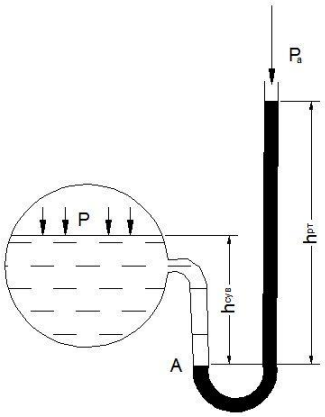
Bunday asboblar 0,5 atm dan yuqori bo`lmagan kichik chegirma bosimlarni o`lchashda ishlatiladi. Haqiqatda ham 1 atm ga teng bo`lgan bosim 10 m suv ustunning balandligiga teng bo`lgani uchun yuqori bosimlarni o`lchashda juda uzun shisha naychalar ishlatishga to`g`ri kelgan bo`lar edi.

b) Suyuqlik U-simon manometrlari - bosim tekshirilayotgan suyuqlik bilan emas, simob ustuni yordamida o`lchanadi (2.8 - rasm). Bu holda simobli shisha naycha idishga U-simon naycha orqali ulanadi. Bunda simobning bosimi o`lchanayotgan idishga oqib o`tishiga U - simon naychadagi qarshilik to`sqinlik qiladi. U holda A nuqtadagi bosim idish tomondagi qiymatlar orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p_A = p + \gamma h_1$$



2.7 - rasm. Pezometr.



2.8 - rasm. U - simon manometr.

Simobli naychadagi qiymatlari orqali esa

$$p_A = p_a + \gamma_{sm.} h_{sm}$$

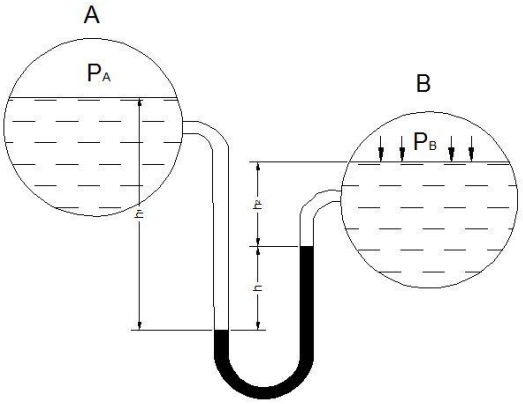
Bu ikki tenglikdan *p* ni topamiz:

$$p = p_a + \gamma_{sm} h_{sm} - \gamma h_1 \qquad (2.13)$$

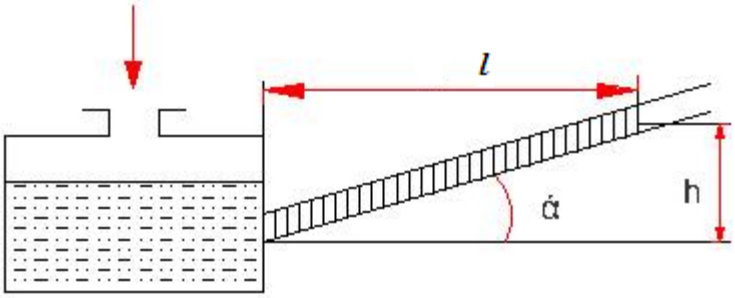
Bunday manometrlar ham bir necha atmosferadan ortiq bosimni o`lchashga yaramaydi.

v) *Differentsial manometrlar* - ikki idishdagi bosimlar farqini o`lchash uchun ishlatiladi (2.9 - rasm). Bosimlarni $p_A$ va $p_B$ ga teng bo`lgan ikki idish simobli U - simon naycha orqali tutashtirilgan. Bu holda C nuqtadagi bosim birinchi idishdan bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$p_c = p_a + \gamma_1 h_1$$



2.9 - rasm. Differentsial manometr.



2.10 - rasm. Mikromanometr

Ikkinchi idishdagi bosim orqali esa

$$p_c = p_v + \gamma_1 h_2 + \gamma_{sm} h.$$

U holda idishlardagi bosimlar farqi

$$p_a - p_v = \gamma_1 (h_2 - h_1) + \gamma_{sm} h. \qquad (2.14)$$

Ikki idishdagi suyuqliklar sathi teng bo`lganda esa $h_2 - h_1 = h$ va

$$p_a - p_v = (\gamma_{sm} - \gamma_1) h$$

g) Mikromanometrlar - juda kichik bosimlarni o`lchash uchun ishlatiladi va suyuqlik sathining o‘zgarishi sezilarli bo`lishi uchun suyuqlik to`ldirilgan idishga shisha naycha qiya burchak ostida ulanadi (2.10 - rasm). U holda idishdagi chegirma bosim quyidagicha aniqlanadi: $p = \gamma h$ bo`lgani uchun

$$p = \gamma l \sin\alpha \qquad (2.16)$$

shisha naychaning qiyalik burchagi α qancha kichik bo`lsa, bosim shuncha aniq o`lchanadi. Ko`p hollarda manometr shisha naychasining qiyalik burchagini o`zgaruvchan qilib ishlanadi. Bu holda mikromanometrlarning qo`llanish chegarasi kengayadi.

d) Vakuummetrlar. Tuzilishi xuddi suyuqlik U-simon manometrlariga o`xshash bo`lib, idishdagi siyraklanish darajasini aniqlaydi (2.11-rasm). Gidrostatik bosim tenglamasiga asosan

$$p + \gamma_{sm} h_{sm} = p_a$$

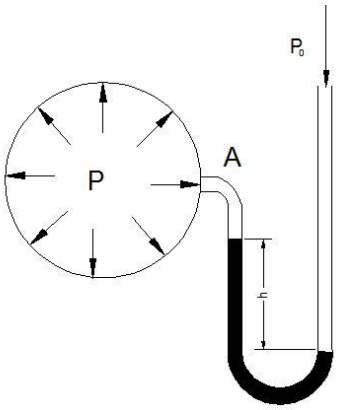
u holda

$$p = p_a - \gamma_{sm} h_{sm}; \qquad (2.17)$$

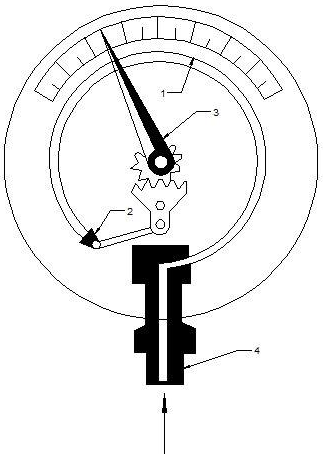
simob ustunining pasayishi idishdagi bosim va p_a orqali quyidagicha ifodalanadi:

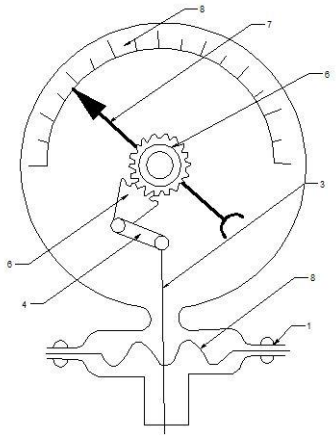
$$h_{sm} = \frac{p_a - p}{\gamma_{sm}}$$

2. Mexanik asboblar (katta bosimlarni o`lchash uchun ishlatiladi va buning uchun turli mexanik sistemalardan foydalaniladi):



2.11 - rasm. Vakuummetr





2.12 - rasm. Prujinali manometr. **2.13 - rasm. Membranali manometr.**

a) *Prujinali manometr* (2.12 - rasm) ishi bo`sh yupqa egik latun 1 naychadan iborat bo`lib, uning bir uchi kavsharlangan. Shu uchi zanjir 2 bilan tishli uzatma 3 ga ilashtirilgan bo`ladi.

Ikkinchi uchi esa bosimi o`lchanishi zarur bo`lgan idishga bo`yin 4 orqali tutashtiriladi. Egik latun naycha havo bosimi ta'sirida to`g`rilanishga harakat qilib, tishli uzatma yordamida strelkaning burilishiga sabab bo`ladi. Bunday manometrlarda bosimni ko`rsatuvchi shkala bor.

b) *Membranali manometr* (2.13 - rasm) - yupqa metall plastinka yoki rezina shimdirilgan materialdan tayyorlangan plastinkaga ega bo`lib, u membrana deyiladi. Suyuqlik bosimi idish bilan tutashtiruvchi bo`yincha orqali o`tib, membranani egadi. Bu egilish natijasida richaglar sistemasi orqali strelka harakatga keladi va shkala bo`yicha surilib, bosimni ko`rsatadi.

2.9 Paskal qonuni

Suyuqlik solingan va og`zi porshen bilan yopilgan biror idish olamiz. Suyuqlik erkin sirtidagi bosim $p_0$ bo`lsin. U holda ixtiyoriy A nuqtadagi absolyut bosim quyidagiga teng bo`ladi:

$$p_A = p_0 + \gamma h_A$$

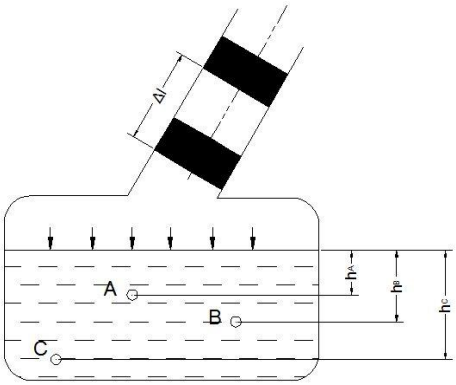
B va C nuqtalarda esa

$$p_B = p_0 + \gamma H_B$$

$$p_C = p_0 + \gamma H_C$$

Agar porshenni Δl masofaga (2.14 - rasm) siljitsak, u holda suyuqlik erkin sirtidagi bosim Δp ga o`zgaradi. Suyuqlikning solishtirma og`irligi bosim o`zgarishi bilan deyarli o‘zgarmaydi. Shuning uchun A, B va C nuqtalardagi bosim quyidagicha bo`ladi:

$$\left.\begin{aligned} p'_A &= p_0 + \Delta p + \gamma h_A \\ p'_B &= p_0 + \Delta p + \gamma h_B \\ p'_C &= p_0 + \Delta p + \gamma h_C \end{aligned}\right\}$$



2.14 - rasm. **Paskal qonunini tushuntirishga doir chizma.**

Bu holda bosimning o`zgarishi hamma nuqtalar uchun bir xil bo`ladi, ya'ni

$$\left.\begin{aligned} p'_A - p_A &= \Delta p \\ p'_B - p_B &= \Delta p \\ p'_C - p_C &= \Delta p \end{aligned}\right\}$$

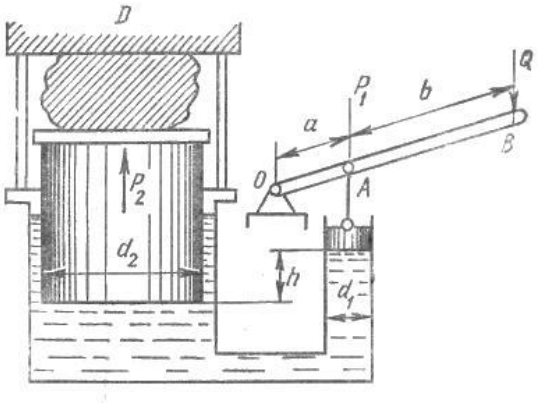
Bundan quyidagicha xulosa kelib chiqadi: *yopiq idishdagi suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil miqdorda (o`zgarishsiz) tarqaladi*. Bu Paskal qonuni sifatida ma'lum. Ko`pgina gidromashinalarning tuzilishi ana shu qonunga asoslangan (masalan, gidropress, domkratlar, gidroakkumulyatorlar, hajmiy gidroyuritma va hokazo).

2.10 Gidrostatik mashinalar

Gidrostatikaning asosiy qonunlari asosida ishlaydigan mashinalar gidrostatik mashinalar deb ataladi. Ularga gidropresslar, gidroakkumulyatorlar,

domkratlar (gidroko`targichlar) va boshqalar kiradi. Quyida ularning ishlash printsiplari haqida qisqacha ma'lumot beramiz.

a) Gidropresslardan (2.15 - rasm) gidrostatik qonunlar asosida katta kuchlar hosil qilish uchun foydalaniladi. Bu narsa presslash, shtamplash, toblash, materiallarni sinash va boshqa ishlar uchun kerak. Ular ikki xil diametrli o`zaro tutashtirilgan ikki silindrdan iborat bo`lib, birinchi silindrda diametri d_1, katta silindrda esa diametri d_2 ga teng bo`lgan ikki porshen harakatlanadi. Kichik porshenga OAB richag orqali kuch qo`yiladi. Katta porshen bilan D devor o`rtasiga presslanuvchi buyum qo`yiladi. Richag qo`l bilan yoki dvigatel yordamida harakatga keltiriladi. Kichik porshen kuch ta'sirida pastga qarab siljiydi va suyuqlikka bosim beradi. Bu bosim katta silindrga ham tarqaladi va natijada katta porshen harakatga keladi. Bunday harakat katta porshen ustidagi buyum devor D ga taqalguncha davom etadi. Porshenning bundan so`nggi ko`tarilishi natijasida buyum siqila boradi va u presslanadi.



2.15 - rasm. **Gidropressning sxemasi.**

Aytilgan usuldan faqat jismlarni ko`tarishda foydalanilsa, u holda konstruktiv sxemada D devor bo`lmaydi. Bu holda bizning mashina gidrostatik ko`targichga aylanadi. Endi, gidropresslarda kuchlarning munosabatini topamiz. OAB richagining B uchiga Q kuch qo`yilgan bo`lsin. U holda kuch momenti uchun quyidagi tenglamani olamiz:

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

Bu tenglamadan kichik porshenga ta'sir qiluvchi kuchni topamiz:

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

u holda kichik porshen ostidagi suyuqlik bosimi

$$p = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{a+b}{a} \frac{4Q}{\pi d_1^2}$$

ga teng bo`ladi. Katta porshen ostidagi bosim esa

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

bu yerda: h porshenlarning ostki sirtlari orasidagi geometrik masofa.

Natijada katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch quyidagicha topiladi:

$$P_2 = (p + \gamma h)\omega_2 = \left(\frac{a+b}{b} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h \right) \frac{\pi d_2^2}{4}. \quad (2.21)$$

Ko`pgina hollarda gidropresslarda gidrostatik bosim juda katta bo`lgani uchun γh ni tashlab yuborsa ham bo`ladi, ya'ni:

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

Biz keltirgan sxema soddalashtirilgan bo`lib, gidropresslarda juda ko`p yordamchi qismlar bo`ladi. Amalda gidropresslarda suyuqlikni porshen va silindrlar orasidan sizib o`tishi, tutashtiruvchi quvurlardagi qarshilik kuchi hisobiga katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch yuqorida keltirilgan nazariy hisobdan farq qiladi va quyidagi formula bo`yicha hisoblanadi:

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

bu yerda: η yuqorida aytilgan xatoliklarni o`z ichiga oluvchi koeffitsiyent bo`lib, uni foydali ish koeffitsiyenti deb ataladi. Amalda bu koeffitsiyent qiymati 0,75 bilan 0,85 o`rtasida bo`ladi. Keltirilgan hisobdan ko`rinib turibdiki, silindrlarning diametrlari va richagning yelkasini tanlab olish yo`li bilan presslovchi kuchni istagancha katta qilish mumkin. Amalda esa juda katta kuchlar paydo bo`lganda silindrlar devori deformatsiyalanishi va hatto buzilishi mumkin. Bu esa qo`shimcha qiyinchiliklar tug`diradi. Hozirgi vaqtda mavjud gidropresslarda 500 t gacha kuch hosil qilish mumkin, ayrim hollarda esa (mustahkam materiallarni presslashda) kuch 4000-8000 t ga ham yetadi.

b) Gidroakkumulyatorlar. Gidravlik sistemalarda bosim va suyuqlik sarfining ortib ketish yoki kamayish hollari bo`ladi. Bosim va sarfning normallashtirilishi uchun mana shu hollarda gidroakkumulyatorlardan foydalaniladi. Ular suyuqlik sarfi yoki bosim ortib ketganda yuqori bosimli suyuqlikning bir qismini o`z ichiga olib, sistemada bosim va sarfni kamaytirilsa, teskari holda o`zidagi suyuqlikni sistemaga berish yo`li bilan bosimni va sarfni oshiradi. Gidroakkumulyatorlar gidrotormozlarda, ko`targichlar, presslar, shig`irlar va boshqa gidromashinalarda qo`llaniladi.

Potentsial energiyaning qaysi usul bilan to`planishi va qaytarib berilishiga qarab pnevmatik, prujinali va yukli gidroakkumulyatorlarga bo`linadi. Yukli gidroakkumulyatorlar silindr, uning ichida harakatlanuvchi va yuk ortilgan yelka (obkash) li plunjerdan iborat bo`lib, silindrga gidrosistemaning suyuqlik harakat qiluvchi qismlari quvur orqali tutashtirilgan bo`ladi. Sistemada bosim ortib ketsa, suyuqlik silindrga o`tib yukli plunjerni ko`taradi, bosim kamayganda esa plunjer pastga tushib suyuqlik silindrdan sistemaga qarab oqadi. Natijada bosimning o`zgarishi tekislanadi.

2.16 - rasmda pnevmatik gidroakkumulyator tasvirlangan. U korpus 1, diafragma 2 dan tuzilgan bo`lib, shtutser 4 orqali gidrosistemaga ulangan bo`ladi. Shtutser 5 gidroakkumulyatorni gaz bilan to`ldirish uchun xizmat qiladi. Shayba 3 esa gazning rezina diafragmani korpusga bosib (akkumulyatorda bosim kamayganda) ezib qo`yishidan saqlaydi.

Diafragmani harakatga keltiruvchi kuch:

$$F_1 = (p_1 - p_2)\omega. \quad (2.24)$$

Suyuqlikda ishqalanish kuchi F_2 mavjud. U holda diafragmaga ta'sir etuvchi kuch orqali haqiqiy bosim quyidagicha aniqlanadi:

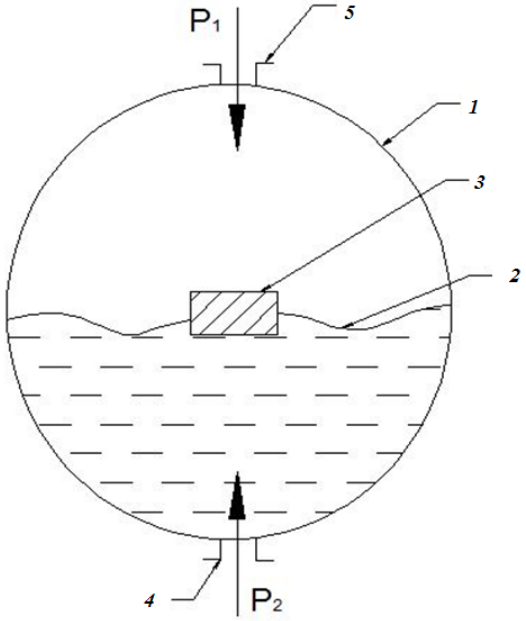
$$p = \frac{(p_1 - p_2)\omega + F_2}{\omega}. \quad (2.25)$$

Bu holda haqiqiy bajarilgan ish

$$A_x = \eta A = \eta \int pshdh \quad (2.26)$$

bu yerda: η – gidroakkumulyatorning foydali ish koeffitsiyenti.

Gidrosistemadan gidropressga suyuqlik oqib o`tganida yuz beradigan qarshilikni hisobga olish mumkin edi. Bu gidroakkumulyatorga suyuqlik o`tishi tamomlanmagan taqdirdagina kerak. Boshqa hamma hollarda yuqoridagi formula gidroakkumulyatorlarni hisoblash uchun o`rinli bo`ladi.



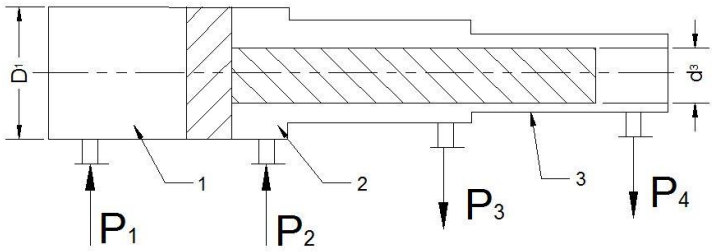
2.16 - rasm. **Pnevmatik gidroakkumulyatorning sxemasi.**

v) Gidromultiplikatorlar gidrosistemadagi bosimni, uning biror qismida oshirib berish uchun foydalaniladi. Bu vazifa ko`p hollarda xususan gidroakkumulyatorlar yetarli bosimni ta'minlab berolmaganda muhim ahamiyatga ega. 2.17 - rasmda gidromultiplikatorning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan. U differentsial silindrda harakatlanuvchi differentsial porshendan tashkil topgan. Bo`shliq 1 gidrosistemaga ulangan, bo`shliq 2 ortiqcha suyuqlikning oqib ketishi uchun, bo`shliq 3 esa suyuqlikning - gidrosistemaning ish bajaruvchi organiga bog`langan. Bo`shliq 2 dagi chegirma bosimni hisobga olmaganimizda uchinchi bo`shliqdagi bosim quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

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

bu yerda: η_g – gidravlik qarshiliklarini hisobga oluvchi koeffitsiyent; η_{mex} – mexanik qarshiliklarni hisobga oluvchi koeffitsiyent.

Gidromultiplikatorlarning sarfi suyuqlik sarfining miqdoriga qarab hisobga olinadi va ular suyuqlik sarfining kichik qiymatlari uchun ishlatiladi. Suyuqlik sarfi katta o`zgarishlarga to`g`ri kelganda bunga qaraganda boshqacharoq sxemalar ishlatiladi.



2.17 - rasm. Gidromultiplikatorning chizmasi.

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma:

2 - masala. Sisterna suyuqlik bilan to'ldirilgan. Agar sistema $x=3t^2+2t$ tenglama bilan harakatlanayotgan bo'lsa, t=20 sekunddan keyin oqim sathining gorizont bilan tashkil etgan burchakni aniqlang.

Yechish:

1. Sathining gorizont bilan tashkil etgan burchakni quyidagi formula bilan aniqlanadi:

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

2. Sistemaning tezlanishini aniqlaymiz. Buning uchun yo'ldan xarakat tenglamasidan ikkinchi tartibli hosila olish kerak.

$$a = (\chi)'' = (3t^2 + 2t)'' = 6\frac{m}{s^2}$$

Yuqoridagi formulaga olib borsak, burchak quyidagiga teng bo'ladi:

$$a = arctg\frac{a}{g} = \text{arctg}\frac{6}{9,81} \approx 31^0$$

3 - masala. Diametri D=2,0 m ga teng bo'lgan silindrsimon bakka H=1,5 m gacha suv va benzin quyilgan. Pezometrdagi suv sathi benzin sathidan *h*=300 mm past. Bakdagi benzin og'irligini aniqlang, benzin zichligi $\rho_б$=700 kg/m^3

Yechimi:

1. Gidrostatikaning asosiy tenglamasiga asosan *A* nuqtadagi bosim

$$P_A = P_a + \rho_б g h_1 + \rho g h_2$$

$$P_A = P_a + \rho g(H - h)$$

Tenglamaning o'ng tomonlarini tenglashtirib, *h* ni aniqlaymiz:

$$\rho_б g h_1 + \rho g h_2 = \rho g(H - h)$$

Ma'lumki,

$$h_1 + h_2 = H;\ h_2 = H - h_1$$

u holda

$$h_1(\rho_b g - \rho g) = \rho g h$$

$$h_1 = \frac{\rho g h}{\rho g - \rho_б g} = \frac{\rho h}{\rho - \rho_б} = \frac{1000kg/m^3 \cdot 0,3m}{300kg/m^3} = 1,0\,\text{m}$$

2. Bakdagi benzin og‘irligi:

$$G = \rho_б g W = \rho_б g \frac{\pi d^2}{4} \cdot h_1 = 22kH$$

4 - masala. Agar simobli asbobning ko‘rsatishi *h*=363 mm, balandligi *h*=1,0m bo‘lsa idishdagi havoning absolyut bosimini aniqlash kerak. Simobning zichligi ρ_s=13600 kg/m^3. Atmosfera bosimi 736 mm simob ustuniga teng

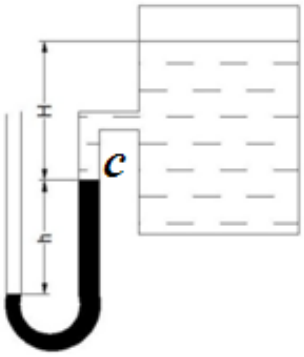
Yechimi:

1. (1.2) formuladan C nuqtadagi bosim

$$P_c = P_a - \rho_c g h$$

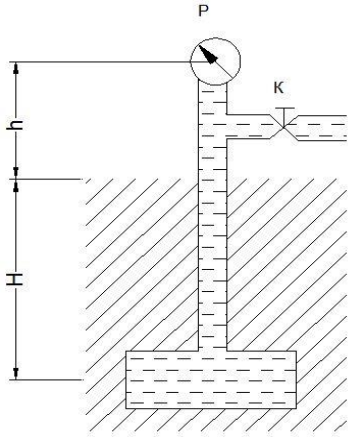
2. Suyuqlik sathidagi bosim

$$P_0 = P_c - \rho g H = P_a - \rho g h - \rho g H = 39952kH/m^2 \approx 40kPa$$



2.18 - rasm

5-masala. Agar *h*=1,7 m balandlikda qo‘yilgan vakuummetrning ko‘rsatgichi P_v=0,12 mPa bo‘lib, atmosfera bosimi h_a=740 mm simob ustuniga va benzin zichligi ρ_b=700 kg/m^3 ‘bo lsa, *H*=5 m chuqurlikka o‘rnatilgan rezervuardagi absolyut bosimni aniqlang.



2.19 - rasm.

Yechimi:

1. Ma’lumki, vakuummetr vakuummetrik bosimni o‘lchaydi, u holda absolyut bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$P_A = P_a - P_\upsilon$$

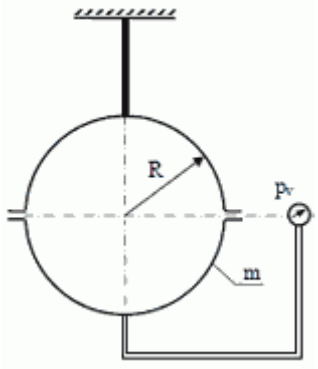
$$P_A = P_a - P_\upsilon = 0,8at = 0,08MPa$$

2. *C* nuqtadagi absolyut bosimni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$P_C = P_A + \rho g(H + h) = 1,26at.$$

Mustaqil yechishga doir masalalar:

1**.** Suv bilan to‘ldirilgan, radiusi *R =0.4 m* bo‘lgan shar shiftga osib qo‘yilgan. Yarim sharning massasi *m =150 kg* bo‘lsa sharning markazidagi vakummetrik bosimni aniqlang?



Berilgan:

R = 0,4 m

G = 1,5 kN

γ = 10 kN/m^3

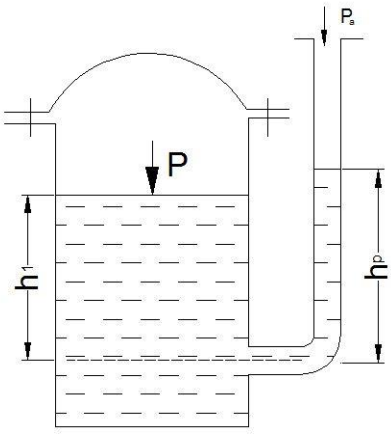
p_v = ?

2.20 - rasm.

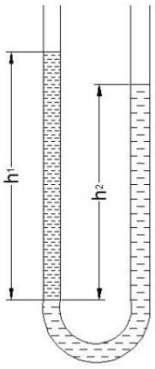
2. Idish tubidagi to‘la gidrostatik bosimni toping. Idishning usti ochiq bo‘lib, uning erkin sirtidagi bosim atmosfera bosimiga teng.

Aniqlangan gidrostatik bosimni har xil birliklarida ifodalang (1 - jadvaldan foydalanib).

3. Yopiq idishga o‘rnatilgan pezometrdagi suyuqlik sathini h_p toping. Suv sathidagi absolyut bosim: p = 1,06 at; h_1 = 60 sm; p_a = 760 mm simob ustuniga teng. (2.21 - rasm).



2.21 - rasm.



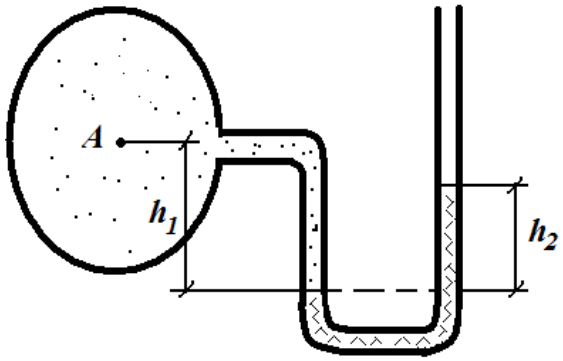
2.22 - rasm.

4. Idishdagi suv sathidagi bosimni aniqlang. Pezometrdagi suyuqlik balandligi h_p = 70 sm, h_1 = 40 sm, P_a = 100 kPa (2.21 - rasm).

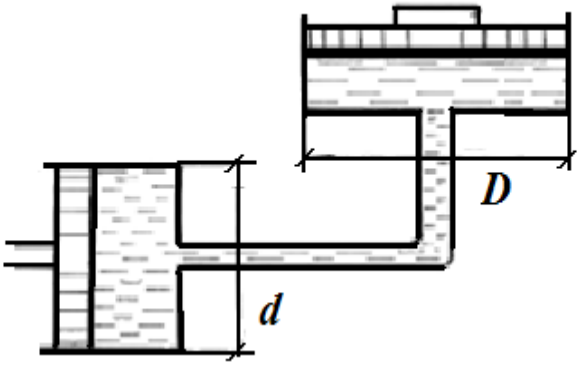
5. U – shakldagi idishga benzin va suv quyilgan. Agar h_1 = 70 sm; h_2 = 50 sm bo‘lsa, benzin zichligini aniqlang (2.22 - rasm).

6. A quvurdagi suvning manometrik bosimini toping. Pezometrdagi simob ustuni balandligi h_2 = 25 sm va h_1 = 40 sm. (2.23 - rasm).

7. Agar katta porshenga qo‘yilgan kuch F_2 = 50 kN, kichik porshenga qo‘yilgan kuch F_1 = 20 kN bo‘lsa, tizim muvozanatda bo‘lishi uchun h ni aniqlang. Naylar suv bilan to‘ldirilgan (2.24 - rasm).



2.23 - rasm



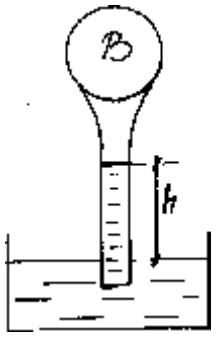
2.24 - rasm

8. Balondagi -V vakuum va absolyut bosimni toping. Vakuummetrning ko‘rsatishi h = 0,7m suv ustuniga teng (2.25 - rasm).

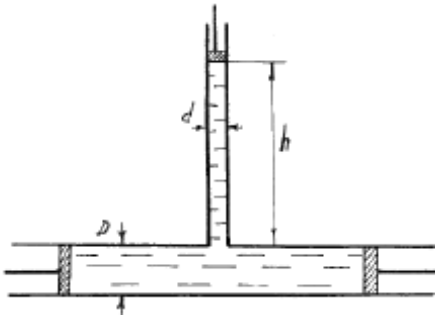
9. V-idishdagi vakuummetrik bosim P_B = 0,5 at; suyuqlikning zichligini aniqlang, agar h = 0,7 m; P_a = 760 mm simob ustuniga teng bo‘lsa (2.25 - rasm).

10. Rasmda ko‘rsatilganidek D = 500 mm li quvur d = 100 mm li quvurga ulangan. Suv ustunining balandligi h = 80 sm. Quvurlarga porshen o‘rnatilgan. Tizim muvozanatda bo‘lishi uchun S porshenga F_1 = 9,81 N kuch qo‘yilgan bo‘lsa, A va B porshenlarga qanday F_2 kuch qo‘yilishi kerak. Porshen va quvur orasidagi ishqalanish hisobga olinmasin (2.26 - rasm).

11. Agar porshenlarga qo‘yilgan kuchlar F_2 = 60 kN; F_1 = 20 kN bo‘lsa, h ni miqdorini aniqlang (2.26 - rasm).



2.25 - rasm



2.26 - rasm

2.11 Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim kuchi

a) ***Gidrostatik g`ayritabiiylik (paradoks).*** Biror idishdagi suyuqlikning chuqurligi *h* bo`lsin, u holda ixtiyoriy nuqtadagi bosim uning suyuqlik ichida qancha chuqurlikda bo`lganiga bog`liq bo`ladi. A, B, C nuqtalardagi bosimlar quyidagilarga teng:

$$p_A = \gamma h_A;\ \ p_B = \gamma h_B;\ \ p_C = \gamma h_C.$$

Suyuqlik tubidagi bosim kuchi esa

$$P = \gamma h \omega$$

ga teng. Demak, suyuqlik tubidagi bosim kuchi suyuqlikning og`irligiga teng bo`lar ekan.

2-24 - rasmda har xil shakldagi idishlar tasvirlangan va barcha idishlardagi suyuqlikning chuqurligi *h* ga, idish tubining sirti esa ω ga teng.

Bu holda idish tubiga bo`lgan bosim kuchi idishlarda

$$P_a = \gamma h \omega;\ P_b = \gamma h \omega;\ \ P_c = \gamma h \omega;\ P_e = \gamma h \omega \qquad (2.28)$$

ya'ni, barcha idishlarda suyuqlik tubiga bo`lgan bosim kuchi idishning shakli va bosim hosil qilgan suyuqlikning miqdoridan qat'i nazar quyidagiga teng bo`ladi:

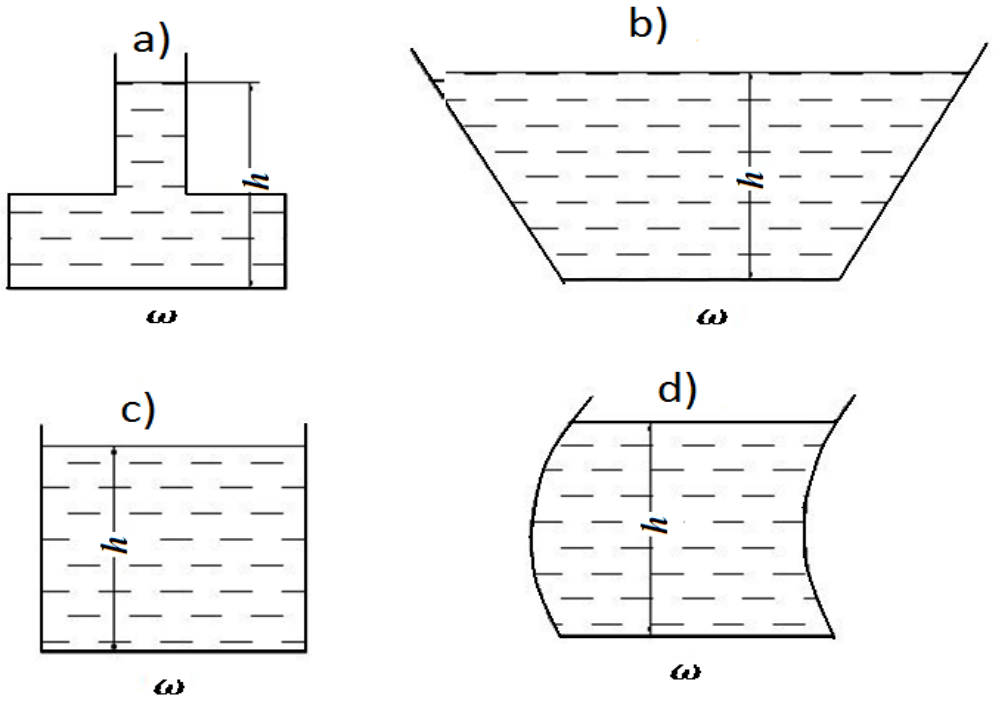
$$P = \gamma h \omega$$

Qanday qilib hajmi va og`irligi har xil suyuqliklarning idish tubidagi bosimi bir xil? Bu yerda fizikaning biror qonuni noto`g`ri talqin qilinayotgani yo`qmikan?

Gidravlika qonunlari bo`yicha suyuqlikdagi bosim uning shakliga bog`liq bo`lmay, uning chuqurligiga bog`liq.

Bu hodisa gidrostatik g`ayritabiiylik deb ataladi. Bu savolga javob olish uchun Paskal qonunini chuqurroq talqin qilish kerak. Masalan, 2.24, b va 2.24, c-rasmlarni tekshirsak, birinchi holda idishning yuqoridagi devorlarida bosim yuqoriga yo`nalgan bo`lib, reaktsiya kuchlari pastga yo`nalgan, 2.24, c da esa aksincha.

Ana shu hodisalar gidrostatik g`ayritabiiylikning mohiyatini ochib beradi.



2.24 - rasm. Gidrostatik paradoksga doir chizma.

b) Suyuqlikning tekis sirtga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi.

Ihtiyoriy qiya tekislikka bo`lgan bosim kuchini aniqlash kerak bo`ladi. Xususiy holda shitlarga ta'sir qiluvchi kuchlarni aniqlash xuddi shunday masalaga olib keladi. Shitlardagi gidrostatik bosim kuchini hisoblash uchun quyidagi masalani ko`ramiz. Suyuqlik bilan to`ldirilgan idish olaylik. Uning gorizont bilan α burchak tashkil etgan qiya sirtida ω yuzaga tushadigan bosim kuchini aniqlaymiz. *Oy* o`qini qiya sirt yo`nalishi bo`yicha, *Ox* o`qini esa unga tik yo`nalishda deb qabul qilamiz (2.25 - rasm). Bu holda ω sirtdagi kichik $d\omega$ sirtga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$dP = d\omega(\gamma h + p_0). \tag{2.29}$$

bu yerda γh - suyuqlik ustunining bosimi; p_0 - erkin sirtdagi bosim. U holda ω *yuza*ga ta'sir qilayotgan to`la bosim quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$P_\omega = \int\limits_{(\omega)} \gamma h d\omega + \int\limits_{(\omega)} p_0 d\omega = \gamma \int\limits_{(\omega)} h d\omega + p_0 \int\limits_{(\omega)} d\omega,$$

agar

$$h = y \sin\alpha$$

ekanligini hisobga olsak:

$$P_\omega = \gamma \sin\alpha \int\limits_{(\omega)} y d\omega + p_0 \int\limits_{(\omega)} d\omega, \tag{2.30}$$

bu yerda: $\int\limits_{(\omega)} y d\omega$ – sirtning *Ox* o`qiga nisbatan statik momenti.

Statik moment haqidagi tushunchaga asosan

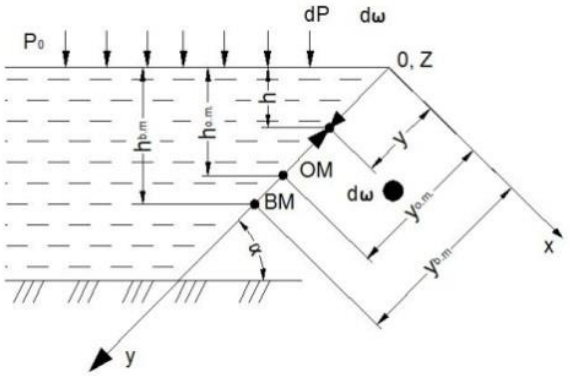
$$\int\limits_{(\omega)} y d\omega = \omega y_{O.M} \quad ,$$

bu yerda: y – og`irlik markazining koordinatasi. Rasmdan ko`rinib turibdiki,

$$y_{O.M} \sin\alpha = h_{O.M.},$$

demak,

$$P_\omega = \omega(\gamma h_{O.M.} + p_0). \tag{2.31}$$



2.25 - rasm. Qiya sirtga tushadigan bosimni hisoblashga doir chizma.

Agar to`liq bosim kuchini atmosfera bosimi va chegirma bosimdan iborat desak

$$P_\omega = P_ч + P_a$$

bo`ladi, bu yerda chegirma bosim kuchi quyidagiga teng:

$$P_ч = \gamma h_{oм}\omega \tag{2.32}$$

Demak, qiya yuzaga tushadigan bosim kuchi shu yuza sirti bilan uning og`irlik markaziga ta'sir qiluvchi bosimning ko`paytmasiga teng bo`lib, gidrostatik bosim kuchi

$$P_a = p_0\omega$$

va chegirma bosim kuchi

$$P_ч = \gamma h_{oм}\omega$$

yig`indisiga teng bo`ladi. Birinchi kuch yuzaning og`irlik markaziga qo`yilgan bo`lib, ikkinchi kuch undan pastroqqa qo`yilgan bo`ladi.

s) Bosim markazini topish

Chegirma bosim teng ta'sir etuvchisining qo`yilish nuqtasi bosim markazi deb ataladi. Bu nuqtani topish shitlarning o`lchamlarini aniqlash uchun kerak bo`ladi. Shuning uchun bosim markazi koordinatasini topish shitlarni hisoblashda juda zarur. 2.25 - rasmdan bosim markazining koordinatasi $y_{b.м}$ ga teng deb hisoblab, ω sirtga ta'sir qilayotgan momentni aniqlaymiz:

$$P\cdot y_c = \int\limits_{(\omega)} dPy = \int\limits_{(\omega)} \gamma h d\omega y \tag{2.33}$$

Rasmdan

$$h_{o.м.} = y_{o.м.}\sin\alpha,\ \ h = y\sin\alpha$$

ekanligi ko`rinib turibdi. U holda (2.33) munosabatdan quyidagi kelib chiqadi:

$$\omega\cdot y_{o.m.}y_{б.м.} = \int\limits_{(\omega)} y^2 d\omega = I_x \tag{2.34}$$

bu yerda: $I_x = \int\limits_{(\omega)} y^2 d\omega$ – ko`rilayotgan sirtning $Ox$ o`qqa nisbatan inertsiya momenti.

U holda (2.34) dan bosim markazini topamiz:

$$y_{б.м.} = \frac{I_x}{\omega \cdot y_{o.м.}}. \qquad (2.35)$$

Inertsiya momentini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I_x = I_{o.м.} + \omega \cdot y_{o.м.}^2, \qquad (2.36)$$

bu yerda: $I_{o.м.}$ – ko`rilayotgan yuzaning uning og`irlik markazidan o`tuvchi o`qqa nisbatan inertsiya momenti.

U holda (2.36) ni (2.35) ga qo`yib, bosim markazini quyidagicha topamiz:

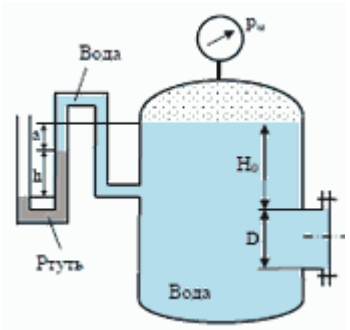
$$y_{б.м.} = y_{oм} + \frac{I_{o.м.}}{\omega \cdot y_{oм}} \qquad (2.37)$$

Bu tenglamadan ko`rinadiki, bosim markazi ko`rilayotgan qiya sirt og`irlik markazidan $\frac{I_{o.м.}}{\omega \cdot y_{o.м.}}$ miqdorda pastda joylashgan bo`lib, sirt gorizontal bo`lgan xususiy holdagina bu farq *0* ga teng, (ya'ni, og`irlik markazi bilan bosim markazi ustma-ust tushadi).

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma:

1 – Masala. Rezervuar qopqog'iga ta'sir etayotgan *GBK* ni va bosim markazini quyidagi holatlarda aniqlang.

1. Diametri *D= 1m.* Manometr ko'rsatgichi P_m *=0.08 МПа* H_0 *=15m.*



2.26 - rasm

Berilgan

H_0 = *1.5 m*

D = 1 m

P_M *=80 kN/m*^{2}

γ *= 10 kN/m*^{3}

Yechish

Birinchi holat uchun.

1) Qopqoqning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = P_M + \gamma \cdot h_c = P_M + \gamma \cdot (H_0 + \frac{D}{2}) = 80 + 10 \cdot (1.5 + \frac{1}{2}) = 80 + 10 \cdot 2 = \frac{100kN}{m^2}$$

2) Qopqoq yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,785 \cdot 1^2 = 0,785m^2$$

3) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

$$F = P_c \cdot \omega = 100 \cdot 0,785 = 78,5kN$$

2 – Masala. Qopqoq o‘lchamlari a=1,0 m; b=1,2 m; suyuqlik zichligi ρ=700 kg/m^3 va rezervuarga o‘rnatilgan manometrning ko‘rsatishi p_m=0,08 MPa; H_0=1,5 m.

Yeshimi:

1. Tekis shakl og‘irlik markaziga qo‘yilgan bosimni aniqlaymiz:

Formuladan ixtiyoriy nuqtadagi bosim:

$$p_c = p_0 + \rho g h_c$$

bu yerda: p_0 – tashqi bosim, $p_0 = p_m + p_a$

U holda

$$p_c = p_m + p_a + \rho g(H_0 + \frac{a}{2})$$

2. Tekis shakl yuzasini aniqlaymiz:

$$\omega = ba$$

3. Gidrostatik bosim kuchini aniqlaymiz:

$$P = p_c \omega = [p_m + p_a + \rho g(H_0 + \frac{a}{2})]\text{ab}$$

Berilgan qiymatlarni qo‘yib, gidrostatik bosim kuchini hisoblaymiz:

$$P = p_c \omega = [0,08 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2} + 10^5 \frac{N}{m^2} + 700 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}(1,5m + 0,5m)] \cdot 1,2m^2 = 232800N \approx 233kN$$

4. Bosim markazini aniqlaymiz:

$$h_d = h_c + \frac{J_0}{h_c \omega}$$

bu yerda:

$$h_c = H_0 + \frac{a}{2};\ \omega = ab;\ J_0 = \frac{ba^3}{12}$$

u holda, berilgan qiymatlarni qo‘yib h_D ni aniqlaymiz:

$$h_d = (H_0 + \frac{a}{2}) + \frac{ba^3}{(H_0 + \frac{a}{2})12ba} = 2 + \frac{1}{24} = 2,06m;$$

Endi bosim markazini aniqlashni boshqa hollarda ham ko‘ramiz.

3 – Masala. Yuqoridagi masalada idish devori burchak ostida joylashgan bo‘lsa z_d ni aniqlaymiz:

bu yerda: H_0 = 1,5

a = 1,4 m

b = 1,2 m

α= 60° bo‘lib, bosim markazini aniqlash kerak bo‘lsin:

$$z_d = z_c + \frac{J_0}{z_c \omega}$$

u holda

$$h_d = z_d \sin\alpha = 2{,}17m$$

Bunday hollarda bosim markazini aniqlashning bir qulay usuli bor (Mazkur usul mualliflar tomonidan taklif qilingan). Burchak ostida joylashgan tekis shakl vertikal tekislikka proyektsiyalanib, bosim markazi (2.37) formula bilan hisoblanadi:

$$h_d^x = h_c^x + \frac{J_0^1}{h_c^x \omega^1}$$

bu yerda: J_0^1 – tekis shakl proyektsiyasining inertsiya momenti;

ω^1 – tekis shaklning vertikal tekislikka proyektsiyasi.

U holda,

$$h_D = 2{,}17 \text{ m}$$

4 – Masala. O‘lchamlari *L=2.5; B = 10 m* bo‘lgan darvoza (zatvor) chuqurligi *H = 2.3m* bo‘lgan suvni to‘sib turibdi.

Aniqlansin:

a) Trossdagi kuchlanish (zatvor og’irligi hisobga olinmasin)

b) Sharnirdagi reyaktsiya kuchi R.

Berilgan:

L = 2.5 m

B = 10 m

H = 2.3 m

γ = 10 kN/m³

T = ? R = ?

Yechish:

1) Zatvorning og’irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{H}{2} = 10 \cdot \frac{2{,}3}{2} = 10 \cdot 1{,}15 = 11{,}5 \frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzani aniqlaymiz.

$$\omega = L \cdot B = 2{,}5 \cdot 10 = 25m^2$$

3) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P = p_c \cdot \omega = 11{,}5 \cdot 25 = 287{,}5kN$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz

$$Z_d = Z_c + \frac{J}{Z_c \cdot \omega}$$

$$Z_c = \frac{H}{2} \cdot \frac{L}{H} = \frac{2{,}5}{2} = 1{,}25m$$

$\omega = 2,5m^2$

$$J = \frac{B \cdot L^2}{12} = \frac{10 \cdot 2,5^3}{12} = 13$$

5) Trossdagi kuchlanish T ni aniqlaymiz. $\sum M_0 = 0$

$$T \cdot L - P \cdot (L - Z_d) = 0$$

$$T = \frac{P \cdot (L - Z_d)}{L} = \frac{287,5 \cdot (2,5 - 1,66)}{2,5} = 96,6kN$$

6) Sharnirdagi R reaktsiya kuchini aniqlaymiz.

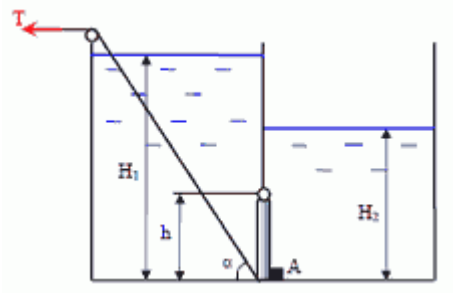
$$\sum M_0 = 0$$

$$R \cdot L - F \cdot Z_d = 0$$

$$R = \frac{P \cdot Z_d}{L} = \frac{287,5 \cdot 1,66}{2,5} = 191kN$$

Javob: *T = 96.6 kN* *R = 191 kN*

5 – Masala. Ikki qismga ajratilgan rezervuar o‘rtasiga bo‘yi *h = 0.4 m,* eni *b = 0.8 m* bo‘lgan shit o‘rnatilgan. Suvnng chuqurliklari $H_1 = 1.6$ *m,* $H_2 = 1.0$ *m,* $\alpha = 60^0$, $\rho = 1000$ *kg/m*^{3}. Shitni ochish uchun kerak bo‘lgan T kuchi va A tayanchdagi reaktsiya kuchini aniqlang.



Berilgan:

$H_1 = 1.6$ *m*

$H_2 = 1$ *m*

$\alpha = 60$

$\gamma = 10$ *kN/m*^{3}

$h = 0.4$ *m*

$b = 0.8$ *m*

$T = ?$ $R_A = ?$

Yechish:

1) Chap tomondan shitning og’irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_{c1} = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot (H_1 - \frac{h}{2}) = 10 \cdot 1,4 = 14\frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_1 = h \cdot b = 0,4 \cdot 0,8 = 0,32m^2$$

3) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_1 = p_{c1} \cdot \omega_1 = 14 \cdot 0,32 = 4,48kN$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_{d1} = h_{c1} + \frac{J_1}{h_{c1} \cdot \omega_1}$$

$$h_{c1} = 1,4m;\ \omega_1 = 0,32m^2.$$

$$J_1 = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,8 \cdot 0,4^3}{12} = 0,0042$$

$$h_{d1} = 1,4 + \frac{0,0042}{1,4 \cdot 0,32} = 1,409m$$

5) O‘ng tomondan shitning og’irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_{c2} = \gamma \cdot h_{c2} = \gamma \cdot (H_2 - \frac{h}{2}) = 10 \cdot (1 - \frac{0,4}{2}) = 10 \cdot 0,8 = 8kN / m^2$$

6) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_2 = h \cdot b = 0,4 \cdot 0,8 = 0,32m^2$$

7) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_2 = p_{c2} \cdot \omega_2 = 8 \cdot 0,32 = 2,56kN$$

8) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_{d2} = h_{c2} + \frac{J}{h_{c2} \cdot \omega_2}$$

$$h_{c2} = 0,8m;\ \omega_2 = 0,32m^2$$

$$\mathrm{J}_2 = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,8 \cdot 0,4^3}{12} = 0,0042$$

$$h_{d2} = 0,8 + \frac{0,0042}{0,8 \cdot 0,32} = 0,816m$$

9) T kuchini aniqlash uchun sharnir turgan nuqtani 0 deb belgilab moment olamiz.

$$T \cdot h \cdot \cos\alpha - P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 - h)] + P_2 \cdot [H_2 - h)] = 0$$

$$T = \frac{P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 - h)] + P_2 \cdot [H_2 - h)]}{h \cdot \cos\alpha} = \frac{14 \cdot [1,409 - (1,6 - 0,4)] - 8 \cdot [0,816 - (1 - 0,4)]}{0,4 \cdot 0,5} =$$

$$= \frac{14 \cdot 0,209 - 8 \cdot 0,216}{0,2} = \frac{2,926 - 1,728}{0,2} = \frac{1,198}{0,2} = 6kN$$

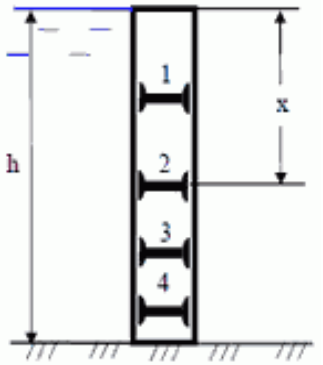
10) A nuqtadagi reaktsiya kuchini aniqlaymiz.

$$\sum M_0 = 0$$

$$R_A \cdot h - P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 h)] + P_2 \cdot [h_{d2} - (H_2 - h)] = 0$$

$$R_A = \frac{P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 h)] - P_2 \cdot [h_{d2} - (H_2 - h)]}{h} = \frac{2,926 - 1,728}{0,4} = \frac{1,198}{0,4} = 4,95kN$$

Javob: *T = 6 kN R_A = 4.95 kN*



6 – Masala. Eni *b = 6 m* bo‘lgan ikki qavat shit orasiga balkalar joylashtirilgan. Suvning chuqurligi va shitning balandligi *h= 4 m.* Zo‘riqish bir xilda taqsimlanishi uchun *x* qanday masofada bo‘lishi kerak?

Berilgan:

h= 4 m

b =6 m

γ =10 kN/m^3

$x = ?$

Yechish:

1) Shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz

$$p_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{h}{10} = 10 \cdot \frac{4}{2} = 20\,\text{kN/m}^2$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = h \cdot b = 4 \cdot 6 = 24\,\text{m}^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P = p_c \cdot \omega = 20 \cdot 24 = 480\,\text{kN}$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_d = h_c + \frac{J}{h_c \cdot \omega}$$

$$h_c = 2m;\ \omega = 24m^2$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{6 \cdot 2^3}{12} = 4$$

$$h_d = 2 + \frac{4}{2 \cdot 24} = 2,083m \rightarrow h_d = X = 2,083m$$

Javob: $X = 2,083m$

7 – Masala. To'g'onning suv chiqish qismida eni $b = 6\ m$ bo'lgan shit o'rnatilgan. Yuqori b'efda suv chuqurligi $h_1 = 23\ m$, pastki b'efda esa $h_2 = 11.5$ m, chiqish qismi balandligi $t = 17.25\ m$. Qiyalik $\alpha = 45^0$. Shit A o'qi atrofida aylanadi. Shitning og'irligi $G = 100\ kH$.

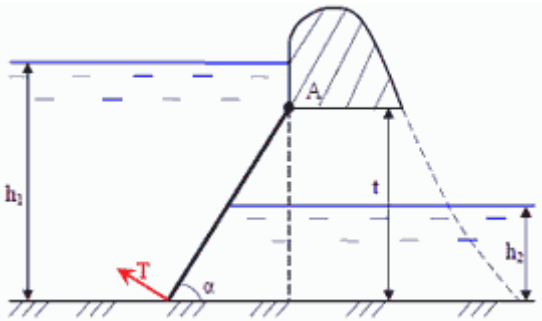
Aniqlanishi kerak.

a) Shitga ta'sir etayotgan GBK P_1 va P_2

b) Umumiy GBK P_{um}

c) Umumiy kuch bosim markazi.

d) Shitni qo'zg'atuvchi T kuchi.



Berilgan

$h_1 = 23\ m$
$h_2 = 11.5m$
$t = 17.25\ m$
$b = 6\ m$
$\alpha = 45^0$
$G = 100\ kN$
$\gamma = 10\ kN/m^3$

Yechish:

1) Yuqori b'efdan shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_{c1} = \gamma \cdot h_{c1} = \gamma[(h_1 - t) + \frac{t}{2}] = 10 \cdot [(23 - 17,25) + \frac{17,25}{2}] = 10 \cdot 14,25 = 142,5kN/m^2$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_1 = \frac{t}{\sin\alpha}\cdot b = \frac{17,5}{0,707}\cdot 6 = 148,5m^2$$

3) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$p_1 = p_{c1}\cdot\omega_1 = 142,5\cdot 148,5 = 21161,25kN$$

4) Pastki b’efdan shitning og’irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_{c2} = \gamma\cdot h_{c2} = \gamma\cdot\frac{h_2}{2} = 10\cdot\frac{11,5}{2}57,5\frac{kN}{m^2}$$

5) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_2 = \frac{h_2}{\sin\alpha}\cdot b = \frac{11,5}{0,707}\cdot 6 = 97,9m^2$$

6) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_2 = p_{c2}\cdot\omega_2 = 57,5\cdot 97,6 = 5612kN$$

7) Shitga ta’sir etayotgan umumiy GBK ni aniqlaymiz.

$$\sum{}_x = P_{um} = P_1 - P_2 = 21161,25 - 5612 = 15549,25kN$$

8) Yuqori b’efdagi bosim markazini aniqlaymiz.

$$Z_{d1} = Z_{c1} + \frac{J}{Z_{c1}\cdot\omega_1}$$

$$Z_{c1} = \frac{h_{c1}}{\sin\alpha} = \frac{14,25}{0,707} = 20,15m$$

$$\omega_1 = 148,5m^2$$

$$J_1 = \frac{b}{12}\cdot(\frac{t}{\sin\alpha})^3 = \frac{6}{12}\cdot(\frac{17,25}{0,707})^3 = 0,5\cdot 14524,7 = 7262,38$$

$$Z_{d1} = 20,15 + \frac{7262,68}{20,15\cdot 148,5} = 22,57m$$

9) Pastki b’efdagi bosim markazini aniqlaymiz.

$$Z_{d2} = Z_{c2} + \frac{J}{Z_{c2}\cdot\omega_2} = 8,13 + \frac{2151,8}{8,13\cdot 97,6} = 10,84m$$

$$Z_{c2} = \frac{h_{c2}}{\sin\alpha} = \frac{5,75}{0,707} = 8,13m$$

$$\omega_2 = 97,6m^2$$

$$J = \frac{b}{12}\cdot(\frac{h_2}{\sin})^3 = \frac{6}{12}\cdot(\frac{11,5}{0,707})^3 = 0,5\cdot 4303,6 = 2151,8m$$

10) Umumiy ta’sir etayotgan GBK ning qo‘yilish nuqtasini aniqlash uchun A nuqtaga nisbatan moment olamiz.

$$\sum M_0 = 0$$

$$P_{um}l = P_1\cdot[Z_{d1} - (\frac{h_1 - t}{\sin\alpha})] - \mathrm{P}_2\cdot[Z_{d2} + (\frac{t - h_2}{\sin\alpha})]$$

$$l = \frac{F_1 \cdot [Z_{d1} - (\frac{h_1 - t}{\sin\alpha})] - F_2 \cdot [Z_{d2} + (\frac{t - h_2}{\sin\alpha})]}{F_{um}}$$

$$= \frac{21161,25 \cdot [22,57 - (\frac{23,5 - 17,25}{0,707}) - 5612 \cdot [10,84 + (\frac{17,25 - 11,5}{0,707})]}{15549,25}$$

$$= \frac{21161,25 \cdot 13,73 - 5612 \cdot 18,97}{15549,25} = \frac{184084,32}{15549,25} 11,83m$$

$l = 11,83m.$

11) Shitni qo‘zg’atuvchi T kuchni aniqlash uchun A nuqtaga nisbatan moment olamiz.

$$\sum M_0 = 0$$

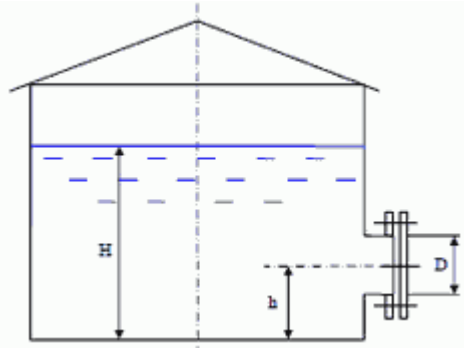
$$T \cdot \frac{t}{\sin\alpha} - P_{um} \cdot l - G \cdot \frac{t}{2 \cdot \sin\alpha} = 0$$

$$T = \frac{P_{um} \cdot l - G \cdot \frac{t}{2 \cdot \sin\alpha}}{\frac{t}{\sin\alpha}} = \frac{15549,25 \cdot 11,83 - 100 \cdot \frac{17,25}{2 \cdot 0,707}}{\frac{17,25}{0,707}}$$

$$= \frac{183947,62 - 1219,94}{24,398} = 7489,4kN$$

Javob: **P_1 = 21161.25 kN** **P_2 = 5612 kN**

8 – Masala. Rezervuarga zichligi $\rho = 860\ kg/m^3$ bo‘lgan kerosin quyilgan. Kerosin chuqurligi H = 8 m rezervuar tubigacha. $h = 0.5\ m$. Qopqoq diametri $D = 0.75\ m$,va u $n = 12$ dona bolt bilan qotirilgan. Ruxsat etilgan kuchlanish $\sigma = 700\ kg/m^2 = 70\ МПа$ boltlar diametrini aniqlang.



Berilgan:
$H = 8\ m$
$h = 0.5\ m$
$\gamma = 8.6\ kN/m^3$
$D = 0.75\ m$
$n = 12$
$\sigma = 700\ kg/sm^2$
$d = ?$

1) Qopqoqning og’irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot (H - h) = 8,6 \cdot (8 - 0,5) = 0,86 \cdot 7,5 = 64,5 \frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = 0,785 \cdot 0,75^2 = 0,44m^2$$

3) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P = p_c \cdot \omega = 64,5 \cdot 0,44 = 28,48kN$$

4) Kuchni boltlarga taqsimlaymiz.

$$Q = \frac{P}{n} = \frac{28,48}{12} = 2,37kN = 237kgk$$

5) Cho‘zilish va siqilish defarmatsiyasiga asosan, ruxsat etilgan kuchdan foydalanib boltlar diametrini aniqlaymiz.

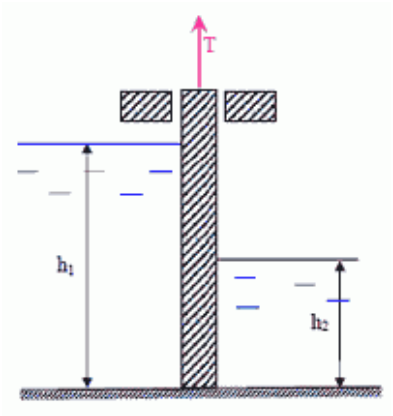
$$G = \frac{Q}{\omega_b} \le [G]$$

$$\omega_b = \frac{Q}{[G]};\ \omega_b = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q}{[G]} \cdot \frac{4}{\pi}} = \sqrt{\frac{237}{700} \cdot \frac{4}{3,14}} = 0,65sm$$

$$d \ge 0,65sm = 6,5mm$$

9 – Masala. Suvni to‘sib turgan zatvorning o‘lchamlari:bo‘yi *a = 4m,* eni *b =2 m* va qalinligi *c = 0.2 b* chap tomonidagi suvning chuqurligi h_1 *=3 m* , o‘ng tomonidagi suvning chuqurligi h_2 *= 1.5 m.* Zatvor metaldan tayyorlangan γ_m *= 75 kN/m*^{3}. Ishqalanish koeffitsiyenti *f = 0.4*. Suvning solishtirma og’irligi og’irligi γ *= 10* kg/m^3 bo‘lsa zatvorni ko‘taruvchi dastlabki kuch T ni aniqlang?



Berilgan:

$a = 4\ m,\ b = 2\ m,\ c = 0.2b$

$h_1 = 3\ m,\ h_1 = 1.5\ ,$

$\gamma_m = 75\ kN/m^3$

$f = 0.4$

$T = ?$

1) Chap tomondan zatvorning og’irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_{c1} = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{h_1}{2} = 10 \cdot \frac{3}{2} = 10 \cdot 1,5 = 1,5 \frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_1 = h_1 \cdot b = 3 \cdot 2 = 6m^2$$

3) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_1 = p_{c1} \cdot \omega_1 = 15 \cdot 6 = 90kN$$

4) O‘ng tomondan shitning og’irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz,

$$P_{c2} = \gamma \cdot h_{c2} = \gamma \cdot \frac{h_2}{2} = 10 \cdot \frac{1,5}{2} = 10 \cdot 0,75 = 75 \frac{kN}{m^2}$$

5) Yuzasini aniqlaymiz.

$\omega_2 = h_2 \cdot b = 1,5 \cdot 2 = 3m^2$

6) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$P_2 = p_{c2} \cdot \omega_2 = 7,5 \cdot 3 = 22,5kN$

7) Zatvorning og’irlik kuchini aniqlaymiz.

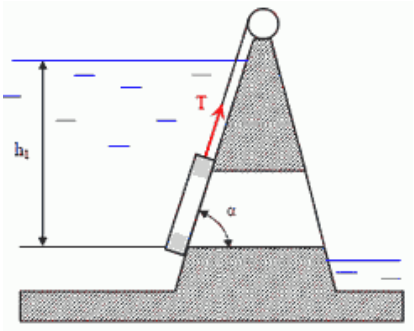
$G = \gamma_m \cdot W = \gamma_m \cdot a \cdot b \cdot 0,2b = 75 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 2 = 75 \cdot 3,2 = 240kN$

8) Zatvorni ko‘taruvchi T kuchni aniqlaymiz.

$T \geq G + (F_1 + F_2) \cdot f = 240 + (90 + 22,5) \cdot 0,4 = 240 + 45 = 285$

Javob : $T \geq 285kN = 25,5Tk$

10 – Masala. To‘g’onda suvning chiqish qismini to‘sib turuvchi shitning balandligi *a = 2* m, eni *B= 1.6 m,* qalinligi *c = 0.25b*, *α = 60⁰*. Shitning pastki qismigacha bo‘lgan chuqurlik h_1 *= 10m* ,shitning massasi *m = 2 t,* ishqalanish *f = 0.3* suvning solishtirma og’irligi *γ = 10 kH/m³* bo‘lsa shitni ko‘taruvchi *T* kuchni aniqlang?



Berilgan:

h_1 = 10 m, a =2 m, b = 1.6 m, c = 0.25b

α = 60⁰ m = 2T f = 0.3 γ = 10 kN/m³=1Tk/m³

T = ?

Yechish:

1) Shitning 0 og’irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot (h_1 - \frac{a}{2}) = 1 \cdot (10 - \frac{3}{2}) = 1 \cdot 9 = 9 \cdot \frac{Tk}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{\alpha}{\sin \alpha} \cdot b = \frac{2}{0,866} \cdot 1,6 = 3,7m^2$$

3) Shitga ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$F = P_c \cdot \omega = 9 \cdot 3,7 = 33,25Tk$

4) Shitni ko‘taruvchi kuch Arximed kuchini aniqlaymiz.

$P_A = \gamma \cdot W = \gamma \cdot a \cdot b \cdot 0,25b = 1 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 0,4 = 1,28Tk$

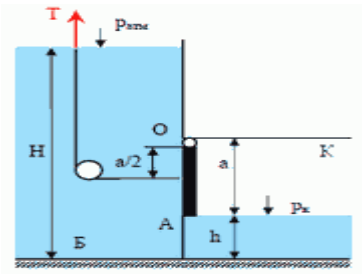
5) Shitni yuqoriga ko‘taruvchi T kuchni aniqlaymiz.

$T \geq m \cdot \cos \alpha + F \cdot f - P_A = 2 \cdot 0,5 + 33,25 \cdot 0,3 - 1,28 = 1 + 9,975 - 1,28 = 9,7Tk$

Javob: $T \geq 9,7Tk = 97kN = 97000N$

11 – Masala. Б Rezervuardan suvni chiqiarish uchun A zatvorni ochish uchun kerak bo‘lgan T kuchni aniqlang. O‘lchamlari: eni b = 0.6 m, balandligi a = 1.2.m. Suvning chuqurligi H = 10 m. Kameradagi bosim P_k = 0.01at=1000 Па, h = 0.8m

Berilgan



a = 1.2 m
b = 0.6 m
H = 10 m
h = 0.8 m
P_K *= 0.01 at=1kN/m²*
γ = 10 kN/m³
T = ?

Yechish:

1) Zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = P_{at} + \gamma \cdot h_c = P_{at} + \gamma \cdot (H - h - \frac{a}{2}) = 100 + (10 - 0,8 - \frac{1,2}{2}) = 100 + 10 \cdot 8,6 = 186 \frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = ab = 1,2 \cdot 0,6 = 0,72 m^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega - P_K \cdot \omega = (P_c - P_K) \cdot \omega = (186 - 1) \cdot 0,72 = 185 \cdot 0,72 = 133,2 kN$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_d = h_c + \frac{J}{h_c \cdot \omega}$$

$$J = \frac{b \cdot a^3}{12} = \frac{0,6 \cdot 1,2^3}{12} = 0,0864$$

$$h_c = 8,6m;\ \omega = 0,72 m^2$$

$$h_d = 8,6 + \frac{0,0864}{8,6 \cdot 0,72} = 8,61m$$

5) T kuchini aniqlash uchun 0 nuqtaga nisbatan moment olamiz.

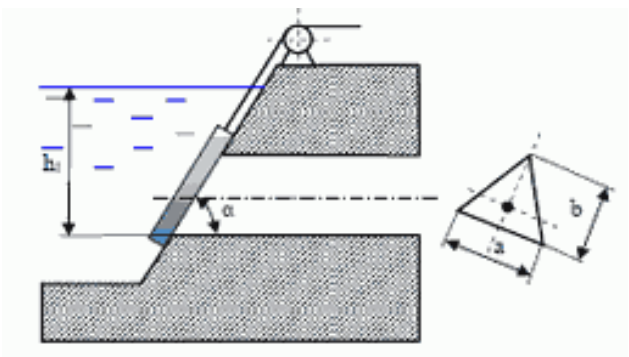
$$\sum M_0 = 0$$

$$T \cdot \frac{a}{2} - F \cdot (h_d - H - h - a) = 0$$

$$T = \frac{F \cdot (h_d - H - h - a) \cdot 2}{a} = \frac{133,2 \cdot (8,61 - 8)}{1,2} = \frac{133,2 \cdot 1,22}{1,2} = 135,42 kN$$

Javob: $T \geq 135,4 kN = 13,54 Tk$

12 – Masala. Uchburchak shaklidagi suv tashlama zatvorning asosi a = 12.m, balandligi b = 1.5m, qiyaligi α = 45^0, suvning chuqurligi h = 9.5 m ρ = 1000 kh/m^3 bo'lsa zatvorga ta'sir etayotgan GBK va bosim markazini aniqlang.



Berilgan

h = 9.5 m
a = 1.2 m
b = 1.5 m
α = 45^0

$\underline{\gamma = 10\ kN/m^3}$
F = ? h_d = ?

Yechish:

1) Zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = \gamma \cdot (h - \frac{b}{3} \cdot \sin\alpha) = 10 \cdot (9,5 - \frac{1,5}{3} \cdot 0,707) = 10 \cdot 9,14 = 91,4 \frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{a \cdot b}{2} = \frac{1,2 \cdot 1,5}{2} = 0,9m^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

$$F = P_c \cdot \omega = 91,4 \cdot 0,9 = 82,26kN$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

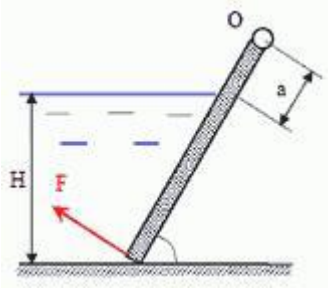
$$Z_d = Z_c + \frac{J}{Z_c \cdot \omega}$$

$$Z_c = \frac{h_c}{\sin\alpha} = \frac{0,14}{0,707} = 12,92m$$

$$\omega = 0,9m^2$$

Javob: $F = 82,26kN$

13 – Masala. O o'q atrofida aylanuvchi shitni ko'taruvchi kuch *F* ni aniqlang. Shitning og'irligi hisobga olinmasin. Shitning eni *b=1.25m*, suvning chuqurligi *H=1.5m* , *a = 0.2 m, α = 60⁰*.



Berilgan:

γ = 10 kN/m³ H = 1.5 m
b = 1.25 m a = 0.2 m
α = 60⁰
Q = ?

Yechish:

1) Shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{H}{2} = 10 \cdot \frac{1,5}{2} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{H}{\sin\alpha} \cdot b = \frac{1,5}{0,866} \cdot 1,25 = 2,16m^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega = 7,5 \cdot 2,16 = 16,2kN$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$Z_d = h_c + \frac{J}{h_c \cdot \omega}$$

$$Z_c = 0,866m;\ \omega = 2,16m^2$$

$$J = \frac{b}{12} \cdot (\frac{H}{\sin\alpha})^3 = \frac{1,25}{12} \cdot (\frac{1,5}{0,866})^3 = 0,54$$

$$Z_d = 0,866 + \frac{0,54}{0,75 \cdot 2,16} = 1,21m$$

5) Q kuchni aniqlash uchun 0 nuqtaga nisbatan moment olamiz.

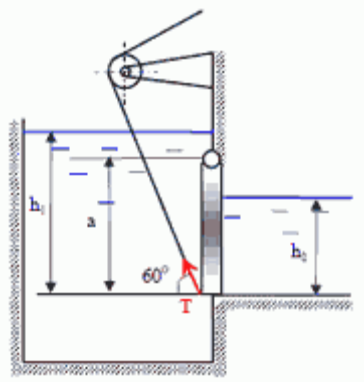
$$\sum m_0 = 0$$

$$Q \cdot (\frac{H}{\sin\alpha} \cdot a) - F \cdot (Z_d + a) = 0$$

$$Q = \frac{F \cdot (Z_d + a)}{(\frac{H}{\sin\alpha} \cdot a)} = \frac{16,2 \cdot (1,21 + 0,2)}{(\frac{1,5}{0,866} + 0,2)} = \frac{22,84}{1,93} = 11,86kN$$

Javob: $Q \geq 11,83kN = 1,18Tk$

14 – Masala. Rezervuarda suvni to‘sib turgan shitning o‘lchamlari *a =3m, b = 4m.* Chap tomondagi suvning chuqurligi h_1*=5m,* o‘ng tomonda *esa* h_2 *= 2m.* Suvning solishtirma og’irligi γ *= 10 kN/m*^{3}. Shit *O* nuqtadagi sharnir atrofida aylanadi. Shitni dastlabki ko‘taruvchi kuch T ni aniqlang.



Berilgan:

h_1 *=5 m*
h_2 *= 2 m*
a = 3 m
b = 4 m
γ *= 10 kN/m*^{3}
$\alpha = 60^0$
T-?

Yechish:

1) Dastlabki rezervuarning chap tomonidan shitning og’irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot (h_1 - \frac{a}{2}) = 10 \cdot (5 - \frac{3}{2}) = 10 \cdot 3,5 = 35\frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = a \cdot b = 3 \cdot 4 = 12m^2$$

3) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F_1 = P_c \cdot \omega = 35 \cdot 12 = 420kN$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_{d1} = h_c + \frac{J_{ox}}{h_c \cdot \omega}$$

$h_c = 3,5m$

$$J_{ox} = \frac{b \cdot a^3}{12} = \frac{4 \cdot 3^3}{12} = \frac{108}{12} = 9$$

$$h_{d1} = 3,5 + \frac{9}{3,5 \cdot 12} = 3,71m$$

5) O‘ng tomondan shitning og’irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{h_2}{2} = 10 \cdot \frac{2}{2} = 10 \frac{kN}{m^2}$$

6) Yuzasini aniqlaymiz.

$\omega = h_2 \cdot b = 2 \cdot 4 = 8m^2$

7) Ta’sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

$F_2 = P_c \cdot \omega = 10 \cdot 8 = 80kN$

8) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_{d2} = h_c + \frac{J_{ox}}{h_c \cdot \omega}$$

$h_c = 1m;\ \omega = 8m^2$

$$J_{ox} = \frac{b \cdot h_2^3}{12} = \frac{4 \cdot 8^3}{12} = \frac{32}{12} = 2,66$$

$$h_{d2} = 1 + \frac{2,66}{1 \cdot 8} = 1,33m$$

9) T kuchni aniqlash uchun sharnir turgan 0 nuqtaga nisbatan moment olamiz.

$\sum M_0 = 0$

$T \cdot a \cdot \cos 60^0 - F_1 \cdot [h_{d1} - (h_1 - a)] + F_2 \cdot [h_{d2} + (a - h_2)] = 0$

Bundan:

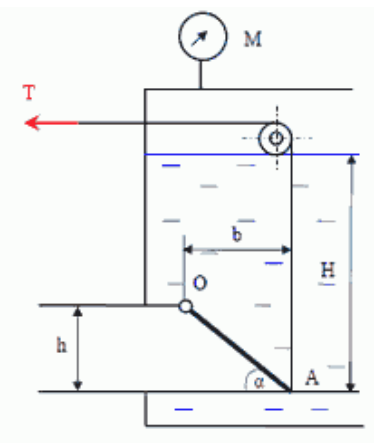
$$T = \frac{F_1 \cdot [h_{d1} - (h_1 - a)] - F_2 \cdot [h_{d2} + (a - h_2)]}{a \cdot \cos 60^0} = \frac{420 \cdot [3,71 - (5-3)] - 80 \cdot [1,33 + (3-2)]}{3 \cdot 0,5}$$

$$= \frac{420 \cdot 1,71 - 80 \cdot 2,33}{1,5} = \frac{531,8}{1,5} = 354,53kN$$

Javob: $T = 354,53kN$

Mustaqil yechishga doir masalalar:

15 – Masala. Rezervuardan benzinni kvadrat quvur *(h = 0.3m)* ga chiqish qismida qiya joylashgan AO klapan to‘sib turibdi. Qiyalik $\alpha = 45^0$. Benzin chuqurligi *H = 0.85* m, benzin zichligi $\rho = 700\ kg/m^3$, benzin rezervuaridagi manometrning ko‘rsatgichi $M = 0.05kg/m^2 = 5000\ Па = 50kN/m^2$. Trossdagi kuchlanish T ni aniqlang.



Berilgan

H = 0.85 m

h = 0.3 m

$\alpha = 45^0$

$P_M = 50\ kN/m^3$
$\gamma = 7\ kN/m^3$
T-?

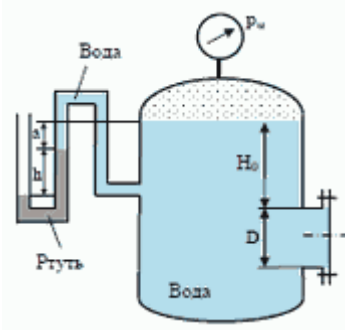
Javob: ***T = 4.55 kN***

16 – Masala. Ikki qismga ajralgan rezervuar o‘rtasiga kvadrat shakildagi *a * a =0.6 x0.6* m^2 shit(darvoza) quyilgan. O‘ng tomondagi suvning sathi $H_1 = 2\ m$, ga etishi bilan shit avtomatik tarzda ochilishi uchun sharnir berilgan o‘qdan qancha masofada- *x* bo‘lishi kerak? Chap tomondagi suv sathi o‘zgarmas $H_2=1m$. Sharnirdagi reaktsiya kuchini R_0 aniqlang.

Javob: ***X = 0.29 m ; R_0 = 3.6 kN***

17 – Masala. Diametri $D = 1m$ bo‘lgan qopqoqqa ta’sir etayotgan *GBK* ni quyidagi holatlarda aniqlang.

a) Manometr ko‘rsatgichi $P_m = 0.08\ МПа\ H_0 = 15.m.$
b) Vakuummetr simob ko‘rsatgichi $h = 73.5\ mm\ a = 1m\ \rho_{sim} = 13600kg/m^3$ $H_0 = 1.5\ m.$



Berilgan
$H_0 = 1.5\ m$
$D = 1\ m$
$P_M = 80\ kN/m^2$
$\gamma = 10\ kN/m^3$

Javob: ***F = 0***

2.12 Egri sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim

Texnikada ba'zi hollarda egri sirtga tushadigan bosimni topish talab etiladi. Buni topish uchun 2.34 - rasmdan foydalanamiz. Egri sirtga tushadigan bosim chegirma va gidrostatik bosim kuchlari yig`indisidan iborat:

$$p = p_u + p_0 \qquad (2.38)$$

Uni hisoblash uchun egri sirtda kichkina $d\omega$ *yuza* olamiz. Koordinata o`qlarini rasmda ko`rsatilgandek yo`naltiramiz. U holda kichkina yuzaga tushadigan bosim $dP$,$dP_x$ va $dP_y$ proyektsiyalarga ega bo`ladi. $d\omega$ *yuza*ning xOz va yOz tekisliklardagi proyektsiyalari esa $d\omega_x$ va $d\omega_y$ ga teng. Kichkina yuzaga tushadigan bo`lgan bosim yuqorida ko`rganimizdek quyidagicha ifodalanadi:

$$dP = \gamma h d\omega.$$

Uning gorizontal tashkil etuvchisi esa

$$dP_x = dP\cos\alpha = \gamma h d\omega\cos\alpha$$

Ikkinchi tomondan $d\omega \; sos \; a = d\omega_y$ bo`lgani uchun

$$dP_x = \gamma h d\omega_y.$$

Egri sirtga ta'sir etayotgan to`liq bosimning proyektsiyasini topish uchun $S_y$ yuza bo`yicha integral olamiz:

$$P_x = \int\limits_{(\omega_y)} \gamma h d\omega_y = \gamma \int\limits_{(\omega_y)} h d\omega_y, \qquad (2.39)$$

lekin $\int\limits_{(\omega_e)} h d\omega_y - \omega_y$ yuzaning Oz o`qqa nisbatan statik momentidir.

Shuning uchun

$$\int\limits_{(\omega_e)} h d\omega_y = \omega_y h_0,$$

bu yerda: ω_y - egri sirtning yOz o`qdagi proyektsiyasi; $h_0$ –ω yuza og`irlik markazining chuqurligi; $h_0 = \frac{h_1}{2}$. Shunday qilib, egri sirtga tushadigan bosimning gorizontal tashkil etuvchisi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$P_x = \gamma\omega_y h_0. \qquad (2.40)$$

Bu formula tekis sirtlarga tushadigan bosimni hisoblash formulasiga o`xshaydi va undan faqat ω_y yuza egri sirtning yOz tekislikdagi proyektsiyasi ekanligi bilan farq qiladi.

Endi, egri sirtga tushadigan bosimning vertikal tashkil etuvchisini topamiz.

2.34 - rasmdan

$$dP_y = dP\sin\alpha = \gamma h\omega\sin\alpha,$$

Ammo $d\omega \; sin \; a = d\omega_x$ bo`lgani uchun

$$dP_y = \gamma h d\omega_x.$$

Integrallash yo`li bilan P_y ni topamiz:

$$P_y = \int\limits_{(\omega x)} \gamma h d\omega_x = \gamma \int\limits_{(\omega_1 x)} h d\omega_x = \gamma W,$$

bu yerda: $W = \int\limits_{\omega(x)} h d\omega_x$ – egri sirt, uning chegarasidagi vertikal va erkin sirtlar orasidagi hajmdan iborat bo`lib, bosuvchi jism deb ataladi.

Shunday qilib, egri sirtga tushadigan bosimning vertikal tashkil etuvchisi bosuvchi jism hajmi bilan suyuqlik solishtirma og`irligining ko`paytmasiga teng, ya'ni

$$P_y = \gamma W. \qquad (2.41)$$

Egri sirtga tushadigan bosimning gorizontal va vertikal tashkil etuvchilari orqali uning o‘zini topish mumkin:

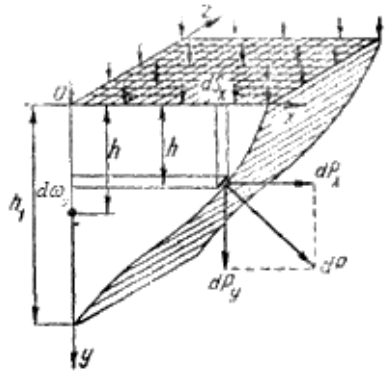
$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}. \qquad (2.42)$$

Demak, egri sirtga tushadigan bosim uning tashkil etuvchilari P_x va P_y ning kvadratlari yig`indisidan olingan ildizga teng ekan. Egri sirtga tushadigan bosimning yo`nalishi quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$\cos\alpha = \frac{P_x}{p} \text{ yoki } \sin\alpha = \frac{P_y}{p} \text{ yoki}$$

$$tg\alpha = \frac{P_y}{P_x}.$$

Kuchning qo`yilish nuqtasi grafik usulda topiladi. U kuch yo`nalishi bilan egri sirtning kesishgan nuqtasida bo`ladi.



2.34 - rasm. Egri sirtga tushadigan bosimni tushuntirishga doir chizma.

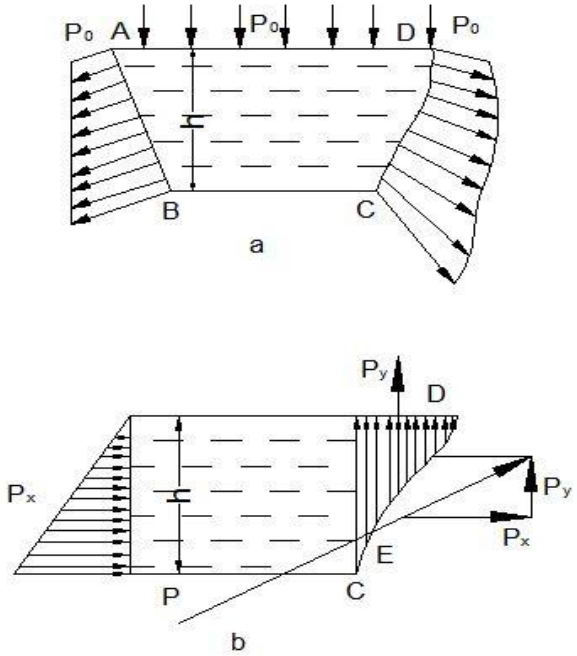
2.13 Bosim epyurasi

Biror sirt yoki kontur bo`yicha bosim taqsimlanishining grafik usulda ifodalanishi *bosim, epyurasi* deb ataladi.

a) **Tekis sirt.** Tekis sirtning erkin sirt bilan tutashgan yeridagi bosim erkin sirtdagi bosimga teng (2.35 - rasm). Uning qolgan nuqtalarida esa erkin sirtdagi bosimga chegirma bosim qo`shiladi. Gidrostatikaning asosiy tenglamasiga asosan

$$p = p_0 + \gamma h$$

ya'ni sirtning eng pastki nuqtasida bosim eng katta miqdorga ega bo`ladi.



2.35 - rasm. Bosim epyurasi

AB sirtga tushadigan bosim epyurasini olish uchun A va B nuqtalarda bosimning miqdori va yo`nalishini qo`yib, uchlarini tutashtiramiz. Hosil bo`lgan shakl bosim epyurasi bo`ladi. Bosim vektorlari uchini tutashtiruvchi chiziqning bosim vektori bilan tashkil qilgan burchagi quyidagicha topiladi:

$$tg\alpha = \frac{h}{\gamma h} = \frac{1}{\gamma}.$$

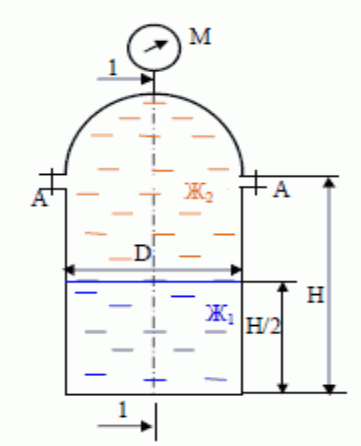
Bosim epyurasi esa trapetsiya ko`rinishida bo`lib, to`g`ri to`rtburchak ko`rinishidagi tashqi bosim va uchburchak ko`rinishidagi chegirma bosim epyuralarining yig`indisidan iborat.

b) Egri sirtda bosim ikki tashkil etuvchiga ega bo`lib (2.35 - rasm, b), $P_x$ tashkil etuvchisi tekis sirtdagi kabi epyuraga ega bo`ladi. P_y ning epyurasi esa egri sirt bilan erkin sirt orasidagi soha shakliga ega bo`ladi. Teng ta'sir etuvchi kuch yoki to`liq bosimning qo‘yilish nuqtasi va kattaligini grafik usulda topish mumkin. Buning uchun P_x tashkil etuvchining yo`nalishini $P_y$ ning yo`nalishi bilan kesishguncha davom ettiramiz. Kesishgan nuqtasiga esa P_x va P_y larni keltirib qo`yamiz va parallelogramm hosil qilamiz. Uning diagonali yo`nalishini egri sirt bilan kesishguncha davom ettirib, kesishish nuqtasiga suyuqlik tomondan hosil bo`lgan $P$ kuchni keltirib qo`yamiz E nuqta bosim markazi yoki teng ta'sir etuvchi kuchning qo`yilishi nuqtasi bo`ladi.

Texnikada uchraydigan sirtlar silindr, sfera va uning qismlaridan iborat bo`lishi mumkin.

Amaliy mashg’ulotlarga doir ko‘rsatma:

1 - Masala. Vertikal holatda silindir sisterna yarimshar shaklidagi qopqoq bilan yopilgan va ichida ikki xil suyuqlik (Ж$_1$,Ж$_2$) ($\rho_1 = 1150 kg/m^3$ va $\rho_2 = 1060 kg/m^3$) quyilgan. Sisterna diametri D = 2.6 m, silindr qismining balandligi H = 4.5 m, Ж$_1$, suyuqlik chuqurligi H/2 , manometrik ko‘rsatgichi P_m = 0.01 МПа.



2.36 - rasm

Aniqlang:

A Boltdagi kuchlanish, 1 – 1 kesimdagi GBK ning gorizantal tashkil etuvchisini.

Berilgan;

D = 2.6 m

H = 4.5 m

P_M = 10 kN/m^2

γ_1=11.5 kN/m^3

γ_2=10.6 kN/m^3, R = 1.3 m, P_x = ? P_A = ?

Yechish:

1) Yarim sfera qopqoqni yuqoriga ko‘taruvchi kuchni aniqlaymiz.

$$F_z = P_M \cdot \omega = P_M \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 10 \cdot \frac{3{,}14}{4} \cdot 2{,}6^2 = 10 \cdot 5{,}3 = 53 kN$$

2) A boltdagi kuchlanishni aniqlaymiz

$$P_A = \frac{F_z}{2} = \frac{53}{2} = 26,5kN$$

3) 1 – 1 kesimdagi gorizantal tashkil etuvchi P_x ni aniqlaymiz.

$F_x = F_2 + F_1$

$$F_2 = P_c \cdot \omega = (P_M + \gamma_2 \cdot h_c) \cdot \omega = [P_M + \gamma_2 \cdot (\frac{\frac{H}{2} + R}{2})] \cdot (D \cdot \frac{H}{2} + \frac{\pi R^2}{2})$$

$$= [10 + 106 \cdot (\frac{2,25 + 1,3}{2})] \cdot (2,3 \cdot 2,25 + \frac{3,14 \cdot 1,3^2}{2}) = 28,8 \cdot 8,5 = 244,9kN$$

$$F_1 = P_c \cdot \omega = (P_M + \gamma_2 \cdot h + \gamma_1 h_c) \cdot \omega = [P_M + \gamma_2 \cdot (\frac{H}{2} + R) + \gamma_1 \cdot \frac{H}{2}] \cdot (D \cdot \frac{H}{2})$$

$$= [10 + 10,6 \cdot (2,25 + 1,3) + 11,5 \cdot 1,125] \cdot 2,6 \cdot 2,25 = 60,25 \cdot 5,85 = 354,5kN$$

$$F_x = P_2 + P_1 = 244,9 + 354,2 = 599kN$$

Javoblar: $F_x = 599kN$, $P_A = 26,5kN$

2 - Masala. Tubi yarim shar shaklidagi silindrik rezervuarga suv quyilgan. Agar d = 4 m; h_1 = 4 m; h_2 = 2 m bo‘lsa:

a) Rezervuar tubiga ta’sir etayotgan manometrik bosim kuchini aniqlang;

b) ABC – devorga ta’sir etayotgan GBKni aniqlang.

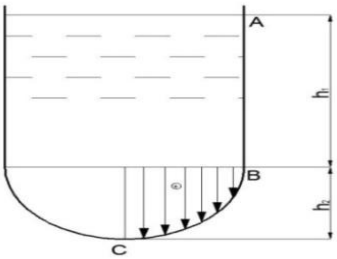
Yechish:

1. Idish tubidagi manometrik bosimni aniqlaymiz.

$P_2 = P_a + \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2)$

$P_{2m} = P_2 - P_a \rightarrow P_a + \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2) - P_a = \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2) = 1000 \cdot 9,81 \cdot (4 + 2) = 58860\,\text{Pa} = 0,6atm$

AB devorga ta’sir etayotgan GBKni aniqlaymiz.



2.37 - rasm

$P_{AB} = P_{og'(\text{AB})} \cdot \omega_{AB} = (P_a + \rho \cdot g \cdot h_1) \cdot h_1 \cdot d = (98100 + 1000 \cdot 4) \cdot 4 \cdot 4 = 2,2MN$

3. BC devorga ta’sir etayotgan GBKni P_x tashkil etuvchisini aniqlaymiz.

$$P_{x(BC)} = \frac{1}{2} \cdot P_2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{1}{8} \cdot 156960 \cdot 3,14 \cdot 4^2 \approx 1MN$$

4. BC devorga ta’sir etayotgan GBKni P_z tashkil etuvchisini aniqlaymiz.

$$P_{z(BC)} = W_{B.T.} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 2^3 = 8,37N$$

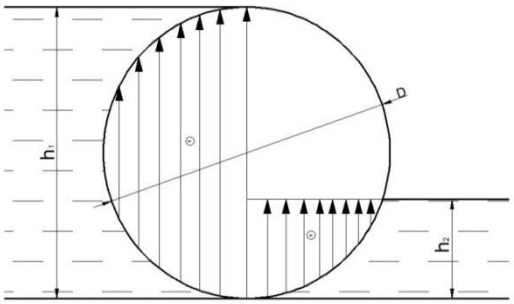
5. BC devorga ta’sir etayotgan GBK quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{BC} = \sqrt{P_{x(\text{BC})}{}^2 + P_{z(BC)}{}^2} = \sqrt{1000000^2 + 8,37^2} \approx 1MN$$

6. ABC devorga ta’sir etayotgan GBK quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{ABC} = \sqrt{P_{AB}{}^2 + P_{BC}{}^2} = \sqrt{2,2^2 + 1,0^2} \approx 241MN$$

3 - Masala. Diametri D = 2 m va uzunligi L = 5 m bo‘lgan silindrik darvozaga ta’sir etayotgan kuchning miqdori va yo‘nalishini aniqlang.



2.38 - rasm

Agar:

$h_1 = 3$ m;
$h_2 = 1$ m

Yechish:

1. P_{1x} ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{1x} = \frac{h_1 \cdot \gamma \cdot h_1}{2} = \frac{3 \cdot 9810 \cdot 3}{2} = 44145N$$

2. P_{1z} ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{1z} = W_{B.T.} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{2}{3} \cdot 3{,}14 \cdot 1^3 = 2{,}1N$$

3. P_1 ni qiyidagi formula bo‘yicha aniqlaymiz.

$$P_1 = \sqrt{P_{1x}{}^2 + P_{1z}{}^2} = \sqrt{44145^2 + 2{,}1^2} = 44145N \approx 44kN$$

4. P_{2x} ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{2x} = \frac{h_2 \cdot \gamma \cdot h_2}{2} = \frac{1 \cdot 9810 \cdot 1}{2} = 4905N$$

5. P_{2z} ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{2z} = W_{B.T.} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{2}{9} \cdot 3{,}14 \cdot 1^3 = 0{,}7N$$

6. P_2 ni qiyidagi formula bo‘yicha aniqlaymiz.

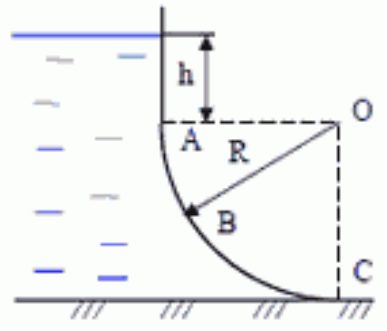
$$P_2 = \sqrt{P_{2x}{}^2 + P_{2z}{}^2} = \sqrt{4905^2 + 0{,}7^2} = 4905N \approx 5kN$$

7. Darvozaga ta’sir etayotgan GBKlarni qo‘yilish nuqtasini aniqlaymiz.

$$a_1 = arctg\frac{P_{1z}}{P_{1x}} = arctg\frac{2{,}1}{44145} \approx 1^0$$

$$a_2 = arctg\frac{P_{2z}}{P_{2x}} = arctg\frac{0{,}7}{4905} \approx 1^0$$

4 – Masala. Silindr shaklidagi ABC egri sirtga ta’sir etayotgan GBK ning gorizantal va vertikal tashkil etuvchilarini epyuralarini quring hamda GBK ni aniqlang. Bosim markazini aniqlang. Silindr radiusi R = 1.2 m, uzunligi L = 2.0 m, A nuqta suv sathidan h = 0.7 m, chuqurlikda.



Berilgan
R = 1.2 m
L = 2.0 m
h = 0.7 m

$\gamma = 10\ kN/m^3$

F =? α = ?

Yechish:

1) GBK ning gorizantal tashkil etuvchisini aniqlash uchun egri sirtni vertikal proektsiyasida bosim epyurasini chizamiz.

$P_A = \gamma \cdot h = 10 \cdot 0,7 = 7kN/m^2$

$P_c = \gamma \cdot (h+R) = 10 \cdot (0,7+1,2) = 10 \cdot 1,9 = 1,9kN/m^2$

2) Gorizantal tashkil etuvchi F_x bosim tanasi hajmiga teng

$F_x = W_{er} = \frac{P_A + P_c}{2} R \cdot L = \frac{7+19}{2} \cdot 1,2 \cdot 2 = 31,2kN$

3) Vertikal tashkil etuvchi F_z ni aniqlaymiz.

$P_z = \gamma \cdot W_{BT} = 10 \cdot 3,94 = 39,4kN$

$W_{BR} = (\frac{\pi R^2}{4} + h \cdot R) \cdot L = (\frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} + 0,7 \cdot 1,2) \cdot 2 = 1,97 \cdot 2 = 3,94m^3$

4) Egri sirtga ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

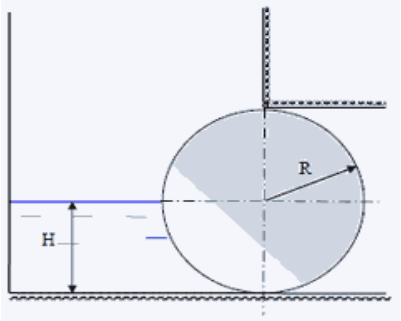
$P = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = \sqrt{31,2^2 + 39,4^2} = 50,25kN$

5) Gorizontal tekislik bilan tashkil etgan burchagini aniqlaymiz.

$\alpha = arctg\alpha = \frac{F_z}{F_x} = \frac{39,4}{31,2} = 1,26 = 51,62^0$

Javob: $F = 50,25kN;\ a = 51,62^0$

5 – Masala. Radiusi *R = 3 m*, eni *L = 2 m*, bo'lgan silindr shaklidagi zatvorga ta'sir etayotgan GBK ni aniqlang. Zatvor oldigagi suv chuqurligi *H = 3m*.



Berilgan

R = 3m

L = 2 m

H = 3 m

γ = 10 kN/m³

F =?

Yechish:

1) Zatvorga ta'sir etayotgan GBK ning gorizantal tashkil etuvchisi F_x ni aniqlaymiz.

$F_x = P_c \cdot \omega = \gamma \cdot h \cdot \omega = \gamma \cdot \frac{H}{2} \cdot R \cdot L = 10 \cdot \frac{3}{2} \cdot 3 \cdot 2 = 15 \cdot 6 = 90kN$

2) Vertikal tashkil etuvchi F_z kuchni aniqlaymiz.

$F_z = \gamma \cdot W_{BT}$

$$W_{BT} = \frac{\pi R^2}{4} \cdot L = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 2 = 14,13 m^3$$

$$F_z = 10 \cdot 14,13 = 141,3 kN$$

3) Zatvorga ta’sir etayotgan umumiy GBK F ni abiqlaymiz.

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = \sqrt{90^2 + 141,3^2} = 167,5 kN$$

4) Gorizantal tekislik bilan tashkil qiluvchi burchakni aniqlaymiz.

$$a = arctg\alpha = \frac{F_z}{F_x} = \frac{141,3}{90} = 1,57 = 57,5^0$$

Javob: $F = 167,5 kN$

Mustaqil yechishga doir masalalar:

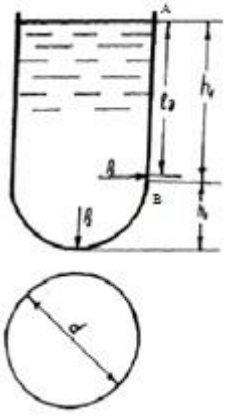
1. Tubi yarim shar shaklidagi silindrik rezervuarga neft quyilgan. Agar d = 4,0 m; h_1 = 4,0 m; h_2 = 2 m bo‘lsa:

a) Rezervuar tubiga ta’sir etayotgan manometrik bosim kuchini aniqlang;

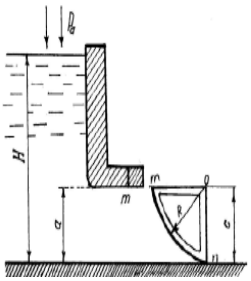
b) *ABC*- devorga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlang (2.39 - rasm).

2. Segmentli darvoza bilan oqim to‘silgan. Darvoza oldidagi suv sathi H =7 m,

a=3 m, darvoza eni b = 4 m, radiusi R = 4 m. Darvozaga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlang (2.40 - rasm).



2.39 - rasm.



2.40 - rasm.

3. Benzin rezervuarining yon tomoniga o‘rnatilgan qopqog‘i yarim sfera shaklida Rezervuar qopqog‘iga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini hisoblash kerak, agar

H = 2,0 m; d = 0,5 m; ρ = 700 kg/m3; P_S = 102 kPa bo‘lsa.

2.14 Arximed qonuni

Suyuqlikka tushirilgan jismlarning qay yo`sinda harakat qilishi va qanday holatlarni qabul qilishini tekshirish uchun ularning suyuqlik bilan ta'sirlashish va muvozanat qonunlarini o`rganish kerak. Bu qonuniyatlar eramizdan 250 yil avval kashf qilingan Arximed qonuniga asoslanadi. Bu qonun asosida kemalar

nazariyasi yaratilgan bo`lib, ular L. Eyler, S. A. Makarov va A. N. Krilov asarlarida ifodalangan. Arximed qonuni quyidagicha ifodalaniladi: *suyuqlikka botirilgan jasmga siqib chiqaruvchi kuch ta'sir qilib, bu kuchning kattaligi botirilgan jism siqib chiqargan suyuqlik og`irligiga teng bo`ladi.*

Bu qoidani isbotlash qiyin emas. Suyuqlikka V hajmli jism botirilgan bo`lsin (2.40 - rasm). Unga ta'sir etuvchi kuchlar quyidagilar bo`ladi:

1) jismga yuqoridan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_1 = \gamma H_1 \omega$$

2) jismga pastdan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_2 = \gamma H_2 \omega$$

3) pastga yo`nalgan og`irlik kuchi

$$G = \gamma_1 \Delta H \omega = \gamma_1 V$$

4) jismga yon tomonlaridan ta'sir etuvchi kuch P_H; gidrostatikaning asosiy qonuniga asosan bu kuchlar teng va qarama-qarshi yo`nalgan bo`lib, o`zaro muvozanatlashadi (teng ta'sir etuvchi kuch nolga teng). Bu holda bosim kuchlarining teng ta'sir etuvchisi $P_1$, va $P_2$ kuchlarning ayirmisiga teng bo`lib, yuqoriga yo`nalgan bo`ladi:

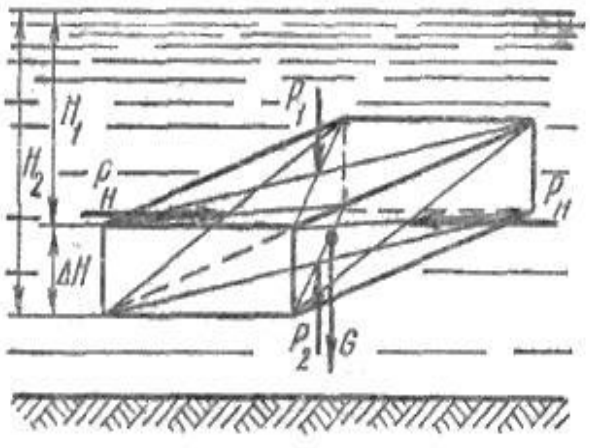
$$P = P_2 - P_1 = \gamma\omega(H_2 - H_1) = \gamma\omega\Delta H. \qquad (2.43)$$

bu yerda: γ va γ_1 – suyuqlik va jismning solishtirma og`irliklari; H_1 – jismning yuqori qismining chuqurligi; H_2 – jismning pastki qismining chuqurligi; ΔH – jismning balandligi; ω – jismning yuqori va pastki sirtlarining yuzasi.

Jismning hajmi $V = \Delta HS$ bo`lgani uchun siqib chiqaruvchi kuch quyidagicha aniqlanadi:

$$P = \gamma V \qquad (2.44)$$

Shunday qilib, jismni siqib chiqarishiga harakat qilayotgan kuch jism siqib chiqargan suyuqlikning og`irligiga teng ekanligi isbotlandi. Bu kuch botirilgan jismning qancha chuqurlikda bo`lishiga bog`liq emasligi (2.43) dan ko`rinib turibdi. Arximed qonuni yopiq va ochiq idishlarda suyuqlik sirtida suzib yuruvchi jismlar uchun ham, uning ichidagi jismlar uchun ham to`g`ridir. Faqat suyuqlik sirtidagi jismlar uchun uning suvga botirilgan qismiga qo`llaniladi.



2.41 - rasm. Arximed qonuniga oid chizma

2.15 Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik

Jismlarning suyuqlik sirtiga qalqib chiqishi yoki suyuqlik ichida suzib yurishi yuqorida aytilgan kuchlarning o`zaro nisbatiga bog`liq. Shuning uchun suyuqlikka botirilgan jismlarga ta'sir etuvchi kuchlarning (2.41 - rasm) teng ta'sir etuvchisini topamiz:

$$R = -P_1 + P_2 - G = -\gamma H_1 \omega + \gamma H_2 \omega - \gamma_1 V$$

yoki

$$R = \gamma (H_2 - H_1)\omega - \gamma_1 V.$$

Bu kuchni ko`taruvchi kuch deb ataladi.

$\Delta H = H_2 - H_1$ va $\Delta H \cdot \omega = V$ ekanligini hisobga olsak, teng ta'sir etuvchi ko`taruvchi kuch

$$R = (\gamma - \gamma_1)V. \qquad (2.45)$$

Oxirgi munosabatdan quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

1. Agar $\gamma > \gamma_1$ bo`lsa, ya'ni jismning solishtirma og`irligi suyuqliknikidan kam bo`lsa, ko`taruvchi kuch R musbat bo`ladi (yuqoriga yo`nalgan). Bu holda jism suyuqlik sirtida qalqib yuradi.

2. Agar $\gamma = \gamma_1$ bo`lsa, ya'ni jism bilan suyuqlik solishtirma og`irliklari teng bo`lsa, u holda R = 0, ya'ni jism suyuqlik ichida suzib yuradi.

3. Agar $\gamma < \gamma_1$ bo`lsa, u holda ko`taruvchi kuch manfiy (pastga yo`nalgan) bo`ladi va jism suyuqlik tubigacha cho`kadi.

(2.45) dan jismlarning suyuqlikda suzuvchanligi, ya'ni ma'lum yuk bilan suzib yurish qobiliyati to`g`risida xulosa chiqarish mumkin. Har qanday qalqib yuruvchi jism suzuvchanlik imkoniyatiga ega bo`lib, bu uning suzib yurichidagi xavfsizligini ta'minlaydi. Suzuvchanlik imkoniyati jismning suyuqlik sirtidan yuqori qismining hajmidagi suyuqlik og`irligiga teng.

Suzuvchanlik imkoniyati P_c bilan belgilanadi va quyidagicha topiladi:

$$P_c = \frac{R}{\gamma} = \frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma} V. \qquad (2.46)$$

Suzuvchi jismning qancha qismi suvga botib turishi va uning suzishiga taalluqli boshqa qonuniyatlar ma'lum bo`lib, biz ular haqida to`xtalib o`tishimizga hojat yo`q.

Suzib yuruvchi jism haqida yana quyidagi tushunchalarni keltiramiz.

1. *Suzish tekisligi* – jismni kesib o`tuvchi erkin sirt AB.

2. *Vater chiziq* – suzish tekisligi bilan jism sirtining kesishish chizig`i.

3. *Suzayotgan jismning og`irlik markazi* (2.42 - rasmda *C* nuqta).

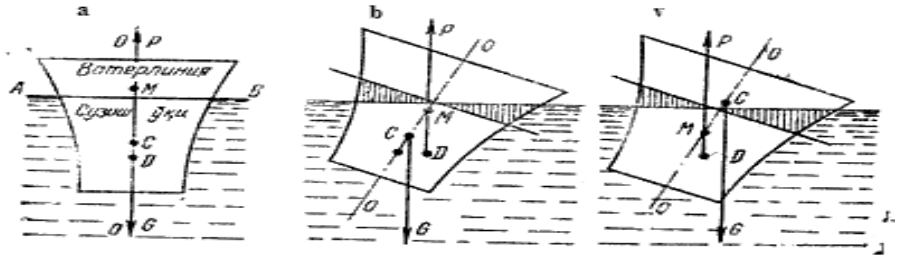
4. *Suv sig`imi markazi yoki bosim markazi* (2.42 - rasmda *D* nuqta). Bu yerda suv sig`imi – jismning suvga botgan qismi. Suv sig`imi markazi jismning suyuqlikka botgan qismiga ta'sir etuvchi bosimning teng ta'sir etuvchisi qo`yilgan nuqta bo`lib, u suvga botgan qismning og`irlik markaziga joylashgan.

5. *Suzish o`qi* – suzayotgan jism normal holatida uning o`rtasidan o`tgan *O –O* o`qi (2.41-rasm, a).

6. *Metamarkaz* – jismning qiya holatida teng ta'sir etuvchi bosim kuchi yo`nalishining suzish o`qi bilan kesishgan nuqtasi (2.42 - rasm, *b, v*). Suzayotgan jismning og`irlik markazi *C* u qiyalashganda ham o`zgarmaydi. Suv sig`imi markazi *D* esa jism qiyaligining har xil holatida har xil bo`ladi. Qiyalik burchagi 15° gacha bo`lganda *D* taxminan radiusi biror *r* ga teng bo`lgan aylana yoyi bo`yicha siljib boradi va bu radius *D* va *M* orasidagi masofaga teng bo`lib, metamarkaziy radius deyiladi. *M* va *C* orasidagi masofa metamarkaziy balandlik deyiladi va *h* harfi bilan belgilanadi.

Suyuqlikda suzayotgan jismning qiyalangandan keyin yana avvalgi holatiga, qaytishi *turg`unlik* deyiladi. Bu tushunchaning to`liq mazmunini tushuntirish uchun quyidagilarga to`xtalib o`tamiz.

Normal holatda (2.42 - rasm, *a*) og`irlik markazi va suv sig`imi markazi suzish o`qida yotadi. Og`irlik kuchi *G* va bosim *P* esa suzish o`qi bo`yicha yo`nalgan bo`ladi. Suzayotgan jism qiyshayishi bilan *G* va *P* kuchlar moment hosil qiladi. Bu moment jism qiyalangan tomon yo`nalishida yoki unga teskari bo`lishi mumkin.



2.42 - rasm. **Suzib yuruvchi jismlarning turli holatlari.**

Agar *G* va *P* kuchlarning momenti jism qiyalangan tomonga teskari yo`nalgan bo`lsa, u tiklovchi moment deyiladi. Bunday holat esa *turg`un* holat deyiladi. Agar moment jism qiyalangan tomonga bo`lsa, uni *ag`daruvchi moment* deyiladi. Bu holda jism avvalgi holatiga qaytmaydi *G* va *P* kuchlar momentining yo`nalishi bu kuchlarning qo`yilish nuqtalari, ya'ni og`irlik markazi *C* bilan suv sig`imi markazi *D* ning o`zaro holatiga bog`liq. Bunda uch hol bo`lishi mumkin:

1) agar metamarkaz og`irlik markazidan yuqorida bo`lsa (2.42 - rasm, *b*), *G* va *P* kuchlarning momenti jismni normal holatga qaytaradi, ya'ni jism turg`un holatda bo`ladi;

2) agar metamarkaz og`irlik markazidan pastda bo`lsa (2.42 - rasm, *b*), *G* va *P* kuchlarning momenti jismni ag`darishga harakat qiladi, ya'ni jism noturg`un holatda bo`ladi;

3) agar metamarkaz og`irlik markazi ustiga tushsa, u holda suyuqlikda suzayotgan jism holati turg`unlikka bog`liq bo`lmaydi (masalan, shar uchun). Turg`unlikka bog`liq boshqa masalalar ustida to`xtalib o`tirmaymiz.

2.16 Nisbiy tinchlik

Biz yuqorida ko`rganimizdek, suyuqlik og`irlik kuchi ta'sirida muvozanatda turishi mumkin. Bu hol yerga nisbatan tinch turgan yoki to`g`ri chiziqli tekis harakat qilayotganda idishda muvozanatda bo`lgan suyuqlikka tegishlidir. Gidrostatikadagi barcha masalalar shu hollar uchun ko`rilgan.

Agar idish notekis yoki egri chiziqli harakat qilayotgan bo`lsa, u holda suyuqlik zarrachalariga og`irlik kuchidan tashqari nisbiy harakatning inertsiya kuchi yoki markazdan qochirma kuchlari ta'sir qiladi. Bu kuchlar vaqt davomida o`zgarmasa, ular ta'sirida suyuqlik muvozanat holatini qabul qiladi, ya'ni idish devorlariga nisbatan harakatsiz bo`lib qoladi. Suyuqliklarning bunday muvozanat holati nisbiy tinchlik deyiladi.

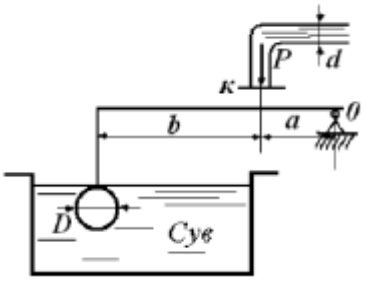
Nisbiy tinchlikda bosimi teng sirtlar va erkin sirt tinch turgan idishdagi gorizontal tekisliklar oilasidan iborat bo`lgan bunday sirtlardan butunlay farq qiladi. Bu hollarda ta'sir etuvchi massa kuchlar bosimi teng sirtlarga tik yo`nalgan bo`ladi.

Nisbiy tinchlikda Eyler tenglamasining integrallarga bag`ishlangan paragrafdagi to`g`ri chiziqli va tekis tezlanuvchan idishdagi suyuqlik muvozanati (ikkinchi masala) va vertikal o`q atrofida aylanayotgan idishdagi suyuqlik haqidagi (uchinchi masala) qismlarini misol qilib olish mumkin.

Bu holda massa kuchlarning teng ta'sir etuvchisi inertsiya kuchi va og`irlik kuchining yig`indisidan iborat bo`ladi (ularning proektsiyalari yuqorida ko`rilgan).

Amaliy mashg’ulotlarga doir ko‘rsatma:

2. Quvurdagi manometrik bosim P miqdorining qaysi qiymatida K jo‘mrak ochiladi, agar quvur diametri d = 5 mm, sharning diametri D = 200 mm bo‘lib, b = 6 a ga teng bo‘lsa, shar og‘irligi hisobga olinmasin (2.43-rasm)



2.43 - rasm

Yeshimi:

0 nuqtaga nisbatan sistemaga ta’sir etayotgan kuchlardan kuch momentini olamiz:

$$F_1(a+b) - F_2 \cdot a = 0$$

bu yerda: F_1 — Arximed kuchi:

$$F_1 = \gamma \cdot W;\ F_2 = P \cdot \frac{\pi d^2}{4} = m \cdot 0,785 d^2$$

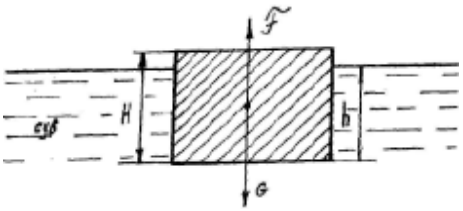
Aniqlangan hadlarni tenglamaga qo‘yib, bosim miqdorini aniqlaymiz:

$$P = 146,496 \frac{N}{m^2}$$

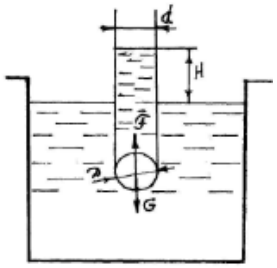
Mustaqil yechishga doir masalalar:

1. Suvdagi prizmasimon jismning hajmiy og‘irligini aniqlang. Uning balandligi H = 20 sm va suyuqlikka cho‘kkan qismi h = 16 sm (2.44 - rasm).

2. Suvga to‘la cho‘kkan sharsimon klapan diametri d = 100 mm bo‘lgan quvur teshigini berkitadi. Sharning diametri D = 150 mm va massasi m = 0,5 kg bo‘lsa, quvurdagi suyuqlik sathining qaysi balandligida (H) klapan ochila boshlaydi (2.45- rasm).



2.44 – rasm.



2.45 - rasm.

3. Quyida o‘lchami ko‘rsatilgan brusning hajmiy og‘irligini toping:
b = 30 sm, h = 20 sm, l = 100 sm, suyuqlikka cho‘kkan qismi y = 16 sm.

4. Og‘irligi 40 kN bo‘lgan avtomobilni daryodan o‘tkazish uchun cho‘p g‘o‘lalardan sol qurildi. Agar g‘o‘lalarning diametri d = 0,3 m va uzunligi l = 6 m va zichligi ρ_T = 800 kg/m^3 bo‘lsa, avtomobilni soldan o‘tkazish uchun necha dona g‘o‘la kerakligini aniqlang.

5. Temir-beton «plita» ning havodagi og‘irligi 1500 kN, suvdagi og‘irligi 800 kN bo‘lganda, «plita»ning zichligini aniqlang.

6. O‘lchamlari 60x60x20 sm bo‘lgan muz suvda suzmoqda. Muzning zichligi ρ_T = 900 kg/m^3. Agar muz erisa, idishdagi suv sathi qanchaga o‘zgaradi?

2. bo‘yicha nazorat savollari

1. Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalarini tushuntiring.
2. Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt.
3. Qanday kuchga gidrostatik bosim kuchi deyiladi?
4. Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim
5. Arximed qonuniga oid chizma
6. Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik
7. Gidrostatik mashinalarning qanday turlari mavjud?
8. Metamarkaz nuqta haqida tushuncha bering.

2. bo’lim. SUYUQLIKLAR KINEMATIKASI VA DINAMIKASI ASOSLARI. SUYUQLIKLARDA HARAKAT TURLARI

Gidravlikaning suyuqliklar harakat qonunlari va ularning harakatlanayotgan yoki harakatsiz qattiq jismlar bilan o`zaro ta'sirini o`rganuvchi bo`limi gidrodinamika deyiladi.

Harakatlanayotgan suyuqlik vaqt va koordinata bo`yicha o`zgaruvchi turli parametrlarga ega bo`lgan harakatdagi moddiy nuqtalar to`plamidan iborat. Odatda suyuqlikni o`zi egallab turgan fazoni butunlay to`ldiruvchi tutash jism deb qaraladi. Bu degan suz tekshirilayotgan fazoning istalgan nuqtasini olsak, shu yerda suyuqlik zarrachasi mavjuddir. Gidrostatikada asosiy parametr bosim edi, gidrodinamikada esa bosim va tezlikdir.

3.1 Gidrodinamikaning asosiy masalasi. Harakat turlari

Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida shu nuqtaga tegishli tezlik va bosim mavjud bo`lib, fazoning boshqa nuqtasiga o`tsak, tezlik va bosim boshqa qiymatga ega bo`ladi, ya'ni tezlik va bosim koordinatalar *x, u, z* ga bog`liq. Nuqtadagi suyuq zarrachaga ta'sir qilayotgan bosim va tezlik vaqt o`tishi bilan o`zgarib borishini tabiatda kuzatish mumkin.

Tezlik va bosim maydonlari. Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida hayolan tezlik va bosim vektorlarini ko‘rib chiqsak, ko`rilayotgan harakatga mos keluvchi tezlik va bosim to`plamlarini ko`z oldimizga keltira olamiz. Ana shu usul bilan tuzilgan tezlik *to`plami tezlik maydoni* deyiladi. Shuningdek, bosim vektorlaridan iborat to`plam *bosim maydoni* deb ataladi. Tezlik va bosim maydonlari vaqt o`tishi bilan o`zgarib boradi. Gidrostatikadagi kabi gidrodinamikada ham gidrodinamik bosimni *p* bilan belgilaymiz va uni sodda qilib bosim deb ataymiz. Tezlikni esa *u* bilan belgilaymiz. U holda tezlikning koordinata o`qlaridagi proyektsiyalari u_x, u_y, u_z bo`ladi.

Yuqorida aytib o`tilganga asosan suyuqlik parametrlari funktsiya ko`rinishida yoziladi

$$\begin{aligned} p &= f_1(x,y,z,t) \\ u &= f_2(x,y,z,t) \end{aligned} \qquad (3.1)$$

tezlik proyektsiyalari ham funktsiyalardir;

$$u_x = f_3(x,y,z,t)$$
$$u_y = f_4(x,y,z,t)$$
$$u_z = f_5(x,y,z,t)$$

Bu keltirilgan funktsiyalarni aniqlash va ular o`rtasidagi o`zaro bog`lanishni topish gidrodinamikaning asosiy masalasi hisoblanadi.

Harakat turlari. Harakat vaqtida suyuqlik oqayotgan fazoning hap bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt o`tishi bilan o`zgarib tursa, bunday harakat *beqaror harakat* deyiladi. Tabiatda daryo va kanallardagi suvning harakatlari, texnikada quvurlardagi suyuqlikning harakati va mexanizmlar qismlaridagi harakatlar asosan boshlanganda va ko`p hollarda butun harakat davomida beqaror bo`ladi. Agar

suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt bo`yicha o`zgarmay faqat koordinatalarga bog`liq, ya'ni

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

bo`lsa, u holda harakat *barqaror* deyiladi. Bu hol quvurlarda va kanallarda suyuqlik ma'lum vaqt oqib turganidan keyin yuzaga kelishi mumkin. Barqaror harakat ikki tur bo`lishi mumkin: *tekis va notekis harakatlar*. Suyuqlik zarrachasi harakat yo`nalishi bo`yicha vaqt o`tishi bilan harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o`tganda tezligi o`zgarib borsa, harakat notekis harakat bo`ladi. Notekis harakat vaqtida suyuqlik ichida bosim va boshqa gidravlik parametrlar o`zgarib boradi. Notekis harakatni kesimi o`zgarib borayotgan shisha quvurda kuzatish juda qulaydir.

Bordiyu suyuqlik zarrachasi harakat yo`nalishi bo`yicha vaqt o`tishi bilan harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o`tganda tezligini o`zgartirmasa, bunday harakat tekis harakat deyiladi. Tekis harakat vaqtida suyuqlikning gidravlik parametrlari o`zgarmaydi. Tekis harakatga kesimi o`zgarmaydigan quvurlardagi suyuqlikning va qiyaligi bir xil kanallardagi suv oqimi misol bo`la oladi.

Suyuqlik oqimining naporli va naporsiz harakati, gohida bu tushunchalar shartli bosimli va bosimsiz harakatlar deb ham qabul qilingan.

Naporli harakat vaqtida suyuqlik har tomondan devorlar bilan o`ralgan bo`lib, erkin sirt bilan chegarasi bo`lmaydi. Bunday harakatga naporli idishdan quvurga o`tayotgan suyuqlik harakati misol bo`ladi.

Naporsiz harakat vaqtida suyuqlik faqat og`irlik kuchi ta'sirida harakat qilib erkin sirtga ega bo`ladi. Bunday harakatga daryolardagi, kanallardagi suvning va quvurlardagi to`lmasdan oqayotgan suyuqlikning harakatlari misol bo`la oladi.

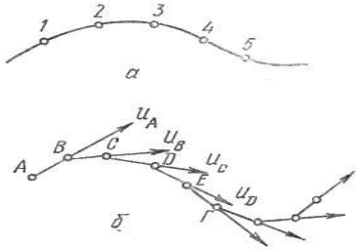
Struyali harakat. Struyali harakat vaqtida suyuqlik faqat havo bilan chegaralangan buladi.

3.2 Oqimchali harakat haqida asosiy tushunchalar. Oqim chizig`i, oqim naychasi va oqimcha. Suyuqlik oqimlari

Odatda, biror voqea yoki hodisani tekshirishda uni butunligicha tekshirib bo`lmagani uchun biror soddalashtirilgan sxema qabul qilinadi va ana shu sxema tekshiriladi. Gidravlikada suyuqlik harakati qonuniyatlarining tabiatini eng yaxshi ifodalab beruvchi sxema suyuqlik oqimini elementar oqimchalardan iborat deb qarovchi sxema hisoblanadi. Buni gidravlikada "suyuqlik harakatining oqimchali modeli" deb ataladi. Bu model asosida oqim chizig`i, oqim naychasi va oqimcha tushunchalari yotadi.

**a) Oqim chizig`i** – suyuqlik harakat qilayotgan fazoda suyuqlikning biror zarrachasining harakatini kuzatsak, uning vaqt o`tishi bilan fazoda oldinma-keyin olgan holatlarini 1, 2, 3... (3.1 - rasm, *a*) nuqtalar bilan ifodalash mumkin va bu nuqtalarda harakatdagi zarracha (3.1) va (3.2) ga asosan har xil tezlik va bosimlarga ega bo`ladi. Shu nuqtalarni o`zaro tutashtirsak, suyuqlik zarrachasiniig trayektoriyasi hosil bo`ladi.

Endi, suyuqlik zarrachasining tezligini kuzatamiz. Zarrachaning *A* nuqtadagi tezlik vektori u_A ni ko‘rilayotgan vaqt uchun quramiz, shu vektorning davomida kichik dl_1 masofadagi *B* nuqtada harakatdagi suyuqlik zarrachasining *B* nuqtaga tegishli tezlik vektori u_B ni quramiz. Hosil bo`lgan yangi vektorning davomida kichik dl_2 masofadagi *C* nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining vektori u_C ni quramiz. u_S vektorining davomida dl_3 masofadagi *D* nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining u_D vektorini quramiz va h. k. Natijada *ABCDE* (3.2 - rasm, b) siniq chiziqni hosil qilamiz. Agar dl_1, dl_2, dl_3 larni cheksiz kichraytirib borib, nolga intiltirsak, *ABCDE* o`rnida biror egri chiziqni olamiz. Bu egri chiziq oqim chizig`i deb ataladi



3.1 - rasm. Oqim chizig`ini tushuntirishga oid chizma.

3.2 - rasm. Oqim naychasi. elementar oqimcha va oqim.

Demak, suyuqlik harakatlanayotgan fazoda olingan va berilgan vaqtda har bir nuqtasida unga o`tkazilgan urinma shu nuqtaga tegishli tezlik vektori yo`nalishiga mos keluvchi egri chiziq oqim chizig`i deb ataladi. Beqaror harakat vaqtida tezlik va uning yo`nalishi vaqt davomida o`zgarib turgani uchun trayektoriya bilan oqim chizig`i bir xil bo`lmaydi. Barqaror harakat vaqtida esa tezlik vektorining nuqtalardagi holati vaqt o`tishi bilan o`zgarmagani uchun trayektoriya bilan oqim chizig`i ustma-ust tushadi.

Oqim naychasi va elementar oqimcha. Endi, suyuqlik harakatlanayotgan sohada,biror *D* nuqta olib, shu nuqta atrofida cheksiz kichik *dl* kontur olamiz va shu konturning har bir nuqtasidan oqim chizig`i o`tkazamiz. U holda oqim chiziqlari oqim naychasi, deb ataluvchi naycha hosil qiladi (3.1-rasm, *a*). Oqim naychasi ichida oqayotgan suyuqlik oqimi elementar oqimcha deb ataladi, Elementar oqimchalar barqaror harakat vaqtida quyidagi xususiyatlarga ega.

1. Oqim chiziqlari vaqt o`tishi bilan o`zgarmagani uchun ulardan tashkil topgan elementar oqimcha o`z shaklini o`zgartirmaydi.

2. Bir oqimchada oqayotgan suyuqlik zarrachasi boshqa yonma-yon oqimchalarga o`ta olmaydi. Shuning uchun elementar oqimchalarning yon sirti oqimcha ichidagi zarrachalar uchun ham, tashqaridagi zarrachalar uchun ham o`tkazmas sirt bo`ladi.

3. Elementar oqimcha ko`ndalang kesimi cheksiz kichik bo`lgani uchun bu kesimdagi barcha nuqtalarda suyuqlik zarrachalarining tezligi o`zgarmasdir.

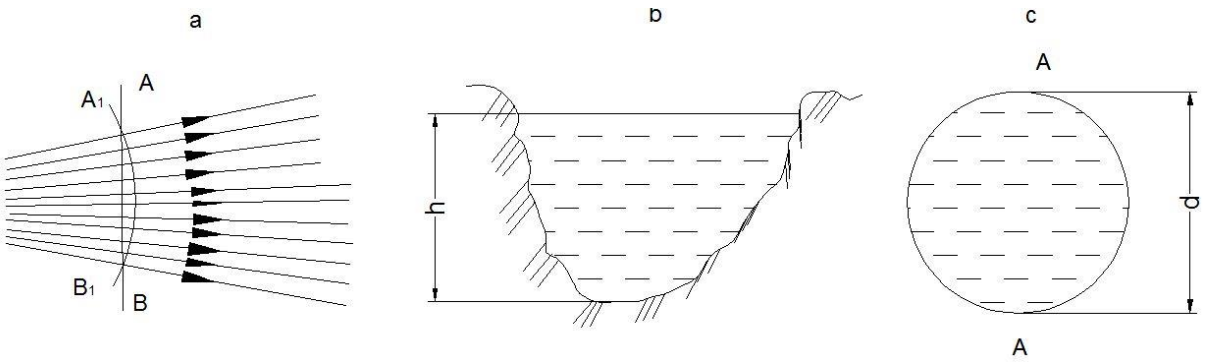
Endi biror ω yuza olib, uni cheksiz ko`p $d\omega_1$ $d\omega_2$ , $d\omega_3$ elementar yuzalarga ajratish mumkin (3.2 - rasm, *b*). Shuning uchun yuzadan oqib o`tayotgan suyuqlik oqmasi cheksiz ko`p elementar oqimchalardan tashkil topgan bo`ladi va har bir elementar oqimchada suyuqlik tezligi boshqa elementar oqimchalardagidan farq qiladi.

3.3 Oqimning asosiy gidravlik elementlari

Suyuqlik oqimini tekshirishda oqish qonunlarini matematik ifodalash uchun uni gidravlik va geometrik nuqtai nazardan xarakterlovchi; 1) harakat kesimi; 2) suyuqlik sarfi; 3) o`rtacha tezlik; 4) ho`llangan perimetr; 5) gidravlik radius kabi tushunchalar kiritiladi.

Harakat kesimi deb shunday sirtga aytiladiki, uning har bir nuqtasida oqim chizig`i normal bo`yicha yo`nalgan bo`ladi. Umumiy holda harakat kesimi egri sirt bo`lib (3.3 - rasm *a*), parallel oqimchali harakatlar uchun tekislikning bo`lagidan iborat (ya'ni tekis sirtdir) (3.3 - rasm, *b, c*).

Masalan, radial tarqalayotgan suyuqlik oqimi uchun harakat kesimi sferik sirt bo`lsa (3.3 - rasm, *a*) o`zanda va quvurda harakat qilayotgan oqimning harakati kesimi tekis sirtdir (3.3 - rasm, *b, c*). Shunga asosan parallel oqimchali harakatga ega bo`lgan oqimlarning harakat kesimi uchun quyidagicha ta'rif berish mumkin: *oqimning umumiy oqim yo`nalishiga normal bo`lgan ko`ndalang kesimi harakat kesimi deb ataladi*. Oqim harakat kesimining yuzi ω harfi bilan belgilanadi.



3.3 - rasm. Harakat kesimiga oid chizma.

Vaqt birligida oqimning berilgan harakat kesimi orqali oqib o`tayotgan suyuqlik miqdori **suyuqlik sarfi** deb ataladi. Sarf *Q* harfi bilan belgilanadi va *l*/s, $m^3$/s, $sm^3$/s larda o`lchanadi. Elementar yuza bo`yicha sarfni *dq* bilan, birlik yuza bo`yicha sarfni *q* bilan belgilanadi. 3.4 - rasmda quvurdagi (*a*) va kanaldagi (*b*) oqimlar uchun tezlik epyuralari keltirilgan. Tezlik suyuqlik oqayotgan idish devorlarida nolga teng bo`lib, devordan uzoqlashgan sari kattalashib borishi rasmdan ko`rinib turibdi. Quvurda tezlikning eng katta qiymati uning o`rtasida bo`lsa, kanalda erkin sirtga yaqin yerda bo`ladi. Ixtiyoriy elementar oqimcha uchun elementar sarf $dQ = u \cdot d\omega$ ga teng. Oqim cheksiz ko`p elementar oqimchalardan tashkil topgani uchun elementar sarflarning yig`indisi, ya'ni butun oqimning sarfi integral ko`rinishda ifodalanadi:

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

bu yerda: ω – harakat kesimi; $d\omega$ – harakat kesimining elementar oqimchaga tegishli bo`lagi.

Suyuqlik zarrachalarining hammasi bir xil tezlik bilan harakatlanganda bo`ladigan sarf, haqiqiy harakat vaqtidagi sarfga teng bo`ladigan tezlik o`rtacha tezlik deb ataladi. 3.4 - rasm, *a*, *b* larda haqiqiy tezlik epyurasi punktir chiziq bilan chizilib, punktirli strelkalarning uchini birlashtiradi. O`rtacha tezlik epyurasi tutash chiziqlar bilan chizilgan bo`lib, tutash strelkalar uchini birlashtiradi. O`rtacha tezlik ϑ harfi bilan belgilanadi va sarfni harakat kesimiga bo`lish yo`li bilan topiladi:

$$\vartheta = \frac{Q}{\omega} = \frac{\int_{\omega} u d\omega}{\omega}. \qquad (3.4)$$

Bunda suyuqlik sarfi o`rtacha tezlik orqali quyidagicha ifodalaniladi:

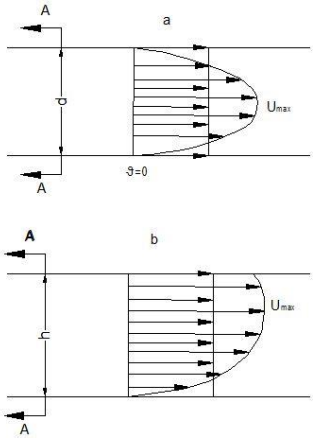
$$Q = \vartheta \cdot \omega. \qquad (3.5)$$

Oqma ko`ndalang kesimini (erkin sirtni hisobga olmaganda) uni chegaralovchi devorlar bilan tutashtiruvchi chiziq perimetri ho`llangan perimetr deb ataladi. Oqim ko`ndalang kesimining ho`llanmagan qismi ho`llangan perimetrga kirmaydi va uni hisoblashda chiqarib tashlanadi. Ho`llangan perimetr χ harfi bilan belgilanadi.

Turli shakldagi nov (kanal) lar va quvurlar uchun ho`llangan perimetr quyidagicha hisoblanadi:

to`g`ri to`rtburchak nov uchun (3.4-rasm, *a*):

$$\chi = 2h + b,$$



3.4 - rasm. Suyuqlik sarfi va o`rtacha tezlikka doir chizma.

bu yerda: *h* – suyuqlik chuqurligi; *b* - nov (kanal)ning kengligi: trapetsiadal nov uchun (3.4 - rasm, *b*).

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2},$$

bu yerda m = ctgα – qiyalik koeffitsiyenti;

uchburchak novlar uchun (1.32 - rasm, *v*):

$$\chi = 2h\sqrt{1 + m^2}$$

silindrik quvurlar uchun (1.32 - rasm g) suyuqlik to`lib oqqanda

$$\chi = \pi d = 2\pi r;$$

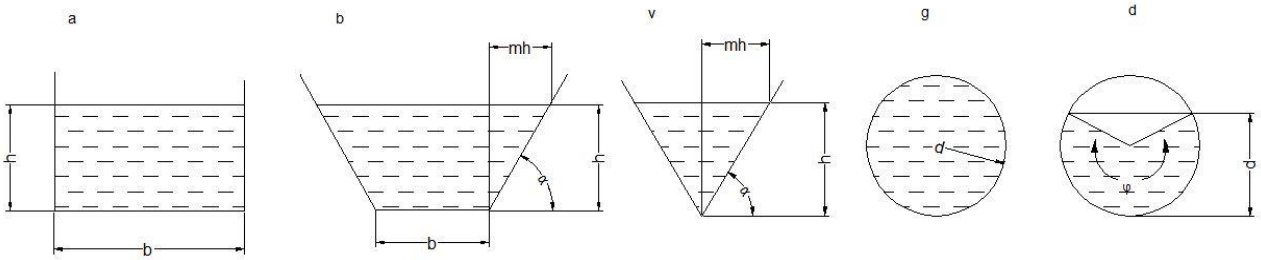
suyuqlik to`lmay oqqanda (1.32 - rasm, *d*)

$$\chi = \frac{\varphi \pi d}{360},$$

bu yerda: φ – markaziy burchak; *d* - quvurning ichki diametri; *r* - quvurning ichki radiusi.

Oqim harakat kesimi ω ning ho`llangan perimetri χ ga nisbati gidravlik radiusi deb ataladi va R bilan belgilanadi, ya'ni:

$$R = \frac{\omega}{\chi} \tag{3.6}$$



3.5 - rasm. Ho`llangan perimetrga doir chizma.

To`g`ri to`rtburchak novlar uchun:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{hb}{2h + b}; \tag{3.7}$$

Trapetsiadal novlar uchun

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{h\cdot(mh + b)}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}. \tag{3.8}$$

Uchburchak novlar uchun

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{mh^2}{2h\sqrt{1 + m^2}} = \frac{mh}{2\sqrt{1 + m^2}}. \tag{3.9}$$

Silindrik quvurlar uchun:

suyuqlik to`lib oqqanda $R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\pi d^2}{4} : \pi d = \frac{r}{2},$ (3.10)

suyuqlik to`lmay oqqanda $R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\frac{d^2}{8}\left(\frac{\varphi\pi}{180} - \sin\varphi\right)}{\frac{\varphi\pi d}{360}} = \frac{d}{4}\left(1 - \frac{180\sin\gamma}{\varphi\pi}\right).$ (3.11)

3.4 Suyuqlikning barqaror harakati uchun uzilmaslik tenglamasi

Yuqorida aytib o`tilganidek, gidravlikada suyuqliklar tutash muhitlar deb qaraladi (ya'ni harakat fazosining istalgan nuqtasida suyuqlik zarrachasini topish mumkin). Elementar oqimcha va oqim uchun uzilmaslik tenglamasi suyuqlikning tutash oqimi (ya'ni har bir harakatdagi zarrachaning oldida va ketida cheksiz yaqin masofada albatta yana biror zarracha mavjudligi) ning matematik ifodasi bo`lib xizmat qiladi. Suyuqlikning barqaror harakatini ko`ramiz.

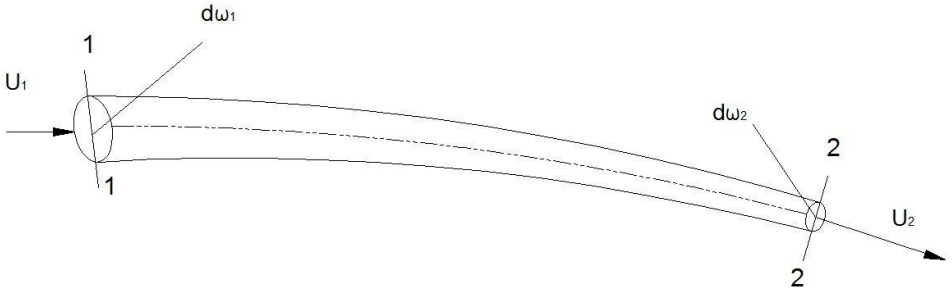
Elementar oqimcha uchun uzilmaslik tenglamasini chiqaramiz. Oqimda harakat o`qi *l-l* bo`lgan elementar oqimcha olamiz va uning 1 - 1 va 2 - 2 kesimlari orasidagi bo`lagini tekshiramiz (3.6-rasm). 1-1 kesimdagi yuza $d\omega_1$ tezlik $u_2$, 2-2 kesimdagi yuza $d\omega_2$, tezlik $u_2$ bo`lsin va bu kesimlarda tegishli elementar sarflar $q_1 = u_1\, d\omega_1$ va $q_2 = u_2 d\omega_2$ ga teng bo`lsin.

Bu holda 1-1 va 2 - 2 kesimlar orqali o`tuvchi elementar sarflar teng bo`ladi:

$$q_1 = q_2 \tag{3.12}$$

Buni isbotlash uchun quyidagi ikki holni ko`ramiz:

1). $q_1 > q_2$ bo`lsin. Bu holda 1-1 va 2-2 kesimlar o`rtasida suyuqlik to`planishi yoki elementar oqimcha devorlari orqali tashqariga chiqishi mumkin degan xulosa chiqadi. Biroq yuqorida aytilganidek, elementar oqimcha devorlaridan suyuqlik o`tmaydi va uning ko`ndalang kesimlari o`tkazmasdir.



3.6 - rasm. Elementar oqimcha uchun uzilmaslik tenglamasini chiqarishga oid chizma.

Demak, bunday taxmin noto`g`ri ekanligi ko`rinib turibdi.

2) $q_1 < q_2$ bo`lsin. Bu holda 1-1 va 2-2 kesimlari orasida qayerdandir suyuqlik qo`shilib turishi yoki elementar oqimcha devorlari orqali ichkariga o`tib turishi kerak. Yuqoridagiga asosan bunday taxmin ham noto`g`ri ekanligi ko`rinadi. Shunday qilib, (3.12) tenglik to`g`ri ekanligi isbotlandi.

Elementar sarflar tengligidan quyidagi kelib chiqadi:

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2 \qquad (3.13)$$

1-1 va 2-2 kesimlar ixtiyoriy tanlab olinganligi uchun elementar oqimchaning xohlagan kesimi uchun elementar sarf teng bo`ladi, ya'ni

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2 = u_3 d\omega_3 ... u_n d\omega_n = const$$

(3.13) tenglama elementar oqimcha uchun uzilmaslik tenglamasi deb ataladi. Bu tenglamadan ko`rinib turibdiki, elementar oqimchaning barcha kesimlarida elementar sarf bir xildir. (3.13) tenglamani quyidagicha yozish mumkin

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{d\omega_2}{d\omega_1}.$$

Bundan elementar oqimchaning ixtiyoriy ikkita kesimidagi tezliklar bu kesimlar yuzasiga teskari proportsional ekanligi kelib chiqadi.

Oqim uchun uzilmaslik tenglamasini chiqaramiz. Buning uchun elementar oqimcha uchun olingan uzilmaslik tenglamasidan foydalanamiz. Oqim sarfi cheksiz ko`p oqimchalar sarfining yig`indisidan iborat ekanligini (3.6 - rasm) nazarga olib, (3.13) tenglamaning chap va ung qismini ω_1 va ω_2 yuzalar bo`yicha olingan integrallar bilan almashtiramiz

$$\int_{\omega_1} u_1 d\omega_1 = \int_{\omega_2} u_2 d\omega_2.$$

(3.3) tenglamaga asosan

$$\int_{\omega_1} u_1 d\omega_1 = \vartheta_1 \omega_1; \quad \int_{\omega_2} u_2 d\omega_2 = \vartheta_2 \omega_2$$

bo`ladi. Shuning uchun

$$\vartheta_1 \omega_1 = \vartheta_2 \omega_2 \qquad (3.14)$$

Tanlab olingan 1–1 va 2–2 kesimlar ixtiyoriy bo`lgani uchun

$$\vartheta_1\omega_1 = \vartheta_2\omega_2 = \vartheta_3\omega_3 = ... = \vartheta_n\omega_n = const$$

Bu oqim uchun uzilmaslik tenglamasidir. Undan ko`rinadiki, oqimning yo`nalishi bo`yicha ko`ndalang kesimlarning yuzasi va tezligi o`zgarib borishi mumkin. Lekin sarf o`zgarmaydi. (3.14) tenglamani quyidagicha ta'riflash va yozish mumkin, ya'ni *oqimning kesimlaridagi o`rtacha tezliklar tegishli kesimlarning yuzalariga teskari proportsionaldir:*

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

3.5 Ideal suyuqliklar uchun harakat tenglamasi. Suyuqlik harakati uchun Eyler tenglamasi

Yuqorida biz ideal va real suyuqliklar tushunchasi haqida to`xtalib, ularning bir-biridan farqini ko`rsatuvchi asosiy kattalik ichki ishqalanish kuchi ekanligini aytib o`tdik. Keyinchalik ichki ishqalanish kuchi tezlik gradiyentiga bog`liq bo`lishini ta'kidladik.

Gidrostatika bo`limida suyuqliklar muvozanat holatining tenglamasini chiqarganimizdek, ularning harakati uchun ham umumiylashgan tenglama chiqarishimiz mumkin. Quyida biz ideal suyuqliklar uchun shunday tenglama chiqarish bilan shug’ullanamiz. Suyuqlik harakat qilayotgan fazoda tomonlari *dx, dy, dz* bo`lgan elementar hajm ajratib olamiz (3.6 - rasmga qarang). U holda hajmga *Ox, Oy, Oz* o`qlari yo`nalishida ta'sir etuvchi kuchlar gidrostatikada suyuqliklar asosiy tenglamasini chiqarganimizdagidek ifodalanadi. Bu yerda farq suyuqlik harakatda bo‘lganligi uchun bosim kuchlaridan tashqari inertsiya kuchlari ham mavjudligidir. Shuning uchun gidrostatikada suyuqlikning muvozanat shartlaridan foydalangan bo`lsak, bu yerda Dalamber printsipidan foydalanamiz. U holda birlik massaga ta'sir etuvchi inertsiya kuchlarining teng ta'sir etuvchisi *x, y* va *z* o`qlariga quyidagi proektsiyalarga ega bo‘ladi:

$$\alpha_x = \frac{du_x}{dt};\ \alpha_y = \frac{du_y}{dt};\ \alpha_z = \frac{du_z}{dt} \qquad (3.15)$$

Birlik massaga ta'sir etuvchi bosim kuchlarining teng ta'sir etuvchilari

$$-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x};\ -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y};\ -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} \qquad (3.16)$$

bo`ladi. Shuningdek, og`irlik kuchlari uchun *x, y* va *z* o`qlaridagi proektsiyalar

$$X,\ Y, Z. \qquad (3.17)$$

Endi *x, y* va *z* o`qlari bo`yicha Dalamber printsipini qo`llasak quyidagi differentsial tenglamalar sistemasiga ega bo`lamiz:

$$\left.\begin{aligned} \frac{du_x}{dt} &= X - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{du_y}{dt} &= Y - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{du_z}{dt} &= Z - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned}\right\} \qquad (3.18)$$

Bu tenglamalar sistemasi ideal suyuqliklar harakatining differentsial tenglamasi deyiladi. U birinchi marta Eyler tomonidan suyuqliklar harakatini

tekshirish uchun taklif qilingani uchun (1755 y) Eyler tenglamasi deb ham yuritiladi.

Yuqoridagi sistema uchta differentsial tenglamadan iborat bo`lib, noma'lumlar soni to`rtga: u_x, u_y, u_z, p. Matematikada ko`rsatilishicha bunday holda yana bitta tenglama kerak bo`ladi. Ana shu to`rtinchi tenglama sifatida suyuqliklar harakatining uzilmaslik tenglamasini differentsial shaklda yoziladi va u siqilmaydigan suyuqliklar uchun quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi:

$$\frac{\partial u_x}{\partial x}+\frac{\partial u_y}{\partial y}+\frac{\partial u_z}{\partial z}=0 \qquad (3.19)$$

Oliy matematika kursidan ma'lumki, ixtiyoriy vektor proyektsiyalarining tegishli koordinatalar bo`yicha hosilalari yig`indisi divergentsiya deyiladi. U holda,

$$\frac{\partial u_x}{\partial x}+\frac{\partial u_y}{\partial y}+\frac{\partial u_z}{\partial z}=div\overline{U}$$

Buni nazarga olsak, (3.19) qisqacha quyidagicha yoziladi:

$$div\overline{U}=0$$

Murakkab funktsiyaning to`liq differentsiali haqidagi qoidaga asosan

$$\frac{du_x}{dt}=\frac{\partial u_x}{\partial x}+\frac{\partial u_x}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t}+\frac{\partial u_x}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t}+\frac{\partial u_x}{\partial z}\frac{\partial z}{\partial t}, \qquad (3.20)$$

lekin koordinatalardan vaqt bo`yicha hosilalar tezlik proyektsiyalarini beradi, ya'ni

$$\frac{\partial x}{\partial t}=u_x;\ \ \frac{\partial y}{\partial t}=u_y;\ \ \frac{\partial z}{\partial t}=u_z. \qquad (3.21)$$

Buni nazarda tutgan holda (3.20) ni quyidagicha yozish mumkin

$$\frac{du_x}{dt}=\frac{\partial u_x}{\partial x}+u_x\frac{\partial u_x}{\partial x}+U_y\frac{\partial u_x}{\partial y}+u_z\frac{\partial u_x}{\partial z}. \qquad (3.22)$$

Shuningdek, u_y,u_z funktsiyalarining vaqt bo`yicha to`liq hosilalarini ham quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{du_y}{dt}=\frac{\partial u_y}{\partial t}+u_x\frac{\partial u_y}{\partial x}+u_y\frac{\partial u_y}{\partial y}+u_z\frac{\partial u_y}{\partial z}\ , \qquad (3.23)$$

$$\frac{du_z}{dt}=\frac{\partial u_z}{\partial t}+u_x\frac{\partial u_z}{\partial x}+u_y\frac{\partial u_z}{\partial y}+u_z\frac{\partial u_z}{\partial z}. \qquad (3.24)$$

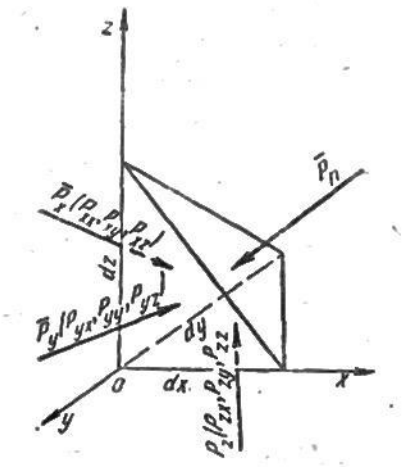
(3.22), (3.23), (3.24) larni (3.18) tenglamaga qo`yib, ideal suyuqliklar differentsial tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial u_x}{\partial t}+u_x\frac{\partial u_x}{\partial x}+u_y\frac{\partial u_x}{\partial y}+u_z\frac{\partial u_x}{\partial z}=X-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}\\
&\frac{\partial u_y}{\partial t}+u_x\frac{\partial u_y}{\partial x}+u_y\frac{\partial u_y}{\partial y}+u_z\frac{\partial u_y}{\partial z}=Y-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}\\
&\frac{\partial u_z}{\partial t}+u_x\frac{\partial u_z}{\partial x}+u_y\frac{\partial u_z}{\partial y}+u_z\frac{\partial u_z}{\partial z}=Z-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}
\end{aligned} \qquad (3.25)$$

3.6 Real suyuqliklarda ichki kuchlar. Nave-Stoks tenglamasi

Real suyuqliklarda gidrodinamik bosim mavjud bo`lib, harakat yo`q bo`lgan holda u gidrostatik bosimga aylanadi. Gidrodinamik bosimning xossalari gidrostatik bosim xossalariga qaraganda umumiyroqdir. Gidrodinamik bosim

suyuqlikdagi ichki kuchlarni ifodalovchi va zo`riqish kuchlari deb ataluvchi kuchlar tarkibiga kiradi. Suyuqlik ichida joylashgan biror elementar hajmni kuzatsak, unga tashqaridagi suyuqlik massasi ma'lum bir kuch bilan ta'sir qiladi. Ana shu kuch zo`riqish kuchi deyiladi. Bu kuchni to`laroq ko`z oldimizga keltirish uchun tomonlari *dx, dy, dz* ga teng bo`lgan tetraedr ko`rinishidagi elementar hajm ajratib olamiz (3.7 - rasm). U holda tetraedrning qiya sirtiga tashqaridagi suyuqlik $\vec{p}_n$ kuch bilan ta'sir qiladi. Olingan elementar hajm harakat vaqtida o`z holatini saqlashi uchun unga teng ta'sir etuvchisi $\vec{p}_n$ kuchiga teng va qarama-qarshi yo`nalgan quyidagi uchta kuch ta'sir qiladi: tetraedrning *yOz* tekislikda yotgan yuzasi bo`yicha $\vec{p}_x$ kuchi, *xOz* tekisligida yotgan yuzasi bo`yicha p_z kuchi.



3.7 - rasm. Real suyuqliklarda zo`riqish tenzorini tushuntirishga doir chizma

Bu kuchlarning har biri *x, y* va *z* o`qlari bo`yicha proyektsiyaga ega:

$$\bar{p}_x\{p_{xx}, p_{xy}, p_{xz}\}$$
$$\bar{p}_y\{p_{yx}, p_{yy}, p_{yz}\}$$
$$\bar{p}_z\{p_{zx}, p_{zy}, p_{zz}\}$$

Shunday qilib, *P* kuchni to`qqizta kuch bilan almashtirish mumkin bo`ladi. Bunday xususiyatga ega bo`lgan kattaliklar tenzor deb ataladi va quyidagicha yoziladi:

$$\bar{p}_n\begin{Bmatrix} p_{xx}, p_{xy}, p_{xz} \\ p_{yx}, p_{yy}, p_{yz} \\ p_{zx}, p_{zy}, p_z \end{Bmatrix} \qquad (3.26)$$

Bu kuchlardan uchtasi p_{xx}, p_{yy},, p_{zz} tetraedr yon sirtlariga normal bo`yicha yo`nalgan bo`lib, ular zo`riqish tenzorining normal tashkil etuvchilari deyiladi. Tenzorning qolgan oltita tashkil etuvchisi sirtlarga urinma bo`yicha yo`nalgan bo`lib, zo`riqish tenzorining urinma tashkil etuvchilari deyiladi. Urinma tashkil etuvchilar quyidagi xossaga ega bo`ladi:

$$p_{xy} = p_{yx}; p_{xz} = p_{zx}; p_{yz} = p_{zy}$$

Shuning uchun, *p* tenzori simmetrik tenzor deb ataladi. Bu xossaning isboti maxsus kurslarda keltirilgan bo`lib, biz u to`g`risida to`xtalib o`tirmaymiz. Shuningdek, tenzorning komponentlarini tushuntirishlarsiz, tezlik va qovushqoqlik koeffitsiyenti orqali ifodasini keltiramiz:

$$
\begin{aligned}
p_{xx} &= -p + 2\mu \frac{\partial u_x}{\partial_x} \quad , \\
p_{yy} &= -p + 2\mu \frac{\partial u_y}{\partial y} \quad , \\
p_{zz} &= -p + 2\mu \frac{\partial u_z}{\partial z} \quad , \\
p_{xy} &= p_{yx} = \mu\left(\frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y}\right) \quad , \\
p_{xz} &= p_{zx} = \mu\left(\frac{\partial u_x}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial x}\right) \quad , \\
p_{yz} &= p_{zy} = \mu\left(\frac{\partial u_z}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial z}\right)
\end{aligned}
\qquad (3.27)
$$

bu yerda: p – gidrodinamik bosim.

Bu yerda biz $\bar{p}_n$ tenzori komponentalarini siqilmaydigan suyuqliklar uchun yozdik. Bu ifodalarni ilgari aytib o`tilgan Nyuton gipotezasiga qiyoslab, umumlashgan Nyuton gipotezasi deb ataladi. Bu holda avvalgi paragrafdagi kabi harakat tenglamasini tuzish mumkin bo`ladi. Tomonlari *dx*, *dy*, *dz* ga teng bo`lgan parallelepiped ko`rinishida elementar hajm olsak (3.7 - rasmga q.) U holda *Ox*, *Oy*, *Oz* yo`nalishida og`irlik va inertsiya kuchlarini hisobga olmaganimizda, uchta kuch ta'sir qiladi:

Ox bo`yicha p_{xx}, p_{yx}, p_{zx}
Ou bo`yicha p_{xy}, p_{yy}, p_{zy}
Oz bo`yicha p_{xz}, p_{yz}, p_{zz}.

Demak, parallelepipedning (3.7 - rasmga q.) *Ox* o`qiga tik bo`lgan yon yoqlari bo`yicha ta'sir qiluvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi quyidagiga teng:

$$\frac{\partial p_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z}$$

Oy o`qiga tik bo`lgan yon yoqlari bo`yicha

$$\frac{\partial p_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zy}}{\partial z}$$

Oz o`qiga tik bo`lgan yon yoqlari bo`yicha

$$\frac{\partial p_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zz}}{\partial z}$$

Endi, oldingi paragrafdagi kabi Dalamber printsipidan foydalanib harakat tenglamasini tuzamiz. U quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi:

$$
\begin{aligned}
\frac{du_x}{dt} &= X + \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial p_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z}\right) \\
\frac{du_Y}{dt} &= Y + \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial p_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z}\right) \\
\frac{du_z}{dt} &= Z + \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial p_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zz}}{\partial z}\right)
\end{aligned}
\qquad (3.28)
$$

Olingan tenglamaga (3.22), (3.23), (3.24) va (3.25) munosabatlarni kiritsak, real suyuqliklarning harakat tenglamasi quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial u_x}{\partial t}+u_x\frac{\partial u_x}{\partial x}+u_y\frac{\partial u_x}{\partial y}+u_z\frac{\partial u_x}{\partial z}&=X-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\nu\left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2}\right)\\
\frac{\partial u_y}{\partial t}+u_x\frac{\partial u_y}{\partial x}+u_y\frac{\partial u_y}{\partial y}+u_z\frac{\partial u_y}{\partial z}&=Y-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}+\nu\left(\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u_y}{\partial z^2}\right)\\
\frac{\partial u_z}{\partial t}+u_x\frac{\partial u_z}{\partial x}+u_y\frac{\partial u_z}{\partial y}+u_z\frac{\partial u_z}{\partial z}&=Z-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}+\nu\left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u_z}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2}\right)
\end{aligned} \qquad (3.29)$$

Bu hosil bo`lgan tenglamalar sistemasi siqilmaydigan suyuqliklar uchun Nave-Stoks tenglamasi deyiladi. (3.29) sistema uchta tenglamadan iborat bo`lib noma'lumlar soni to`rtta; $u_x$, $u_y$, $u_z$, $p$. Shuning uchun real suyuqliklar harakatini tekshirishda bu sistemaga (3.19) tenglamani qo`shib yechiladi.

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma:

Masala. Siqilmaydigan suyuqlikning tezlik maydoni quyidagi potentsialga: $\varphi = 4(x^2 - u^2)$ ega bo'lishi mumkinmi?

***Yeshimi*:** suyuqlikning tezlik maydoni potentsialga ega bo'lishi uchun Laplas tenglamasidan foydalanamiz:

$$\nabla^2\varphi=\frac{\partial^2\varphi}{\partial X^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial Y^2}=0$$

U holda

$$\varphi = 4(\mathrm{x}^2 - y^2);\ \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}=8$$

$$\varphi = 4(x^2 - y^2);\ \frac{\partial^2\varphi}{\partial Y^2}=8$$

bu yerda: $\nabla^2\varphi = 8-8=0$

Demak, tezlik maydoni berilgan potentsialga ega bo'lishi mumkin.

Mustaqil yechishga doir masalalar:

1. Agar kesimlardagi harakat kesimining yuzasi $\omega_1 = 0{,}5\ \mathrm{m}^2$; $\omega_2 = 0{,}7\ \mathrm{m}^2$ va $\omega_3 = 0{,}4\ \mathrm{m}^2$ bo'lib, $V_3 = 0{,}8$ m/s bo'lganda, oqim sarfi va o'rtacha tezligini aniqlang.

2. To'g'ri burchakli to'rtburchak shaklidagi ketma-ket ulangan quvurlarning gidravlik elementlarini (sarf, o'rtacha tezlik, gidravlik radius, ho'llangan perimetr) aniqlang: $h_1 = 1{,}0$ m; $b_1 = 1{,}5$ m; $h_2 = 1{,}2$ m; $b_2 = 1{,}8$ m, $V_2 = 0{,}5$ m/s bo'lsin.

3. Oqim harakat tezligining proyektsiyasi berilgan: $u_x = 8\,x$; $u_u = -8\,u$. Oqim chizig'ining trayektoriyasini toping.

4. Oqim trayektoriyasi tenglama orqali berilgan bo'lsa, uning 10 sekunddan keyingi tezligini aniqlang.

5. Tajribalar asosida olingan tezlik proyektsiyasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ldi: $u_x = 5xy + 2$; $u_y = 2x - 5xy$. Tajriba to‘g‘ri o‘tkazilganmi?

3.7 Elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi

Yuqorida keltirilgan Eyler va Nave-Stoks tenglamalar sistemalarini yechish yo`li bilan suyuqlik harakatlanayotgan fazoning har bir nuqtasidagi tezlik va bosimni topish mumkin. Lekin bu sistemalarni yechish katta qiyinchiliklar bilan amalga oshiriladi, ko`p hollarda esa hatto yechish mumkin emas. Shuning uchun gidravlikada, ko`pincha, o`rtacha tezlikni topish bilan chegaralanishga to`g`ri keladi. Buning uchun, odatda, Bernulli tenglamasidan foydalaniladi. Biz bu yerda Bernulli tenglamasini ikki xil usulda chiqarishni ko`rsatamiz.

Birinchi usul Eyler tenglamasidan foydalanish yo`li bilan amalga oshiriladi. Buning uchun (3.18) sistemaning birinchi tenglamasini *dx* ga, ikkinchi tenglamasini *dy* ga, uchinchi tenglamasini *dz* ga ko`paytiramiz va hosil bo`lgan uchta tenglamani qo`shamiz. Natijada quyidagi tenglamaga ega bo`lamiz:

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

(3.21) munosabatdan ko`rinib turibdiki,

$$dx = u_x dt;\ \ dy = u_y dt;\ \ dz = u_z dt$$

Shu munosabatdan foydalanib. (3.30) tenglamaning chap tomonini quyidagi ko`rinishga keltiramiz:

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

lekin

$$u^2 = u_x^2 + u_y^2 + u_z^2$$

bo`lgani uchun (3.30) tenglama chap tomonining ko`rinishi quyidagicha bo`ladi:

$$\frac{1}{2}d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) = \frac{1}{2}d(u^2) \qquad (3.32)$$

(3.30) ning o`ng tomonidagi *Xdx + Ydy + Zdz* biror kuch potentsialining to`liq differentsialidir. Agar shu potentsialni *F = f(x, y, d)* bilan belgilasak, u holda quyidagiga ega bo`lamiz

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

Odatda, suyuqlikka ta'sir qiluvchi massa kuch og`irlik kuchidir. Bu holda dekart koordinatalar sistemasida quyidagicha bo`ladi:

$$F = -gz \qquad (3.34)$$

(3.30) tenglamaning o`ng tomonida yana bosim bilan ifodalangan munosabat bo`-lib, u bosimning to`liq differentsialini ifodalaydi, ya'ni

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

(3.32), (3.33), (3.34) va (3.35) larni (3.30) tenglamaga qo`ysak, u quyidagi ko`rinishga keladi

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

Hosil bo`lgan tenglamani elementar oqimchaning 1-1 kesimidan (3.8 - rasmga q.) 2-2 kesimigacha integrallasak, quyidagi tenglamaga ega bo`lamiz:

$$\frac{u_1^2}{2}+\frac{p_1}{\rho}+gz_1=\frac{u_2^2}{2}+\frac{p_2}{\rho}+gz_2 \qquad (3.36)$$

Bu tenglikdagi har bir had massa birligiga keltirilgan. Agar uni kuch birligiga keltirsak, ya'ni g ga ikki tomonini bo`lib yuborsak, u holda $\rho \cdot g=\gamma$ ni hisobga olib, quyidagini olamiz:

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

Oxirgi tenglama 1738 y. Bernulli tomonidan olingan bo`lib, uning nomi bilan ataladi va gidravlikada harakatning asosiy tenglamasi bo`lib xizmat qiladi. Bu tenglama ixtiyoriy ikkita kesim uchun olingan bo`lib, bu kesimlarning elementar oqimcha yo`nalishi bo`yicha qayerda olinishining ahamiyati yo`q. Shuning uchun Bernulli tenglamasini quyidagi ko`rinishda ham yozish mumkin:

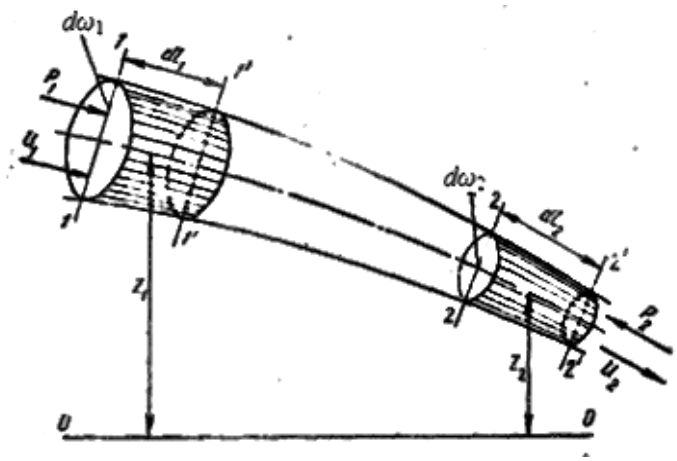
$$\frac{u^2}{2g}+\frac{p}{\gamma}+z=const \qquad (3.38)$$

Ko`rinib turibdiki, Bernulli tenglamasida asosan $z,\frac{p}{\gamma},\frac{u^2}{2g}$ kattaliklarning yig`indisi o`zgarmas ekan. Shunday qilib, bu tenglama tezlik $u$, bosim $p$, zichlik $\rho$ o`rtasidagi munosabatni ifodalaydi.

D. Bernullining o`zi yuqoridagi tenglamani kinetik energiyaning o`zgarishi qonunidan keltirib chiqargan bo`lib, biz keltirgan usul esa Eyler tomonidan qo`llanilgan.

Ikkinchi usul kinetik energiyaning o`zgarish qonunidan foydalanib bajariladi. Harakat o`qi l - l bo`lgan biror elementar oqimchaning 1 -1 va 2-2 kesimlar bilan ajratilgan bo`lagini olamiz. U holda bu bo`lak $dt$ vaqtda harakat qilib, 1' – 1` va 2'-2' kesmalari orasidagi holatga keladi (3.8 - rasm). 1-1 kesimning yuzasi $d\omega_1$ bu yuzaga ta'sir qiluvchi kuch P_1 va tezlik u_1 bo`lsin. 2-2 kesimning yuzasi esa $d\omega_2$, unga ta'sir qiluvchi kuch $P_2$, tezlik esa $u_2$ bo`lsin. Kinetik energiyaning o`zgarish qonunini elementar oqimchaning ana shu harakatdagi bo`lagiga tatbiq qilamiz. Bu qonun bo`yicha biror jism harakati vaqtida uning kinetik energiyasining o`zgarishi, shu jismga ta'sir qilayotgan kuchlarning bajargan ishlarining yig`indisiga tengdir. Bu gapning matematik ifodasi quyidagicha bo`ladi:

$$d\left(\frac{m_1u_1^2}{2}\right)=\sum Pl \qquad (3.39)$$



3.8 - rasm. Bernulli tenglamasini keltirib chiqarishga doir chizma.

bu yerda: $d\left(\frac{mu^2}{2}\right)$ – kinetik energiyaning *dt* vaqtda o`zgarishi; $\sum Pl$ – barcha kuchlar bajargan ishlarning yig`indisi. Endi elementar oqimcha bo`lagining *dt* vaqt ichida 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi holatdan 1'-1' va 2'-2' kesimlar orasidagi holatga kelgandagi kinetik energiyasining o`zgarishini ko`ramiz. Harakat barqaror bo`lgani uchun bu o`zgarish 1 - 1 va 1` - 1' orasidagi bo`lak bilan 2 - 2 va 2' - 2' orasidagi bo`lak kinetik energiyalari ayirmasiga teng.

1 - 1 va 1` - 1` orasidagi bo`lakning kinetik energiyasi (uning massasi $m_1$ bo`lsa) $\frac{m_1u_1^2}{2}$ ga teng bo`ladi. 2-2 va 2'-2' orasidagi bo`lakning kinetik energiyasi esa $\frac{m_2u_2^2}{2}$ ga teng. Demak ko`rilayotgan 1 - 1 va 2 - 2 orasidagi bo`lakning kinetik energiyasi *dt* vaqtda quyidagi miqdorga o`zgarar ekan:

$$\frac{m_2u_2^2}{2}-\frac{m_1u_1^2}{2} \tag{3.40}$$

Ikkinchi tomondan, 1 - 1 va 1' - 1` orasidagi bo`lakning massasi uning hajmi dS_1dl_1 ning zichlikka ko`paytmasiga teng, ya'ni

$$m_1=\rho d\omega_1 dl_1.$$

Shuningdek, 2-2 va 2' - 2' orasidagi bo`lakning massasi

$$m_2=\rho d\omega_2 dl_2.$$

dl_1 va dl_2 – dt vaqt ichida 1 -1 va 2 - 2 kesimlarining yurgan yo`lini ko`rsatadi, shuning uchun

$$dl_1=u_1dt,\ \ dl_2=u_2dt \tag{3.41}$$

u holda m_1 va m_2 uchun quyidagi munosabatni olamiz;

$$m_1=\rho d\omega_1u_1dt,\ \ m_2=\rho d\omega_2u_2dt$$

Bu munosabatni (3.40) ga qo`ysak va uzilmaslik tenglamasidan $q = u_1d\omega_1 = u_2d\omega_2$ ekanligini nazarga olsak, kinetik energiyaning o`zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{m_2u_2}{2}-\frac{m_1u_1}{2}=\rho\frac{qdtu_2^2}{2}-\rho\frac{qdtu_1^2}{2}=\rho qdt\left(\frac{u_2^2}{2}-\frac{u_1^2}{2}\right). \tag{3.42}$$

Endi, bajarilgan ishlarni tekshiramiz. Ular 1-1 va 2-2 kesimlarga ta'sir qiluvchi gidrodinamik kuchlarning va og`irlik kuchining bajargan ishlaridir. Elementar

oqimchaning yon sirtlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchining bajargan ishi esa nolga teng ekanligi harakatning barqarorligidan ko`rinadi.

1-1 kesimga ta'sir etuvchi p_1 bosimning bajargan ishini A_1 2-2 kesimga ta'sir etuvchi p_2 bosimning bajargan ishini A_2 bilan belgilaymiz. U holda, 1. 35-rasmdan ko`rinib turibdiki,

$$A_1 = p_1 d\omega_1 dl_1$$
$$A_2 = p_2 d\omega_2 dl_2$$

(3.41) nazarga olsak va uzilmaslik tenglamasidan foydalansak, quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$A_1 = p_1 q dt;\ \ A_2 = p_2 q dt \qquad (3.43)$$

Og`irlik kuchi bajargan ishni $A_3$ deb belgilaymiz. Bu ish (1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi bo`lak o`z holatini saqlagani uchun) 1-1 va 1`- 1` orasidagi bo`lak bilan 2-2 va 2'-2' orasidagi bo`laklar og`irliklarini ular markazlarining vertikal o`qi bo`yicha holatlari z_1 va z_2 ning ayirmasiga ko`paytirilganiga teng, ya'ni

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

lekin

$$G = \gamma d\omega_1 dl_1 = \gamma d\omega_1 u_1 dt = \gamma q dt$$

bo`lgani uchun

$$A_3 = \gamma q dt(z_1 - z_2). \qquad (3.44)$$

Endi, (3.42), (3.43) va (3.44) larni (3.39) ga qo`ysak, elementar oqimcha uchun kinetik energiyaning o`zgarish qonunini olamiz

$$\rho q dt\left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2}\right) = p_1 q dt - p_2 1 dt + \gamma q dt(z_1 - z_2)$$

bu yerda p_2 kuch suyuqlik harakatiga teskari yo`nalgan bo`lgani uchun tenglamaning o`ng tomonidagi ikkinchi had (ya'ni $A_2$) manfiy ishora bilan olindi. Oxirgi tenglamaning ikki tomonini $\gamma q dt$ ga bo`lsak:

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

Bir xil indeksli hadlarni gruppalab joylashtirsak, Bernulli tenglamasi hosil bo`ladi:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2. \qquad (3.45)$$

Shunday qilib, elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi kinetik energiyaning o`zgarish qonunini ifodalar ekan.

3.8 Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari

Bernulli tenglamasining har bir hadi o`zinnng geometrik va energetik mazmunlariga ega. Buni aniqlash uchun biror elementar oqimcha olib, uning 1-1, 2- 2 va 3 - 3 kesimlarini ko`ramiz (3.9 - rasm). Bu kesimlarning og`irlik markazi biror 0-0 tekislikdan $z_1$, $z_2$ va $z_3$ masofalarda bo`lsin. Bular qiyosiy tekislik 0-0 dan elementar oqimchaning geometrik balandliklarini ko`rsatadi. Endi olingan 1-1, 2 - 2 va 3 - 3 tekisliklar markazida pezometr (to`g`ri shisha naycha) va uchi egilgan shisha naychalar o`rnatamiz. Bu holda pezometrlarda suyuqlik kesimlar og`irlik markaziga nisbatan ma'lum balandliklarga ko`tariladi. Bu ko`tarilish gidrostatika qismida ko`rganimizdek kesimlarda

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

ga teng bo‘ladi.

h_1, h_2, h_3 lar pezometrik balandliklar deb ataladi. Odatda, pezometrlar yordamida quvurlar va suyuqlik harakat qilayotgan boshqa idishlarda gidrodinamik bosim o`lchanadi.

Uchi egilgan shisha naychalarda suyuqlik pezometrlardagiga qaraganda balandroqqa ko`tariladi. Buning sababi shundaki, uchi egilgan shisha naylarda uning egilgan uchi suyuqlik harakati yo`nalishida bo`lib, gidrodinamik bosimga qo`shimcha suyuqlik tezligiga bog`liq bo`lgan, bosim paydo bo`ladi. Bunda suyuqlik zarrachalarining inertsiya kuchi qo`shimcha bosimga sabab bo`ladi. Uchi, egilgan shisha naychalardagi balandlik quyidagilarga teng:

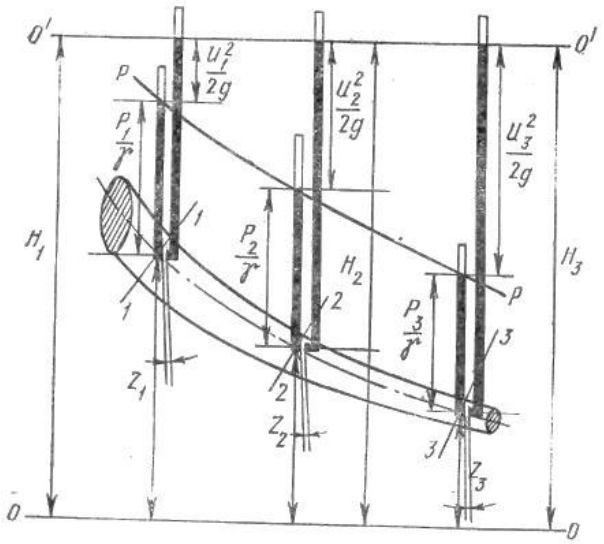
$$h_1^{`} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g};\ h_2^{``} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g};\ h_3^{`} = \frac{p_3}{\gamma} + \frac{u_3^2}{2g}$$

Pezometrdagi suyuqlik balandligi bilan uchi egilgan shishalardagi balandlik farqi

$$h_1^{`} - h_1 = \frac{u_1^2}{2g};\ h_2^{`} - h_3 = \frac{u_2^2}{2g};\ h_3^{`} - h_3 = \frac{u_3^2}{2g}$$

larga teng bo`ladi va tezlik napori (balandligi) deyiladi.

Shunday qilib, geometrik nuqtai nazardan Bernulli tenglamasining hadlari quyidagicha ataladi:



3.9 - rasm. Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlariga doir chizma.

$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$ – suyuqlikning tegishli kesimlaridagi tezlik napori (balandligi):

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ – pezometrik balandliklar;

z_1, z_2, z_3 – geometrik balandliklar, tegishli kesimlarning og`irlik markazi 0-0 – tekisligidan (taqqoslash tekisligidan) qancha balandlikda turishini ko`rsatadi.

$\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$ larning birliklari uzunlik birliklariga tengdir.

Pezometrlardagi suyuqlik balandliklarini birlashtirsak, hosil bo`lgan chiziq, **pezometrik chiziq** deyiladi.

Bernulli tenglamasidan tezlik (napori) balandligi, pezometrik va geometrik balandliklarining umumiy yig`indisi o‘zgarmas miqdor bo1lib, u 1.36 - rasmda 0'-0' shizig`i bilan belgilanadi va suyuqlikning napor (dam) tekisligi deb ataladi.

Gidrodinamikada bu uchta balandliklar $\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$ ning yig`indisi suyuqlikning to`liq napori (dami) deb ataladi va H bilan belgilanadi:

$$H = \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = const.$$

Bular ideal elementar oqimchalar uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini bildiradi. Uning energetik ma'nosi kinetik energiyaning o`zgarish qonuni bo`yicha chiqarilishiga asoslangan. Boshqacha aytganda, Bernulli tenglamasi suyuqliklar uchun energiyaning saqlanish qonunidir. Bernulli tenglamasi (3.45) ning chap tomoni elementar oqimchaning 1-1 kesimidagi to`liq solishtirma energiya bo`lib, u 2-2 kesimdagi to`liq solishtirma energiyaga teng yoki umuman o`zgarmas miqdordir.

Bu yerda *solishtirma energiya* deb og`irlik birligiga to`g`ri kelgan energiya miqdoriga aytamiz. Bu aytilganlarga asosan Bernulli tenglamasi hadlarining energetik yoki fizik ma'nosi quyidagicha bo`ladi:

$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$ – elementar oqimchaning 1-1, 2-2, 3-3 kesimlarga tegishli solishtirma kinetik energiyasi;

$\frac{p_1}{\gamma} + z_1, \frac{p_2}{\gamma} + z_2, \frac{p_3}{\gamma} + z_3$ – elementar oqimcha kesimlari uchun solishtirma potentsial energiya;

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ – kesimlarga tegishli bosim bilan ifodalanuvchi solishtirma energiya;

z_1, z_2, z_3 - l-l, 2-2, 3-3 kesimlarga tegishli og`irlik bilan ifodalanuvchi solishtirma energiya.

Suyuqlik harakati vaqtida mexanikaning qonunlariga asosan, ish bajariladi. Shu bajarilgan ishlar bo`yicha Bernulli tenglamasini quyidagicha sharhlash mumkin: ikkita kesim uchun yozilgan Bernulli tenglamasi (3.45) shu ikki kesimda tegishli hadlarining ayirmalaridan tashkil topadi:

$\frac{u_1^2 - u_2^2}{2g}$ – kinetik energiyaning birlik og`irlik uchun o`zgarishi;

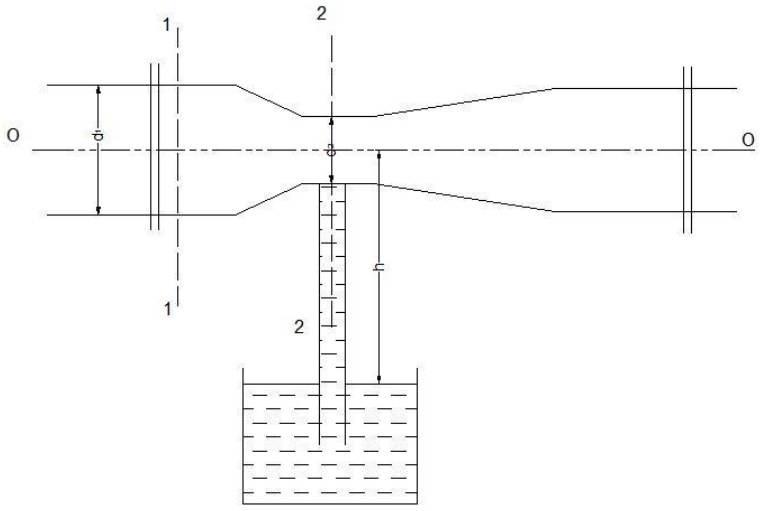
$\frac{p_1 - p_2}{\gamma}$ – bosim kuchi bajargan ishning birlik og`irlikka tegishli qismi.

$z_1 - z_2$ – og`irlik kuchi bajargan ishning birlik og`irlikka tegishli qismi.

Demak, suyuqlik harakat qilayotganda solishtirma kinetik va solishtirma potentsial energiyalar harakat davomida o`zgarib boradi, lekin to`liq solishtirma energiya o`zgarmas bo`ladi.

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma

Masala. Struyali nasos yordamida suv h = 0,5 m chuqurlikdan ko'tarilmoqda. Agar quvur diametri d = 100 mm, 1-1 kesimdagi bosim P_M = 40 kPa, suv tezligi ϑ_1 = 1,12 m/s bo'lsa, kameradagi quvur diametrini d_2 aniqlang Suv ideal deb qaralsin.(3.10-rasm).



3.10 - rasm.

Yeshimi: 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz. Taqqoslash tekisligini quvur o'qi bo'ylab o'tkazamiz.

U holda d_2 ni quyidagicha aniqlaymiz:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V^2}} = 0,05m$$

Mustaqil yechishga doir masalalar:

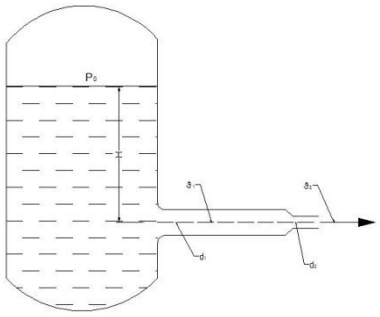
1. Rezervuardan suv diametri d = 30 mm bo'lgan quvur orqali atmosferaga oqib chiqmoqda, agar rezervuardagi manometrik bosim P_M = 0,2 atmosfera bo'lib, dam (napor)i H = 1,5 bo'lsa, quvurdagi suv sarfini aniqlang (3.11 - rasm).

2. Suyuqlik ketma-ket ulangan har xil diametrli quvurlar orqali atmosferaga chiqmoqda. Agar ikkinchi quvurdagi tezlik ϑ_2 = 0,8 m/s bo'lsa, birinchi quvurdagi tezlik ϑ_1 = 2 m/s bo'lishi uchun, birinchi quvurdagi bosim qanday bo'lishi kerak (3.12 - rasm).

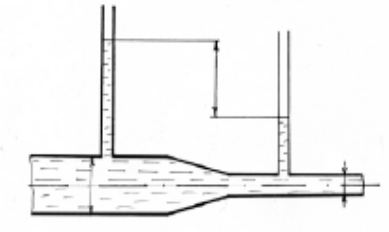
3. Quvurdagi suv sarfini aniqlash uchun Venturi naychasidan foydalaniladi.

Agar quvurga o'rnatilgan pezometrlar farqi h = 16 sm bo'lib, quvur diametri D = 20 sm, naychaning diametri d = 14 sm bo'lganda quvurdan o'tayotgan sarfni aniqlang (3.13 - rasm).

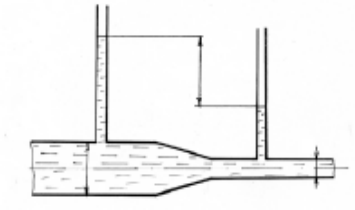
4. Agar naychaning diametri d = 5 sm, quvurning diametri D = 100 mm va quvurdagi bosim $P_1 = 0{,}4$ at bo‘lsa, naychaga ulangan quvurda suv qaysi balandlikka ko‘tariladi? (3.14 - rasm)



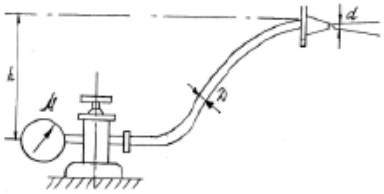
3.11 - rasm.



3.12 - rasm.



3.13 - rasm.



3.14 – rasm

3.9 Real suyuqliklar elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi

Endi real suyuqlik elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasining grafigini chizamiz Buning uchun harakat o`qi S - S, 1 - 1, 2 - 2 va 3 - 3 kesimlardagi tezliklar $u_1$, $u_2$, $u_3$, bosimlari $p_1$, $p_2$, $p_3$ bo`lgan elementar oqimcha olamiz. Bu oqimcha uchun kesimlarda pezometr va uchi egilgan shisha naycha olamiz. Pezometrlardagi suyuqlik balandliklarini tutashtirib, pezometrik chiziq (*P-P*) ni hosil qilamiz. Uchi egik naychalarda suyuqlik balandliklarini tutashtirib, suyuqlik bosimi (dami) shizig`i (*H-H*) ni hosil qilamiz. Qurilgan grafikni ideal suyuqlik elementar oqimchasi uchun olingan grafik (3.15 - rasm) bilan solishtiramiz. Natijada ideal suyuqliklar uchun oqimchaning birinchi kesimidagi gidrodinamik bosimi H_1 ikkinchi va uchinchi kesimlardagi gidrodinamik bosimlarga tengligini, ya'ni $H_1 = H_2 = H_3 = const$ ekanligini real suyuqlik uchun birinchi kesimdagi gidrodinamik bosim H_1 ikkinchi va uchinchi kesimlardagi bosimlarga tengmasligini, ya'ni $H_1 \neq H_2 \neq H_3$ ekanligini ko`ramiz. 3.15 - rasmga muvofiq bu tengsizlik quyidagicha ifodalanadi:

$$H_1 > H_2 > H_3$$

Demak, real suyuqlikning elementar oqimchasi harakat qilganda solishtirma energiyaning ma'lum bir qismi yo`qotilar ekan; birinchi va ikkinchi kesimlar orasidagi bu yo`qotishni h_{1-2} bilan belgilaymiz. Bunda indeks orasida yo`qotish bo`layotgan kesimlar nomerini ko`rsatadi. Masalan, ikkinchi va uchinchi kesim orasida yo`qotish h_{2-3} birinchi va uchinchi kesim orasidagi yo`qotish $h_{1-3}$ va hokazo. Aytilgan yo`qotishning mohiyatini quyidagicha izohlash mumkin. Real

suyuqlik elementar oqimchasi harakat qilayotganda ichki ishqalanish kuchi natijasida gidravlik qarshilik paydo bo`ladi va uni yengish uchun albatta ma'lum bir miqdorda energiya sarflash kerak. Bu sarflangan energiya ko`rilayotgan harakat uchun tiklanmaydi. Yuqorida keltirilgan tengsizlik ana shu yo`qotilgan energiya hisobiga bo`ladi. Birinchi va ikkinchi kesimlar orasidagi yo`qotilgan solishtirma energiya gidravlik bosimlar farqiga teng:

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

Yuqorida ko`rilganga asosan

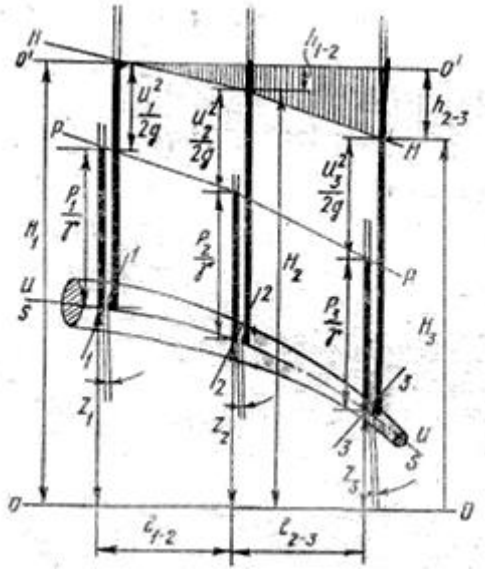
$$H_1 = \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1; \;\; H_2 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2,$$

bundan

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

natijada quyidagi tenglamani olamiz:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{1-2}. \qquad (3.46)$$



3.15 - rasm. Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasining geometrik manosi.

Olingan tenglama real suyuqliklar elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasidir. Bu tenglama ideal suyuqlik elementar oqimchasidan o`ng tomondagi to`rtinchi hadi h_{1-2} bilan farq qiladi. Bu had 1-1 va 2-2 kesimlar orasida bosimning kamayishini ko`rsatadi. Ideal suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi hisobga olinmagani uchun yuqorida aytilgan had bo`lmaydi.

3.10 Real suyuqliklar oqimi uchun Bernulli tenglamasi. Koriolis koeffitsiyenti

Oqim cheksiz ko`p elementar oqimchalardan tashkil topganligidan shu oqimchalar energiyalarining harakat kesimi bo`yicha integralini olish yo`li bilan oqim uchun Bernulli tenglamasini hosil qilish mumkin:

$$\int_{\omega_1}\frac{u_1^2}{2g}d\omega+\int_{\omega_1}\frac{p_1}{\gamma}d\omega+\int_{\omega_1}z_1d\omega=\int_{\omega_2}\frac{u_2^2}{2g}d\omega+\int_{\omega_2}\frac{p_2}{\gamma}d\omega+\int_{\omega_2}z_2d\omega+\int_{\omega_2}h_{1-2}d\omega. \quad (3.47)$$

Oqimning har bir elementar oqimchasida tezlikni hisoblash qiyin bo`lgani uchun (3.47) tenglamadagi integrallarni hisoblash ham juda qiyinlashadi. Shuni nazarga olib, oqim uchun Bernulli tenglamasida tezliklarni o`rtacha tezlik ϑ bilan almashtiriladi. Bu esa Bernulli tenglamasi foydalaniladigan hisoblash ishlarida katta qulaylik tug`diradi. Bu holda elementar oqimcha geometrik balandligi bo`yicha integral oqimning harakat kesimi og`irlik markazining geometrik balandligiga, bosim bo`yicha integral esa ana shu geometrik balandlikdagi nuqtaga qo‘yilgan bosimga aylanadi. Elementar oqimchaning 1-1 va 2-2 kesimlarida bosimning kamayishi bo`yicha integral ham oqim uchun bosimning o`rtacha kamayish miqdoriga aylanadi. Solishtirma kinetik energiyaning integralini tezlikning o`rtacha qiymati bo`yicha kinetik energiya bilan almashtirsak, uning miqdori kamayib qoladi. Integral cheksiz ko`p miqdorlarning yig`indisi bo`lgani uchun buni yig`indilar kvadratlarining misolida ko`ramiz. Masalan, $u_1$ = 10 m/s, $u_2$ = 11 m/s, $u_3$ =9 m/s, $u_4$ = 12 m/s, $u_5$ = 8 m/s bo`lsin. U holda o`rtacha tezlik:

$$\vartheta=\frac{u_1+u_2+u_3+u_4+u_5}{5}=10m/s,$$

tezliklar kvadratlarining o`rtacha qiymati

$$\frac{u_1^2+u_2^2+u_3^2+u_4^2+u_5^2}{5}=\frac{510}{5}=102m^2/s^2,$$

o`rta tezlikning kvadrati esa $v^2$ =100 $m^2/s$. Bundan ko`rinib turibdiki, tezliklar kvadratlarining yig`indisi o`rtacha tezlik kvadratidan katta ekan. Shunday qilib, quyidagi tengsizlik to`g`ri ekanligini ko`rish mumkin:

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

Bu tengsizlikni integrallash yo`li bilan ham isbotlash mumkin. (Bunday isbotni talabalarning o`zlari bajarishini taklif qilamiz). Bu xatoni tuzatish uchun Bernulli tenglamasining birinchi hadiga α koeffitsiyentini kiritamiz. Bu koeffitsiyent tezlikning bir tekis miqdorda bo`lmasligini ifodalaydi va Koriolis koeffitsiyenti deb ataladi. U holda

$$\alpha=\frac{\int_{\omega}\frac{u^2}{2g}d\omega}{\frac{v^2}{2g}\omega}.$$

Shunday qilib, yuqorida aytilganlarga asosan (3.47) tenglama quyidagi ko`rinishga keladi:

$$\frac{\alpha_1u_1^2}{2g}+\frac{p_1}{\gamma}+z_1=\frac{\alpha_2u_2^2}{2g}+\frac{p_2}{\gamma}+z_2+H_{1-2}, \quad (3.48)$$

bu yerda: α_1,α_2 – birinchi va ikkinchi kesimlarda tezlikning notekis tarqalganini hisobga oluvchi koeffitsiyent; $H_{1\text{-}2}$ – birinchi va ikkinchi kesimlar orasida naporning (bosimning) kamayishi.

Oqim uchun Bernulli tenglamasida qolgan boshqa hadlar elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasida qanday atalsa, bu yerda ham shunday ataladi. Bu tenglama gidrodinamika masalalarini hal qilishda eng muhim tenglama

bo`lib, u barqaror harakatlar uchun yozilgan va tezlik harakat kesimi bo`yicha qancha kam o`zgarsa, shuncha kam xatolik beradi.

3.11 Real gazlar oqimi uchun Bernulli tenglamasi

Odatda, harakat yo`nalishi bo`yicha bosim kamayib boradi. Suyuqliklarda hajmiy siqilish koeffitsiyenti β_p juda kichik bo`lgani uchun bu o`zgarish suyuqlikning fizik xossalariga ta'sir qilmaydi. Lekin gazlarda bosimning ozgina o`zgarishi ham uning parametrlariga ta'sir qiladi. Bundan tashqari, gazlarda suyuqliklarga qaraganda tezlik bir necha o`n baravar katta bo`ladi. Bu esa bosimga va gazning fizik xossalariga, birinchi galda uning solishtirma og`irligiga ta'sir qiladi. Ammo gaz oqimining ko`ndalang kesimi bo`yicha tezlik deyarli o`zgarmaydi. Shuning uchun gazlarda $\alpha \approx 1$ bo`ladi. Gazlar uchun tezlik, bosim, solishtirma og`irlik tez o`zgaradi uchun birinchi va ikkinchi kesim (3.16 - rasm) orasidagi masofani cheksiz kichik Δl deb olamiz. U holda Bernulli tenglamasi differentsial ko`rinishda quyidagicha yoziladi:

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

bu yerda:

$$d\left(\frac{\vartheta^2}{2g}\right)=\lim_{\Delta l\to 0}\left(\frac{\vartheta_1^2-\vartheta_2^2}{2g}\right),$$

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

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

Endi (3.49) tenglamadan integral olamiz. U holda (3.49) quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi:

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

Bu tenglikda birinchi, uchinchi va to‘rtinchi integrallarni hisoblash oson:

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

Uchinchi integralni hisoblashda solishtirma og’irlik bosimga bog`liq ekanligini nazarga olish kerak bo`ladi. Jarayonni politropik deb qarasak, u holda

$$\frac{p}{\gamma^n}=\frac{p_0}{\gamma_0^n}$$

bo`ladi. Bu tenglikdan

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

bu yerda: n - politropiya ko‘rsatkichi; γ_0 – boshlang`ich holatdagi solishtirma og`irlik; p_0 – boshlang`ich holatdagi bosim. Oxirgi munosabatdan foydalanib va $\gamma_0$, $p_0$ o`zgarmas ekanligini hisobga olib, ikkinchi integralni quyidagicha hisoblaymiz:

$$\int \frac{dp}{\gamma} = \int \frac{p_0^{\frac{1}{n}}}{\gamma_0} = \frac{p_0^{\frac{1}{n}}}{\gamma_0} \int \frac{dp}{p^{\frac{1}{n}}} = \frac{p_0^{\frac{1}{n}}}{\gamma_o} \frac{p^{1-\frac{1}{n}}}{1-\frac{1}{n}}.$$

(3.51) dan yana bir marta foydalansak, quyidagini olamiz:

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

Natijada (3.40) tenglama quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi:

$$\frac{\vartheta^2}{2g} + \frac{n}{n-1}\frac{p}{\gamma} + z - h_n = const \tag{3.52}$$

Tenglamani ikkita kesim uchun yozamiz:

$$\frac{\vartheta_1^2}{2g} + \frac{n}{n-1}\frac{p_1}{\gamma_1} + z_1 = \frac{\vartheta_2^2}{2g} + \frac{n}{n-1}\frac{p_2}{\gamma_2} + z_2 + h_{1-2}. \tag{3.53}$$

Bu tenglama real gazlar oqimi uchun Bernulli tenglamasidir. Suyuqlik uchun Bernulli tenglamasi uchta qiymat ϑ, p, z ni bog`lagan bo`lsa, bu tenglama to`rtta qiymat $\vartheta$, $p$, $z$, $\gamma$ ni bog`laydi. Shuning uchun gazlar harakati tekshirilganda Bernulli tenglamasi (3.21) bilan birgalikda foydalaniladi.

3.12 Gidravlik va pezometrik qiyaliklar haqida tushuncha

Gidravlikada hisoblash ishlarini bajarishda gidravlik I va pezometrik 1_p qiyaliklardan foydalaniladi.

Bosim chizig'ining uzunlik birligiga to`g`ri kelgan pasayishi gidravlik qiyalik deb ataladi.

1.38 - rasmda oqim uchun bosim va pezometrik chiziqlar keltirilgan. Bu chiziqlar umumiy holda egri chiziq bo`lib, rasmda to`g`ri chiziq ko`rinishda tasvirlangan. Gidravlik qiyalikning ta'rifidan ko`rinib turibdiki, uning o`rtacha qiymati 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi qiyalik orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{1-2} = \frac{\left(\frac{\alpha_1\vartheta_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1\right) - \left(\frac{\alpha_2\vartheta_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2\right)}{l_{1-2}} = \frac{H_{1-2}}{l_{1-2}} \tag{3.54}$$

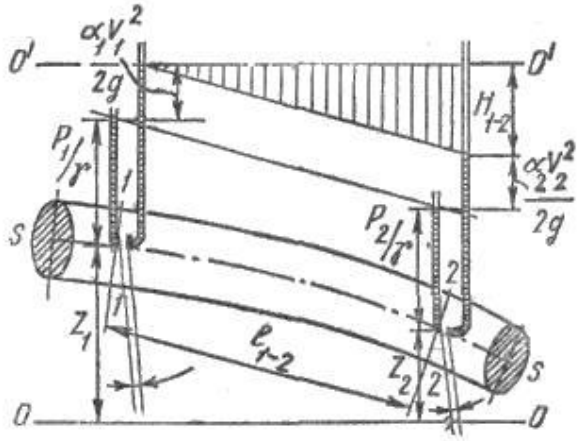
bu yerda: $l_{1\text{-}2}$ – birinchi va ikkinchi kesimlar orasidagi masofa; $H_{1\text{-}2}$ – shu masofa orasida dam (bosim) ning pasayishi.

Agar bosim chizig`i egri chiziq bo`lsa, u holda gidravlik qiyalik differentsial ko`rinishda yoziladi:

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

Pezometrik chiziqning uzunlik birligiga to`g`ri kelgan pasayishi pezometrik qiyalik deb ataladi. Birinchi va ikkinchi kesim orasidagi (3.15 - rasm) o`rtacha pezometrik qiyalik quyidagicha aniqlanadi:

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



3.16 - rasm Gidravlik va pezometrik nishabliklar.

Pezometrik qiyalik l_p pezometrik chiziq egri chiziq bo`lganda differentsial ko`rinishda aniqlanadi:

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

Tekis harakat vaqtida tezlik o`zgarmaganligi ($\vartheta_1 = \vartheta_2$) uchun gidravlik va pezometrik qiyaliklar teng bo`ladi.

3.13 Gidravlik yo`qotish haqida tushuncha. Gidravlik yo`qotishning turlari

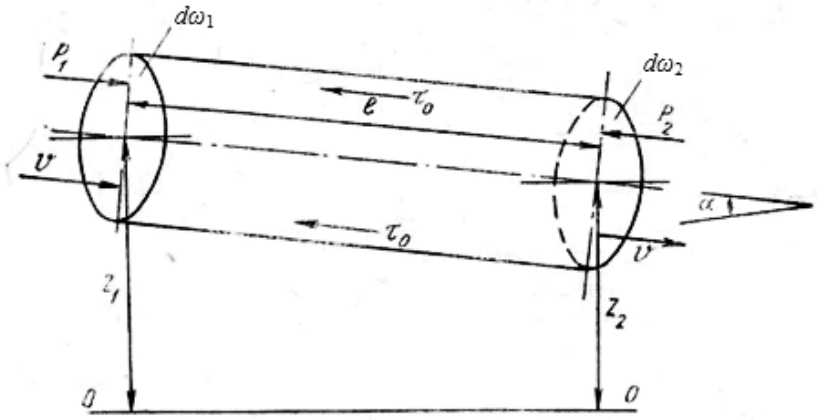
Real suyuqliklarda ikki kesim orasida energiya yo`qotilishini $H_{1\text{-}2}$ bilan belgiladik. Bu yo`qotish suyuqliklardagi qovushqoqlik kuchi hisobiga bo`ladi, ya'ni u shu kuchni yengishga sarf bo`ladi.

Quvurlardagi harakatni tekshirganimizda masala asosan ishqalanish kuchini yengish uchun sarf bo`lgan yo`qotishni hisoblashga keladi. Bu holda quvurning 1-1 va 2- 2 kesimlarining sirti teng bo`lgani uchun tezliklari ham teng bo`ladi (3.17 - rasm), ya'ni harakat tekis bo`ladi. 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi suyuqlik ustuniga ta'sir qiluvchi kuchlar:

1) $P_1 = p_1$ va $P_2 = p_2\omega$ - bosim kuchlari;
2) $G = \gamma\omega_1$ – og`irlik kuchi;
3) T = $\tau\pi Dl$ – ishqalanish kuchidir.

1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi suyuqlikning muvozanat holati tenglamasi unga ta'sir qilayotgan kuchlar orqali quyidagicha yoziladi:

$$P_1 - P_2 + G\sin\alpha - T = 0.$$



3.17 - rasm. Gidravlik yo`qotish tushunchasiga doir.

$\sin\alpha = \frac{z_1 - z_2}{l}$ ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi tenglama quyidagi ko`rinishga keladi:

$$p_1\omega - p_2\omega + \gamma\omega l\frac{z_1 - z_2}{l} + \tau\pi Dl = 0$$

Bundan tekis harakat uchun Bernulli tenglamasi kelib chiqadi:

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

Bu tenglamani (3.48) tenglama bilan solishtirsak va uni tekis harakat ($v_1 = v_2$) uchun qo`llasak, gidravlik yo`qotish uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$h_{1-2} = \frac{\tau}{\gamma}\frac{\pi Dl}{\omega} \qquad (3.56)$$

bu yerda: l – oqim uzunligi; D – quvur diametri. Gidravlik yo`qotish, odatda, ikki turga ajratiladi:

**1. Uzunlik bo`yicha** (ishqalanish kuchiga sarf bo`lgan) **yo`qotish** oqim uzunligi bo`yicha harakat hisobiga vujudga keladi, va uning uzunligiga bog`liq bo`ladi. Bu yo`qotish (3.56) formula ko`rinishida ifodalanadi.

2. Mahalliy qarshilik oqimning ayrim qismlarida notekis harakat hisobiga vujudga keladi. Notekis harakatni vujudga keltiruvchi qismlar quvur yoki o‘zanning kesim shakllari, o`zgargan joylari (tirsaklar, to`siqlar, keskin kengayishlar, keskin torayishlar, kranlar va h.) bo`lib, bu yerdagi gidravlik yo`qotish uzunlikka bog`liq emas.

Umumiy gidravlik yo`qotish bu ikki yo`qotishning yig`indisiga teng

$$H_n = H_l + H_m \qquad (3.57)$$

bu yerda: H_l – uzunlik bo`yicha yo`qotish; H_m – mahalliy qarshilik.

Gidravlik yo`qotish suyuqlikning kinetik energiyasiga bog`liq bo`lib, energiya ortishi bilan ortadi, kamayishi bilan esa kamayadi. Shuning uchun gidravlik yo`qotishni suyuqlik kinetik energiyasiga proportsional qilib olinadi.

3.14 Tezlik va sarf o`lchash usullari hamda asboblari

Suyuqlik sarfini va tezligini o`lchashning eng oson usuli hajmiy va og`irlik usullaridir.

1. Hajmiy usulda tekshirilayotgan oqimdan suyuqlik maxsus darajalangan idish (menzurka) ga tushadi. Idishning to`lish vaqti sekundomer yordamida aniq o`lchanadi. Agar idishning hajmi *V*, o`lchangan vaqt *T* bo`lsa, hajmiy sarf quyidagiga teng bo`ladi:

$$Q = \frac{V}{T}.$$

Oqimning harakat kesimi ma'lum bo`lsa, uning tezligi (3.4) formula bilan aniqlanadi.

**2. Og`irlik usulida** biror idishga oqimdan suyuqlik tushiriladi. Tarozida o`lchash yo`li bilan idishdagi suyuqlikning og`irligi topiladi. Idishning to`lish vaqti T bo`lsa, og`irlik sarfi quyidagiga teng:

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

Suyuqlikning hajmiy sarfi og`irlik bo`yicha sarfini solishtirma og`irlikka bo`lish yo`li bilan aniqlanadi:

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

Bu usullar, albatta, kichik miqdordagi sarflarni o`lchash uchun qo`llaniladi. Katta sarflarni o`lchash uchun esa juda katta o`lchov idishlari kerak bo`ladi. Ikkinchidan, quvur va kanallarda sarfni yuqoridagi usul bilan o`lchaganda oqimning tuzilishi o`zgaradi va o`lchash natijasi katta xatolar bilan chiqadi. Shuning uchun ko`pincha quvurlar va kanallardagi sarf boshqa usullar bilan o`lchanadi.

**3. Venturi suv o`lchagichi** maxsus quvurdan suv o`tishiga asoslangan bo`lib, tuzilishi sodda va harakatlanuvchi qismlari yo`qdir (3.18-rasm). Bu asbob talabga qarab vertikal yoki gorizontal joylashtiriladi. Uning gorizontal holdagisini ko‘ramiz.

Venturi suv o`lchagichi ikkita bir xil $d_1$ diametrli 1 va 2 quvur bo`laklaridan tashkil topgan bo`lib, ular 3 va 4 diffuzorlar hamda kichik $d_2$ diametrli quvur bo`lagi (patrubok) orqali tutashtirilgandir. Uning 1-1 va 2-2 kesimlariga pezometrik naychalar o`rnatilgan bo`lib, ular shu kesimlardagi bosimlar farqi *h* ni ko`rsatadi. Quvur gorizontal bo`lgani uchun ($z_1 = z_2$), 1-1 va 2- kesimlariga Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\frac{\vartheta_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{\vartheta_2^2}{2} + \frac{p_2}{\gamma},$$

bundan

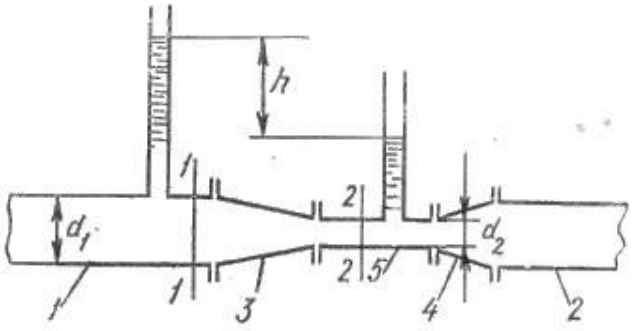
$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = \frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g}$$

lekin $\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = h$ bo`lgani uchun

$$h = \frac{\vartheta_2^2}{2g} - \frac{\vartheta_1^2}{2g}$$

Uzilmaslik tenglamasi (3.14) ga asosan

$$\vartheta_1 = \vartheta_2 \frac{\omega_2}{\omega_1},$$



3.18 - rasm. Venturi suv o`lchagichi

u holda

$$h = \frac{\vartheta_2^2}{2g}\left[1 - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2\right].$$

bundan 2-2 kesimdagi tezlikni topamiz:

$$\vartheta_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}} \qquad (3.58)$$

U holda suyuqlik sarfi quyidagicha aniqlanadi:

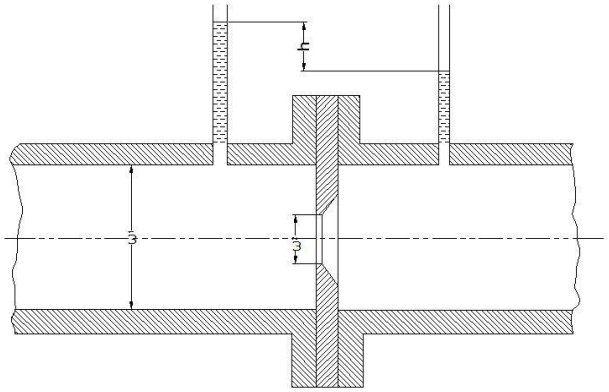
$$Q = \vartheta_2 \omega_2 = \omega_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}}. \qquad (3.59)$$

Bu formula ideal suyuqlik uchun chiqarilgan. Haqiqatda ikki kesim o`rtasida bosim pasayishi va tezliklarning kesim bo`yicha bir tekis tarqalmaganligi uchun yuqoridagi formula bo`yicha olingan natija haqiqiy sarfdan farq qiladi. Shuning uchun sarf formulasiga tuzatma koeffitsiyent *m* ni kiritamiz:

$$Q = m\omega_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}}.$$

m koeffitsiyentining qiymati turli suv o`lchagichlar uchun har xil bo`lib, ular tegishli suv o`lchagich uchun tajribada aniqlab qo`yiladi. Hisoblash ishlarida sarf, odatda, quyidagi soddalashtirilgan formula bilan hisoblanadi:

$$Q = c\sqrt{h}, \qquad (3.60)$$



3.19 - rasm Suv o`lchagich shayba.

bu yerda:

$$c = m\omega_2 \sqrt{\frac{2g}{1-\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}}$$

koeffitsiyent *suv o`lshagich doimiysi* deb ataladi va har bir berilgan suv o`lchagich uchun hisoblab qo`yiladi.

**4. Suv o`lchagich shayba (diafragma)** ikki quvur bo`lagi o`rtasiga o`rnatilgan halqadan iborat bo`lib (3.19 - rasm) uning ichki aylanma teshigining chekkalari 45° burchak ostida qiyalangan yoki oqib o`tuvchi oqimcha shaklida silliqlashgan (soplo ko`rinishda) bo`ladi. Halqaning ikki tomoniga ikki pezometr yoki differentsial manometr o`rnatilgan bo`lib, ular diafragmaning ikki tomonidagi bosimlar farqini aniqlashga yordam beradi.

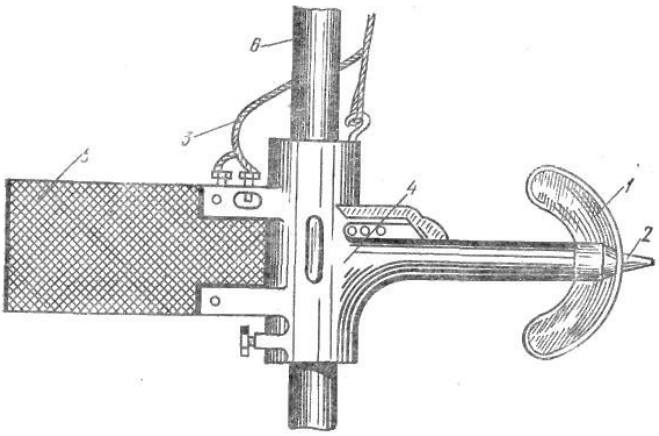
Sarf pezometrlardagi suyuqlik sathlarining farqi orqali, quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$Q = c_1\sqrt{h}. \qquad (3.61)$$

s_1 koeffitsiyent har bir diafragma uchun tajriba asosida aniqlanadi.

5. Vertushka (pirildoq) va l 2 ga o`rnatilgan aylanma kurakchalar 1 ga ega bo`lgan g`ildirak bo`lib, asosiy korpusga mahkamlanadi (3.20 - rasm). Vertushka suv oqimiga to`g`ri yo`naltirilishi uchun korpus 4 ga qanotcha o`rnatilgan. Vertushkadan o`tkazgichlar 3 elektr qo`ng`iroq tortilgan bo`lib, kurakchalar aylanganda elektr zanjirini tutashtiradi va qo`ng`iroq jiringlaydi yoki maxsus schyotchik aylanish sonini avtomatik hisoblaydi. Suvga tushirilgan vertushkalarning kurakchalari suvning tezligiga qarab sekinroq yoki tezroq aylanadi. Shuning uchun suyuqlikning tezligi schyotchikning ko`rsatkichi yoki vaqt birligida qo`ng`iroqning jiringlash soniga qarab aniqlanadi. Kanallarda suyuqlik sarfini topish uchun ularning ko`ndalang kesimini $\Delta\omega_1, \Delta\omega_2, \Delta\omega_3 ....$ elementar yuzalarga bo`lib chiqamiz (3.20 - rasm). Bu yuzalarning geometrik markazlarida tezliklarni vertushka yordamida o`lchab, ularni yuzalarga ko`paytirsak, har bir kesim bo`yicha sarf kelib chiqadi:

$$q_1 = \Delta\omega_1\vartheta_1;\ \ q_2 = \Delta\omega_2\vartheta_2; \ldots\ldots\ldots q_n = \Delta\omega_n\vartheta_n$$



3.20 - rasm. Pirildoq

Kanalda oqayotgan suyuqlik sarfi bu sarflarning yig`indisiga tengdir;

$$Q = \sum_{i=1}^{n} q_t - \Delta\omega_1\vartheta_1 + \Delta\omega_2\vartheta_2 + \Delta\omega_3\vartheta_3 + ... + \Delta\omega_n\vartheta_n \qquad (3.62)$$

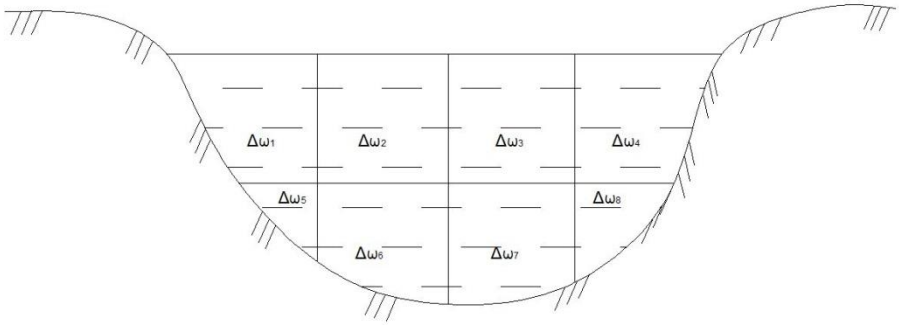
Bu usul gidrometrik o`lchashlarda eng ko`p qo`llaniladigan usuldir.

6. Pito naychasi uchi to`g`ri burchak hosil qilib egilgan naycha bo`lib, uning egilgan uchi suyuqlik oqimi yo`nalishiga qarama-qarshi qilib qo‘yiladi. Naychaning ikkinchi uchi suyuqlikdan tashqariga chiqib turadi. (3.21 - rasm a). Bu holda ozod sirtda va naychadagi suyuqlik sathida bosim atmosfera bosimga teng. Shuning uchun naychadagi suyuqlikning balandligi *h* oqimning tezlik bosimini beradi, ya'ni

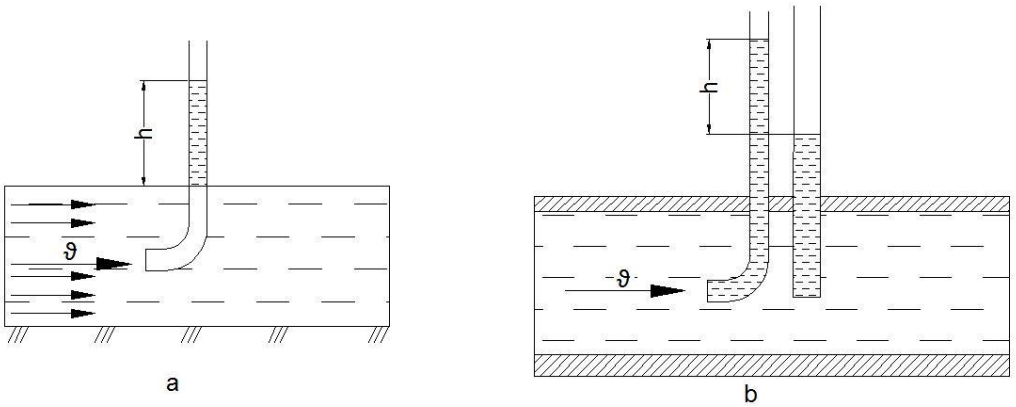
$$h = \frac{\vartheta^2}{2g}$$

Bundan tezlikni topish formulasi kelib chiqadi:

$$\vartheta = \sqrt{2gh} \qquad (3.63)$$



3.21 - rasm. Kanallarning kesimini elementar yuzalarga bo`lish.



3.22 - rasm. Tezlik o`lchagich naychalar.

Tezlikning haqiqiy miqdori (suyuqlik tushirilgan naycha harakat tartibini buzganligi uchun) oxirgi formula bilan hisoblangan miqdorga to`g`ri kelmaydi. Shuning uchun bu formulaga tuzatish koeffitsiyenti *a* kiritiladi:

$$\vartheta = \alpha\sqrt{2gh} \tag{3.64}$$

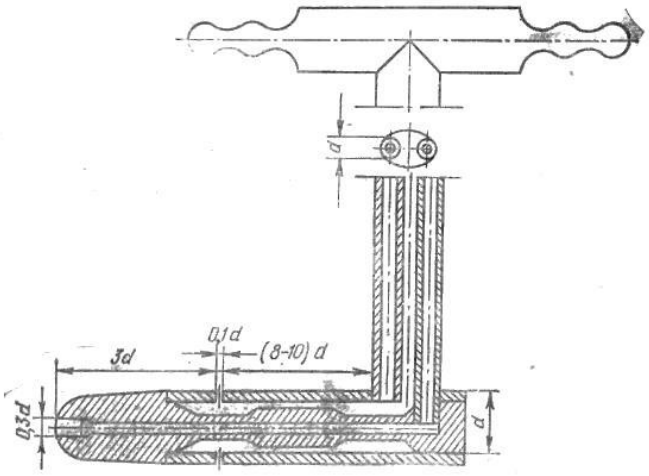
bu yerda: α – koeffitsiyent; u har bir naycha uchun tajriba yo`li bilan aniqlab qo‘yiladi.

Pito naychasi ochiq sirtli oqimlarda tezlikni o`lchach uchun qo`llaniladi. **Prandtl naychasi** Pito naychasining qulaylashtirilgani bo`lib, u quvurlardagi tezliklarni o`lchash uchun qo`llaniladi (3.22 - rasm, b) va ikkita naychadan iborat bo`ladi. Ulardan biri Pito naychasi va ikkinchisi pezometrdir. Pezometrdagi suyuqlik balandligi pezometrik bosimni bersa, Pito naychasidagi suyuqlik balandligi to`liq bosim $\frac{p}{\gamma}+\frac{\vartheta^2}{2g}$ni beradi. Shuning uchun bu ikki naychadagi balandliklar farqi tezlik bosimini beradi va uning yordamida tezlik topiladi:

$$\vartheta = \alpha\sqrt{2gh} \tag{3.65}$$

Hozirgi mavjud asboblarda bu ikkita naycha bitta katta naycha ichiga joylashtirilgan (3.22 - rasm) bo`lib, ularning uchlari mikromanometr yoki differentsial manometrlarga tutashtirilgan. Agar manometrlardagi suyuqlik oqayotgan suyuqlikdan farq qilsa, Prandtl naychasining uchi tushirilgan nuqtadagi tezlik quyidagi formula bilan topiladi:

$$\vartheta = \alpha\sqrt{2gh\left(\frac{\gamma_1}{\gamma}-1\right)} \tag{3.66}$$



3.23 - rasm. Prandtl naychasi

bu yerda: h – difmanometr naychalaridagi sathlar farqi; γ_1 va γ – difmanometrdagi va tekshirilayotgan (oqayotgan) suyuqliklar solishtirma og`irliklari; $a$ – tajribadan topiladigan qiymati 1 dan 1,04 gacha o`zgaruvchi koeffitsiyent. Prandtl naychasi yordamida suyuqlik oqimi kesimining har xil nuqtalarida tezlikni o`lchab, bu kesim bo`yicha tezlikning o`zgarishini va sarfini topish mumkin.

3. bo‘yicha nazorat savollari

1. Bosimi teng sirtning tenglamasini ko‘rsating.
2. Qanday kuch zo`riqish kuchi deyiladi?
3. Tezlik va sarf o`lchash usullarining qanday turlari mavjud?
4. Gidravlik yo`qotishning turlari.
5. Tezlik va sarf o`lchash usullari
6. Pitonaychasi.

4. SUYUQLIK HARAKATINING TARTIBLARI VA GIDRODINAMIK O`XSHASHLIK ASOSLARI

Amalda ko`p hollarda turli quvurlar sistemasini hisoblashga to`g`ri keladi. Bunday hisoblashlar kimyo, to`qimachilik, neft sanoatida, gidrotexnika inshootlarida va boshqa ko`pgina joylarda uchraydigan turli gidromashinalarning qismlari, vodoprovodlar, issiqlik almashtirgichlar kabi sistemalar uchun qo`llaniladi. Bu sistemalarni hisoblash ularda suyuqlikning qanday tezlikda va qanday sharoitda oqishiga bog`liq. Shunga asosan suyuqliklar harakatining turli tartiblari tekshiriladi va harakat tartibiga qarab turlicha hisoblash ishlari olib boriladi.

4.1 Suyuqlik harakatining ikki tartibi. Reynolds kritik soni

Ko`p hollarda quvurlardagi suyuqlik tekis harakatda bo`ladi, ya'ni tezlik oqim yo`nalishi bo`yicha o`zgarmaydi. Bu holda harakatning qanday bo`lishiga, asosan, ichki ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Bu holda uning ikki kesimidagi bosimlar farqi ishqalanish kuchining va geometrik balandliklar farqining katta yoki kichikligiga bog`liq bo`ladi. Bu kuchlarning ta'sirida quvurlardagi harakat tezligi har xil bo`lishi mumkin. Tezlikning katta-kichikligiga qarab suyuqlik zarrachalari batartib yoki betartib harakat qiladi. Bu harakatlar, odatda, asosan ikki tartibli harakatga ajratiladi: laminar harakat va turbulent harakat.

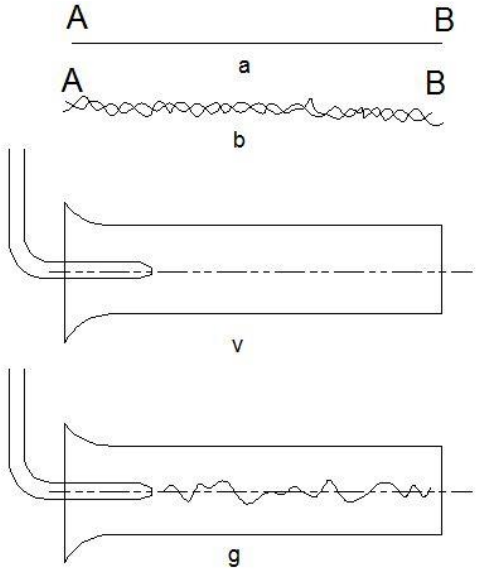
Laminar harakat vaqtida suyuqlik zarrachalari qavat-qavat bo`lib joylashadi va ular bir qavatdan ikkinchi qavatga o‘tmaydi. Boshqacha aytganda, suyuqlik zarrachalari oqimlar harakatiga ko`ndalang yo`nalishda harakatlanmaydi va uni quyidagicha ta'riflash mumkin.

Agar harakat fazosida biror A nuqta tanlab olsak, shu nuqtada albatta suyuqlikning biror zarrachasi bo`ladi. Harakat natijasida shu zarracha *A* nuqtadan siljib uning o`rnini boshqa zarracha egallaydi. Ikkinchi zarracha ham *A* nuqtada to`xtab turmaydi va uning o`rnini uchinchi zarracha egallaydi va hokazo. Endi *A* nuqtaga birinchi kelgan zarracha harakatlanib, biror *B* nuqtaga *AB* chizigi (4.1 - rasm, a) bo`yicha kelsa, uning ketidan kelgan ikkinchi zarracha ham *A* nuqtadan *B* nuqtaga *AB* chizig`i bo`yicha kelsa, uchinchi zarracha ham aniq *AB* chizig`i bo`yicha yursa va *A* nuqtaga kelgan boshqa zarrachalar ham *AB* chizig`i orqali *B* nuqtaga kelsa, bunday harakat *laminar harakat* deyiladi. Ba'zi vaqtda laminar harakatning bunday tartibi *parallel oqimli* yoki *tinch harakat* deb ataladi.

Laminar harakatni tajribada kuzatish uchun suyuqlik oqayotgan shisha quvurning boshlang`ich kesimiga shisha naycha orqali rangli suyuqlik keltirib qo`shib yuborsak, rang suyuqlikda aralashmasdan to`g`ri chiziq bo`yicha oqim ko`rinishida ketadi (4.1 - rasm, v).

Agar suyuqlikning tezligini oshirib borsak, harakat tartibi o`zgarib boradi. Tezlik ma'lum bir chegaradan o`tganidan keyin, zarrachalar kinetik energiyasi ko`payib ketishi natijasida, ular ko`ndalang yo`nalishda ham harakat qila boshlaydi. Natijada zarrachalar o`zi harakat qilayotgan qavatdan qo`shni qavatga o`tib, energiyasining bir qismini yo`qotib, o`z qavatiga qaytib keladi. Oqim tezligi juda oshib ketsa, zarrachalar bir qavatdan ikkinchi qavatga tez o`ta boshlaydi.

Natijada suyuqlik harakatining tartibi buziladi. Bunday harakat turbulent harakat deyiladi.



4.1 - rasm. Laminar va turbulent harakatga oid chizma

Yuqorida aytganimizdek, A nuqtadan o`tayotgan zarrachalarni ko`rsak, birinchi zarracha *B* nuqtaga tekis chiziq bilan emas, qandaydir egri-bugri chiziq bo`yicha keladi. Hatto u nuqtaga aniq kelmasligi mumkin. Birinchining ketidan kelayotgan ikkinchi zarracha ham *A* dan *B* ga egri-bugri chiziq bilan keladi. Lekin bu chiziq birinchi zarracha yurgan chiziqdan farq qiladi. Uchinchi zarracha esa *A* dan *B* ga uchinchi egri-bugri chiziq bilan keladi. Shunday qilib turbulent harakatda ixtiyoriy *A* nuqtadan o`tuvchi har bir suyuqlik zarrachasi *B* nuqtaga o`ziga xos egri chiziq bilan keladi (4.1 - rasm, b), ba'zi zarrachalar *B* nuqtaga kelmasligi ham mumkin. Yuqorida aytilgan usul bilan quvurda oqayotgan suyuqlik oqimining boshlang`ich kesimida rang qo`shib yuborsak, u tezlikning ma'lum bir miqdoridan boshlab egri chiziq bo`yicha ketadi (4.1-rasm, g). Tezlikni oshirishni davom ettirsak, rang suyuqlikda butunlay aralashib ketadi. Bundan ko`rinadiki, suyuqlikning parallel oqimli tartibi buziladi. Suyuqlik harakatining bu ikki tartibini ingliz olimi O. Reynolds tajribada har tomonlama tekshirgan va natijalarini 1883 yilda e'lon qilgan. Reynolds suyuqliklar harakatining muhim qonuniyatini kashf qildi. Suyuqlik harakatini tezlikning oqim o`lchamiga ko`paytmasining qovushqoqlik kinematik koeffitsiyentiga nisbatidan iborat o`lchovsiz miqdor xarakterlar ekan. Bu miqdor olimning hurmatiga *Reynolds soni* deb ataladi va formulalarda *Re* bilan belgilanadi. Silindrik quvurlardagi oqim uchun Reynolds soni quyidagicha qisoblanadi:

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta d}{\nu} \tag{4.1}$$

Turli shakldagi nosilindrik quvurlar va o`zanlardagi oqimlar uchun Reynolds soni quyidagicha o`lchanadi:

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta d_{ekv}}{\nu} = \frac{4\vartheta R}{\nu} \tag{4.2}$$

bu yerda: d – quvurning ichki diametri; d_{ekv} – o`zan yoki nosilindrik quvurning ekvivalent diametri: $d_{\text{ekv}} = 4R$; R – gidravlik radius.

Reynolds aniqlashicha, yuqorida aytilgan o`lchovsiz miqdorning kichik qiymatlarida laminar harakat bo`lib, uning oshib borishi natijasida u turbulent harakatga aylanadi. (4.1) dan ko`rinib turibdiki, Reynolds soni *Re* oshishi uchun yo tezlik, yoki quvur diametri ortish, yoki bo`lmasa qovushqoqlik kinematik koeffitsiyenti kamayishi kerak. Suyuqlikning laminar harakatdan turbulent harakatga, o‘tishini Reynolds soni *Re* ning ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u Reynolds soni kritik soni deb atalib, Re_{kr} bilan belgilanadi. Bu son silindrik quvurlar uchun Re_{kr}=2320.

Agar oqimni juda silliq quvurda, har qanday eng kuchsiz turtki va tebranishlardan holi bo`lgan sharoitda tekshirsak, Reynolds kritik soni 2320 dan ortiq, hatto bir necha marotaba ortiq bo`lishi mumkin. Lekin Reynolds soni ma'lum bir qiymatdan o`tganidan keyin harakat, qanday ehtiyot choralari ko`rilmasin, albatta turbulent bo`ladi. Bu son Reynolds yuqori kritik soni deb ataladi va $Re_{\mathrm{kr.yu}}$ – 10000ga teng bo`ladi. Bu songa qiyos qilib, yuqorida keltirilgan kritik son Reynolds quyi kritik soni $Re_{\mathrm{kr.q}}$ = 2320 deb ataladi. Reynolds soni $Re_{\mathrm{kr.q}}$ dan kichik bo`lganda barqaror laminar harakat bo`ladi, u $Re_{\mathrm{kr.yu.}}$ dan katta bo`lganda esa turbulent harakat barqarorlashgan bo`ladi. Agar Reynolds soni bu ikki miqdor o`rtasida, ya'ni $Re_{\mathrm{kr.q.}}>Re>Re_{\mathrm{kr.yu.}}$ bo`lsa, turbulent harakat beqaror bo`lib, bu holatni o`tkinchi tartib deyiladi. Shunday qilib, suyuqlik harakatida asosan ikki tartib laminar va turbulent tartib mavjud. Bu tushunchani yana aniqroq ifodalasak, u holda uch xil tartib mavjud bo`lib, ular Reynolds soniga bog`liq:

1) laminar tartib *Re* < 2320 da;

2) o`tkinchi tartib 2320> Re > 10000 da;

3) barqarorlashgan turbulent tartib Re> 10000 da.

Suyuqlik harakatini tekshirishda va turli gidrosistemalarni hisoblashda harakat tartibining qanday bo`lishiga qarab foydalaniladigan formulalar va miqdorlar turlicha bo`ladi. Shuning uchun turli hisoblashlarni bajarishdan oldin harakatning laminar yoki turbulent tartibda ekanligini (4.1) formula yordamida aniqlab olish zarur bo`ladi.

Suyuqliklarda ichki qarshiliklar ham harakat tartibiga qarab har xil hisoblanadi. Tajribalarning ko`rsatishicha, laminar harakat vaqtida bosimning pasayishi o`rtacha tezlikning birinchi darajasiga

$$H_{1-2} = k_L \vartheta,$$

turbulent harakatda esa uning *n* – darajasiga proportsional bo`ladi.

$$H_{1-2} = k_T \vartheta^n$$

bu yerda: K_l, K_{T} – laminar va turbulent harakat uchun proportsionallik koeffitsiyentlari; *n* - daraja ko‘rsatkichi; u 1,75 va 2 orasida o`zgaradi. Reynolds soni ortishi bilan daraja ko`rsatkichi *n* ortib boradi. Barqaror turbulent harakat bo`lganda *n* = 2 bo`ladi.

4.2 Gidrodinamik o‘xshashlik asoslari. Gidrodinamik hodisalarni modellash

Texnikada gidravlik qurilmalarini yaratish yoki tabiatdagi biror voqeani tekshirish uchun labaratoriya sharoitida uning kuchaytirilgan modellarida tajribalar o`tkaziladi va bu tajribalar natijasiga qarab asosiy qurilma yoki hodisa haqida xulosa chiqariladi. Modellarni yasash va ularda olingan natijalarni

rostakam nusxaga o`tkazish uchun model bilan rostakam hodisani bir-biri bilan bog`lovchi qonuniyatlarni bilish zarur bo`ladi. Rostakam nusxa bilan model o`rtasidagi bu qonuniyatlar o`xshashlik qonuniyatlari deb ataladi va ularni o`xshashlik va modellash nazariyasi tekshiradi.

Ikki fizik jarayon o`xshash bo`lishi uchun uning barcha parametrlari ma'lum bir munosabatda bo`lishi kerak va bu munosabatlar turli parametrlar uchun turlicha bo`ladi.

Ikki xil voqeani bir-biriga o`xshash bo`lishi uchun birinchidan uning geometrik parametrlari o`xshash bo‘lishi, ikkinchidan kinematik va dinamik parametrlari o`xshash bo`lishi kerak.

Misol uchun suvning tabiatda va texnikada kuzatilayotgan harakatda kavitatsiya hodisasi mavjud bo`lsa, uning modelida geometrik va kinematik o`xshashlik bo`lishidan tashqari xuddi shunday kavitatsiya hodisasi mavjud bo`lishi kerak. Hodisalarning o`xshashligi fizik o`xshashlik, vaqt o`xshashligi chegaraviy shartlarni o`xshashligini ham o`z ichiga olish kerak. Bular ikki o`xshash hodisalar uchun bir ismli miqdorlarning nisbatlari bir xil qiymatga ega bo`lishini taqozo qiladi. Masalan, bir hodisa uchun uzunlik o`lchamlari $L_1, L_2, L_3 ..... L_n$ bo`lsin , birinchiga o`xshash ikkinchi hodisaning uzunlik o`lchamlari esa $l_1, l_2, l_3 ..... l_n$ bo`lsin. U holda agar

$$\frac{L_1}{l'_1} = \frac{L_2}{l'_2} = \frac{L_3}{l'_3} = \frac{L_n}{l'n} = const \qquad (4.3.)$$

bo`lsa bu hodisalar geometrik o`xshash bo`ladi. Xususan, $l_1, l_2, ....., l_n$ quvurning uzunligi, diametiri, tezlik yoki boshqa parametrni o`lchanayotgan nuqtaning koordinatalari va hokazo bo‘lishi mumkun. Yuqorida aytilgan hodisalar uchun tezlik o`lchamlari $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3, .... \vartheta_n$ va $\vartheta'_1, \vartheta'_2, \vartheta'_3 .... \vartheta'_n$ bo`lsin.

Agar

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta'_1} = \frac{\vartheta_2}{\vartheta'_2} = \frac{\vartheta_3}{\vartheta'_3} = \frac{\vartheta_n}{\vartheta'_n} = const \qquad (4.4.)$$

bo`lsa, bu hodisalar kinematik o`xshash bo`ladi. Xususan $\vartheta_1, \vartheta_2, ....., \vartheta_n$ o`lchash olib borilayotgan nuqtalardagi tezliklardir.

Mazkur ikki hodisa uchun:

$$\frac{t_1}{t'_1} = \frac{t_2}{t'_2} = \frac{t_3}{t'_3} = ... = \frac{t_n}{t'_n} = const \qquad (4.5.)$$

bo`lsa, ularda vaqt o`xshashligi mavjud .

Yuqorida keltirilgan (4,3), (4,4) va (4,5) nisbatlarning tenligini ifodalovchi o`zgarmas miqdorlar *o`xshashlik doimiysi* deb ataladi va uzunlik uchun α_l tezlik uchun α_V vaqt uchun at belgilar bilan belgilanadi. Shuningdek tezlanish uchun α_a zichlik uchun α_ρ qovushqoqlik uchun α_μ va hokazo o`xshashlik doimiylarini kirtish mumkin. O`xshashlik nazariyasida yuqorida keltirilgan o`xshashlik doimiylari ikki o`xshash hodisa uchungina bo`lmay, bir qancha o`xshash hodisalar uchun bo`lsa, u holda ular *o`xshashlik aniqlovchisi* deyiladi. O`xshashlik aniqlovchilarning o`xshashlik doimiysidan yana bir farqi ular bir qancha turli o`lchamlar kombinatsiyasining nisbati sifatida qurilishi mumkin.

Masalan,

$$\frac{\vartheta_1 l_1 \nu_1}{\vartheta'_1 l'_1 \nu_1'} = \frac{\vartheta_2 l_2 \nu_2}{\vartheta'_2 l'_2 \nu'_2} = ... = \frac{\vartheta_n l_n \nu_n}{\vartheta'_n l'_n \nu'_n} = const$$

Agar o`xshashlik aniqlovchisi oddiy o`lchamlar nisbati bilan ifodalansa, ular s*implekslar* deyiladi. Agar o`xshashlik aniqlovchisi o`lchamlar murakkab kombinatsiyalarining nisbati sifatida ifodalansa, u holda *o`xshashlik kriteriyalari* deyiladi. Misol sifatida Nyuton ikkinchi qonunini ko`ramiz. Birinchi hodisa uchun u

$$F_1 = m_1 \frac{d\vartheta_1}{dt_1} \qquad (4.6.)$$

Ikkinchi hodisa uchun esa

$$F_2 = m_2 \frac{d\vartheta_2}{dt_2} \qquad (4,7)$$

Ikkinchi hodisa uchun o`xshashlik doimiylari a_f, a_m, a_v, a_t larni kiritsak, (4.7) birinchi hodisa parametrlari orqali quyidagicha ifodalanadi.

$$\alpha_f F_1 = \alpha m_1 \frac{\alpha d}{\alpha t} m_1 \frac{d\vartheta_1}{dt_1}$$

yoki

$$\frac{\alpha_f \alpha_t}{\alpha_m \alpha_V} F_1 = m_1 \frac{d\vartheta_1}{dt_1} \qquad (4,8)$$

(4.6.) bilan (4.8) lar ikki o`xshash hodisalar uchun yozilganligi sababli ular bir xil bo`lishi kerak. Buning uchun o`xshashlik doimiylaridan tashkil topgan quyidagi o`zgarmas miqdor birga teng bo`lishi kerak.

$$C = \frac{\alpha_f \alpha_t}{\alpha_m \alpha_\vartheta} = 1$$

bundan

$$\frac{\frac{F_1}{F_2}\frac{t_1}{t_1}}{\frac{m_1}{m_2}\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}} = 1 \text{ ёки } \frac{F_1 t_1}{m_1 \vartheta_1} = \frac{F_2 t_2}{m_2 \vartheta_2}$$

Bu munosabat bir necha o`xshash hodisalar uchun umumlashtirsak, quyidagi o`xshashlik aniqlovchisini olamiz

$$Ne = \frac{Ft}{m\vartheta} = const$$

bunga *Nyuton mezoni* deyiladi.

Gidrodinamik o`xshashlikni quyidagi kriterial miqdorlar aniqlaydi .

Struxal mezoni yoki *gomoxronlik mezoni*

$$Sh = \frac{l}{\vartheta t} \qquad (4.9.)$$

Reynolds mezoni

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta l}{\nu} \qquad (4.10)$$

Eyler mezoni

$$Eu = \frac{p}{\rho \vartheta^2} \qquad (4.11)$$

Frud mezoni

$$Fr = \frac{\vartheta^2}{gl} \qquad (4.12.)$$

Bu kriterial miqdorlar yuqorida keltirilgan usulni Nave-Stoks tenglamasiga qo`llash yo`li bilan olinadi.

Birinchi hodisa uchun Nave-Stoks tenglamalar sistemasidan birinchi tenglamani yozamiz:

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x\frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y\frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z\frac{\partial u_x}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \nu\left(\frac{\partial u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 x}{\partial z^2}\right) + g\cos\alpha_x, \qquad (4.13)$$

bu yerda: g cosα og`irlik kuchining $O_x$ o`qidagi proyektsiyasi. Bu tenglamaga (4.7) va (4.8) lardagi kabi o`xshashlik doimiysini kiritsak, u quyidagi ko`rinishga keladi

$$\frac{\alpha_\nu}{\alpha t}\frac{\partial u_x}{\partial t} + \frac{\alpha_\nu^2}{\alpha_1}\left(u_x\frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y\frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z\frac{\partial u_x}{\partial z}\right) = -\frac{\alpha_p}{\alpha_\rho\alpha_l}\frac{1}{\rho}\frac{\partial_p}{\partial x} + \frac{\alpha_y\alpha_\nu}{\alpha_l^2}\nu\left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2}\right) + \alpha_g g\cos\alpha_x$$

tenglamaning ikki tomoni $\frac{\alpha_\nu^2}{\alpha_\partial}$ ga bo`lsak, u quyidagi ko`rinishni oladi:

$$\frac{\alpha_e}{\alpha_\nu\alpha_e}\frac{\partial u_x}{\partial t} + U_x\frac{\partial u_x}{\partial x} + U_y\frac{\partial u_x}{\partial y} + U_z\frac{\partial u_x}{\partial z} = -\frac{\alpha_\rho}{\alpha_\rho\alpha_\nu^2}\frac{1}{\rho}\frac{\partial_p}{\partial x} + \frac{\alpha_\upsilon}{\alpha\nu\alpha_t}\nu\left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2}\right) + \frac{\alpha_g\alpha_l}{\alpha_\nu^2}g\cos\alpha_x, \qquad (4.14)$$

Ikki hodisa o`xshash bo`lsa, ularni ifodalovchi tenglamalar bir xil bo`ladi. Ikki hodisa o`xshashligidan (4.13) va (4.14) tenglamalar bir xil bo`lishi kerakligi kelib chiqadi. Bundan ko`rinadiki

$$1)\ \frac{\alpha_t}{\alpha_\nu\alpha_t^2} = 1;\ 2)\ \frac{\alpha_p}{\alpha_\rho\alpha_\nu^2} = 1;\ 3)\ \frac{\alpha_\nu}{\alpha_\upsilon\alpha_\partial} = 1;\ 4)\ \frac{\alpha_g\alpha_t}{\alpha_\nu^2} = 1.$$

Birinchi kombinatsiyadagi o`xshashlik doimiylarini o`z o`rniga qo`ysak

$$\frac{\frac{l_1}{l_2}}{\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}\frac{t_1}{t_2}} = 1, \text{ ya'ni } \frac{l_1}{\vartheta_2 t_1} = \frac{l_2}{\vartheta_2 t_2}$$

Gidrodinamik o`xshash voqealar uchun Struxal mezoni bir xil bo`lishi kerak:

$$Sh = \frac{1}{\vartheta t} = const$$

Ikki kombinatsiyadan

$$\frac{\frac{p_1}{p_2}}{\frac{\rho_1}{\rho_2}\frac{\vartheta_1^2}{\vartheta_2^2}} = 1;\ \frac{p_1}{\rho_1\vartheta_1^2} = \frac{p_2}{\rho_2\vartheta_2}$$

Demak, gidrodinamik o`xshash voqealar uchun Eyler mezoni bir xil bo`lishi kerak:

$$Eu = \frac{p}{\rho\vartheta^2} = const$$

Uchinchi kombinatsiyadan

$$\frac{\frac{\nu_1}{\nu_2}}{\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}\frac{l_1}{l_2}} = 1;\ \frac{\vartheta_1 l_1}{\nu_1} = \frac{\vartheta_2 l_2}{\nu_2}$$

O`xshash voqealar uchun yuqoridagilardan tashqari Reynolds mezoni ham bir xil bo`lishi kerak:

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta l}{\nu} = const$$

To`rtinchi kombinatsiyadan

$$\frac{\frac{g_1}{g_2}\frac{l_1}{l_2}}{\frac{\vartheta_1^2}{\vartheta_2^2}} = 1; \quad \frac{\vartheta_1^2}{g_1 l_1} = \frac{\vartheta_2^2}{g_2 l_2}$$

Gidrodinamik hodisalar o`xshash bo`lishi Frud mezonining ham bir xil bo`lishini taqozo qiladi:

$$Fr = \frac{\vartheta^2}{gl} = const$$

Yuqorida ko`rib o`tilganlardan gidrodinamik o`xshashlik to`rtta tenglikni bajarilishi bilan ta'minlanadi. Bundan kelib chiqadiki, bu kriterial miqdorlar o`rtasida qandaydir munosabat mavjud bo`lib u

$$\varphi_1(Sh, Eu, \mathrm{Re}, Fr) = 0 \qquad (4.15)$$

ko`rinishda ifodalanadi.

Agar harakat barqaror bo`lsa u holda (4.15) ning o`rniga

$$\varphi_2(Eu, \mathrm{Re}, Fr) = 0 \qquad (4.16)$$

munosabatdan foydalamiz.

(4.15) va (4.16) munosabatlar kriterial tenglamalar deb ataladi va Nave - Stoks tenglamasini yechib bo`lmaydigan hollarda ulardan foydalaniladi. Bu munosabatlarning Nave-Stoks tenglamasidan farqi shundaki, ular kriterial miqdorlar o`rtasidagi bog`lanishni noaniq ko`rinishda ifodalaydi. Nave-Stoks teglamasi esa harakat parametrlari orasidagi bog`lanishni aniqlangan ko`rinishda beradi, lekin ko`p hollarda bu tenglamani yechish qiyin, ba'zan esa yechish mumkin emas.

Kriterial tenglamalardan foydalanish uchun tekshirilayotgan voqeaning modelini laboratoriya sharoitida yaratib, unda tajriba o`tkazamiz. Tajribadan olingan natijalarni esa (4.15) yoki (4.16) tenglamani aniqlangan ko`rinishga keltirish uchun foydalanamiz. Ko`p hollarda (4.16) tenglamani ham soddalashtirib, og`irlik kuchi harakatga kam ta'sir etadigan hollarga

$$\varphi_3(Eu, \mathrm{Re}) = 0 \qquad (4.17)$$

ko`rinishida qo`llaymiz. Oxirgi tenglama yuqori bosim ostida bo`ladigan hodisalar uchun yaqin keladi.

4. bo‘yicha nazorat savollari

1. Suyuqlik harakatinig tartiblari.
2. Suyuqlikning barqaror harakati uchun uzilmaslik tenglamasi
3. Laminar harakat tartibining xususiyatlari.
4. Reynolds soni.
5. Turbulent harakat tartibining xususiyatlari.

5. SUYUQLIKLARNING LAMINAR HARAKATI

5.1 Tezlikning silindirik quvur kesimi bo`yicha taqsimlanishi

Qovushoq suyuqliklar quvurda laminar harakat qilganda uning oqimchalari bir-biriga parallel harakat qiladi. Quvur devorlari esa unga yopishib qolgan suyuqlik zarrachalari bilan qoplanadi. Shunday qilib, quvur devoridagi suyuqlik zarrachalarining tezligi nolga teng. Suyuqlikning devorga yopishgan qavatidan keyingi qavati esa suyuqlik zarrachalari bilan qoplangan quvur devori ustida sirpanib boradi. Agar quvur ichidagi suyuqlikni xayolan cheksiz ko`p yupqa qavatlarga ajratsak, u holda har bir qavat o`zidan oldingi qavat sirtida siljib boradi. Yuqorida aytilganga ko`ra quvur devori sirtidagi qavatning tezligi nolga teng bo`lib, quvur o`qiga yaqinlashgan sari tezlik oshib boradi. O`qda esa tezlik maksimal qiymatga ega bo`ladi. Shuning uchun quvur ichidagi ishqalanish kuchi Nyuton qonuni bilan ifodalanadi:

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

Quvur ichida uzunligi *l* va radiusi *r* bo`lgan elementar naycha ajratib olamiz (5.1-rasm). Bu naychaning yuzalari $d\omega$ bo`lgan 1-1 kesimi bo`yicha $p_1$ bosim, 2-2 bo`lgan kesim bo`yicha esa $p_2$ bosim ta'sir qilsin. Radusi R bo`lgan tekshirilayotgan quvurdagi harakat gorizontal va tekis bo`lsin. U holda elementar naychaga ta'sir qilayotgan kuchlar

1-1 kesimdagi bosim kuchi

$$P_1 = p_1 d\omega$$

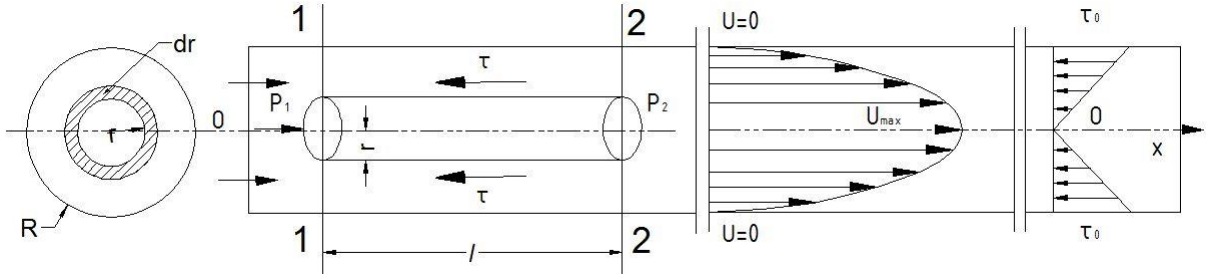
2-2 kesimdagi bosim kuchi

$$P_2 = p_2 d\omega$$

ishqalanish kuchi

$$T = \tau 2\pi r l = -\mu 2\pi r l \frac{du}{\alpha r}$$

dan iborat.



5.1 - rasm. **Laminar harakatda tezlikning quvur kesmi bo`yicha taqsimlanishi**

U holda elementar naychaning muvozanat shartidan quyidagini yoza olamiz.

$$P_1 - P_2 - T = 0 \qquad (5.1)$$

Elementar naycha kesimi $dS = \pi r^2$ ekanligini nazarda tutib, (5.1) dan quyidagi tenglamani keltirib chiqaramiz:

$$\pi r^2 p_1 - \pi r^2 p_2 + \mu 2\pi r l \frac{du}{dr} = 0$$

Bu tenglamadan ushbu differentsial tenglamani keltirib chiqaramiz:

$$\frac{du}{dr} = -\frac{r}{2\mu}\frac{p_1 - p_2}{l} \qquad (5.2.)$$

Oxirgi tenglamaning o‘zgaruvchilarini ajratamiz

$$du = -\frac{p_1 - p_2}{2\mu l} r dr$$

va chap tomoni *u* dan *0* gacha, o`ng tomonini esa *r* dan *R* gacha integrallab, tezlik uchun munosabat keltirib chiqaramiz:

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l}(r^2 - R) \qquad (5.3.)$$

Hosil qilingan tenglama parabola tenglamasi bo`lib, u tezlikning silindrik quvur kesimi bo`yicha taqsimlanishini ko`rsatadi. (5.3) dan ko`rinib turibdiki, quvurdagi harakat tezligi *r = 0* da maksimumga erishadi

$$u_{\max} = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} R^2 \qquad (5.4.)$$

Demak, silindrik quvurda laminar harakat tezligi ko`ndalang kesimda parabola qonuni bo`yicha taqsimlangan bo`ladi. Tezlikning maksimal qiymati esa quvurning o`qi bo`yicha yo`nalgan bo`ladi. Endi quvurda oqayotgan suyuqlikning sarfini topamiz. Eni *dr* ga teng bo`lgan halqa bo`yicha oqayotgan (5.1 - rasm) elementar sarf quydagiga teng bo`ladi:

$$dQ = 2\pi r dru$$

Oxirgi tenglikka (5.3) dan tezlikning formulasini qo`ysak, quyidagini olamiz:

$$dQ = -2\pi r \frac{p_1 - p_2}{4\mu l}(r^2 - R^2)dr\,.$$

Bu tenglikning chap tomonini 0dan *Q* gacha o`ng tomonini esa 0dan *R*gacha integrallab

$$Q = -\int_0^R 2\pi r \frac{p_1 - p_2}{4\mu l}(r^2 - R^2)dr = -\pi\frac{p_1 - p_2}{2\mu l}\int_0^R (r^2 - R^2)rdr = \pi\frac{p_1 - p_2}{2\mu l}\left(\frac{R^4}{2} - \frac{R^4}{4}\right) = \frac{\pi R^4}{8\mu}\frac{p_1 - p_2}{l} \qquad (5.5.)$$

munosabatni olamiz.

Bu holda o`rtacha tezlikni shunday topamiz:

$$\vartheta = \frac{Q}{\omega} = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{\pi R^4(p_1 - p_2)}{8\mu l \pi R^2} = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l}R^2 \qquad (5.6.)$$

(5.6) va (5.4) munosabatlarni solishtirib quvurda laminar harakat vaqtida o`rtacha tezlik bilan maksimal tezlik orasidagi munosabatni topamiz:

$$\vartheta = \frac{u_{\max}}{2} \qquad (5.7.)$$

Demak, silindrik quvurda laminar harakat vaqtida o`rtacha tezlik maksimal tezlikdan ikki marotaba kichik ekan.

5.2 Quvur uzunligi bo`yicha bosimning pasayishi (Puazeyl formulasi)

Endi quvurda oqayotgan suyuqlik enegiyasining ishqalanishni yengishga sarflanishini tekshiramiz. Avval quvur kesimi bo`yicha ishqalanish kuchining taqsimlanishini ko`ramiz. Buning uchun Nyuton qonuni formulasiga tezlik formulasi (5.3) ni qo`yamiz.

U holda,

$$\tau = -\mu \frac{du}{dr} = \frac{p_1 - p_2}{2l} r \qquad (5.8.)$$

Bu formuladan ko`rinib turibdiki, ishqalanish kuchi quvur o`qida nolga teng bo`lib, uning o`qidan devorlariga qarab chiziqli ortib boradi va devor sirtida eng katta qiymatga erishadi (5.1 - rasm) (3.56) tenglamada silindrik quvurdagi uzunlik bo`yicha gidravlik yo`qotishni ishqalanish kuchi orqali berilgan edi. Endi bu formulaga (5.8) munosabatni qo`ysak.

$$H_e = \frac{p_1 - p_2}{\gamma 2l} R \frac{2Rl}{\pi R^2} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}.$$

Kesimlardagi bosim farqi (p_1-p_2) ni (5.6) formuladan o`rtacha tezlik orqali ifodalasak:

$$p_1 - p_2 = \frac{2\mu l}{R^2} \vartheta = \frac{32\mu l}{D^2} \vartheta$$

va gidravlik yo`qotish formulasiga qo`ysak, quyidagi munosabatni olamiz:

$$H_l = \frac{8\mu l}{\gamma D^2} \vartheta \qquad (5.9.)$$

U holda gidravlik qiyalik uchun formula chiqarish qiyin emas. Buning uchun (5.9) ning ikki tomonini l ga bo`lamiz

$$\frac{H_l}{l} = \frac{32\nu}{gD^2} \vartheta \qquad (5.10)$$

va oxirgi tenglikni quyidagicha yozamiz:

$$J = \frac{2 \cdot 32\nu}{gD2D\vartheta} \vartheta^2 = \frac{64\nu}{\vartheta D 2gD} \vartheta^2$$

Silindrik quvurlar uchun Reynolds soni

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta D}{\nu}$$

ko`rinishda yozilgani uchun

$$J = \frac{64}{R_e 2gD} \vartheta^2$$

Demak, laminar harakat vaqtida gidravlik qiyalik va bosimning pasayishi Reynolds soniga bog`liq ekan. $\frac{64}{\mathrm{Re}}$ ko`rinishdagi miqdorni gidravlikada λ bilan belgilanadi:

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}} \qquad (5.11)$$

va ishqalanish qarshiligi koeffitsiyenti deb ataladi. U holda energiyaning yo`qolishi va gidravlik qiyalik uchun quyidagicha Darsi - Veysbax formulasini olamiz.

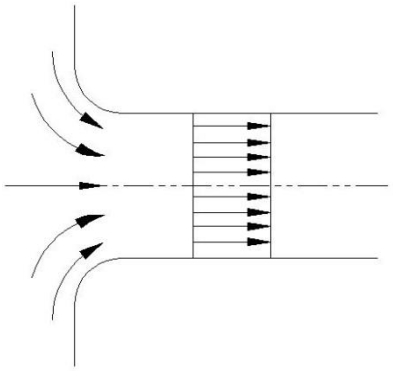
$$H_e = \lambda \frac{l}{D} \frac{\vartheta^2}{2g}$$
$$J = \lambda \frac{l}{D} \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.12)$$

Shunday qilib, laminar harakat vaqtida quvur uzunligi bo`yicha bosimning pasayishi va gidravlik qiyalik solishtirma kinetik energiyaga chiziqli bog`liq ekan.

5.3 Oqimning boshlang'ich bo`lagi.

Yuqorida aytib o`tilgan harakat qonunlari quvurdagi barqarorlashgan laminar oqimlar uchun to`g`ridir. Haqiqatda esa, quvurga endi kirgan suyuqlik boshlang`ich kesimdan boshlab ma'lum masofa o`tgandan keyingina laminar harakatga doir bo`lgan parabolik qonun bo`yicha taqsimlangan bo`ladi.

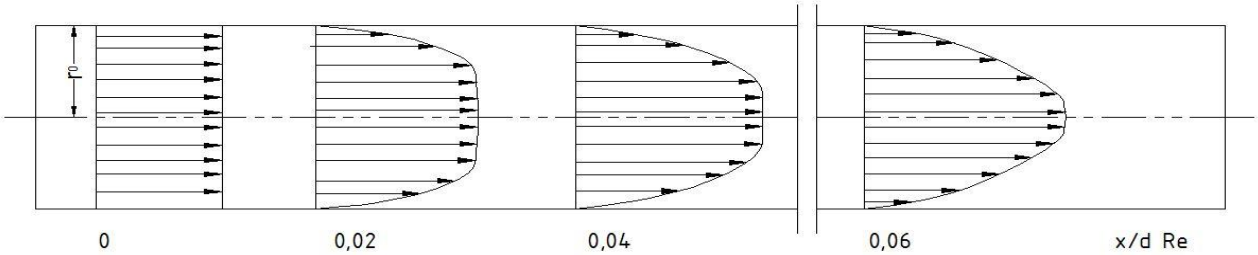
Laminar harakatning quvurda rivojlanishini quyidagicha tasavvur qilish mumkin. Hajmi juda katta idishdan suyuqlik quvurga kirsin va quvur kirish qismining chekkalari yaxshilab dumaloqlangan bo`lsin. Bu holda boshlang`ish kesimda tezlik deyarli o`zgarmas bo`ladi. Bu qonun faqat *chegara* (yoki devoroldi) qatlam deb ataluvchi devor ustidagi yupqa qavatdagina buziladi. Bu qavatda suyuqlikning devorga yopishishi natijasida tezlik keskin kamayib, devorda nolga tenglashadi. Shuning uchun kirish qismida tezlik chizig`i to`g`ri chiziq kesmasi (5.2 - rasm) bilan aniq ifodalanadi.



5.2 - rasm. Naycha kirishidagi tezlik taqsimotiga doir.

Kirish qismidan uzoqlashgan sari devorlardagi ishqalanish kuchi ta'sirida chegara qatlamga yaqin qavatlarda harakat sekinlashib boradi va natijada bu qatlamning qalinligi oshib boradi harakat esa sekinlashib boradi. Oqimning ishqalanish kuchi hali ta'sir qilmagan markaziy qismi esa bir butun harakat qilishni davom ettiradi, ya'ni boshqacha aytganda markaziy qavatlarda tezlik deyarli bir xil bo`lgani holda (oqayotgan suyuqlikning harakat miqdori o`zgarmas bo`lgani uchun) chegara qatlamda tezlik kamaygani sababli yadroda tezlik oshadi.

Shunday qilib, quvurning o`rta qismida (yadroda) tezlik oshib boradi, devor yaqinida o`sib boruvchi chegara qatlamda kamayadi. Bu jarayon chegara qatlam oqim kesimini butunlay egallab olmaguncha va yadro butunlay yo`q bo`lib ketguncha davom etadi (5.3 - rasm).



5.3 - rasm. Laminar harakatning quvurda rivojlanib borishiga doir chizma

Shundan keyin oqimning rivojlanishi tugab, tezlik chizig`i odatdagi laminar oqimga xos parabolik shaklni qabul qiladi. Quvurning boshlang`ich kesimidan

doimiy parabolik tezlik vujudga kelguncha bo`lgan bo`lagi laminar harakatning boshlang`ich bo`lagi deb ataladi. Bu bo`lakning uzunligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$L_{бош} = 0{,}028 R_e D \qquad (5.13)$$

Bu formuladan ko`rinadiki, boshlang`ich bo`lak Reynolds soniga va quvurning diametriga proportsional ekan. Gidrotexnika kursida bu masalani nazariy usul bilan hal qilingan bo`lib, olingan formulalar tajribada qiymatlarga juda yaqin keladi.

5.4 Tekis va halqasimon tirqishlarda suyuqlikning laminar harakati.

Yuqorida biz laminar harakatning eng sodda turlaridan biri silindrik quvurdagi tekis harakatni ko`rgan edik. Texnikada esa murakkab harakatlar ko`p ushraydi. Bularga tekis va halqasimon tirqishlardagi harakatlarni misol qilib keltirish mumkin. Bunday harakatlar gidravlik mashinalar va agregatlarni germetiklash, ularning harakatlanuvchi elementlarini mustahkam berkitish ishlari orada tirqish qoldirib bajariladi. Porshenli nasoslar va gidrouzatmalarda plunjer bilan silindr orasidagi tirqish ham yuqoridagi aytilgan harakatlarga misol bo`la oladi.

Uzunligi *l*, eni *b*, balandligi *c* bo`lgan tekis tirqishdagi laminar, bir tekis harakatni ko`ramiz (5.4 - rasm).

Ko`rilayotgan tirqishda uzunligi *l*, eni *b* va balandligi y bo`lgan parallelepiped ajratamiz. Bu parallelepipedga *1-1* kesimi bo`yicha O*x* o`qi yo`nalishida

$$P_1 = p_1 by$$

2-2 kesimi bo`yicha

$$P_2 = p_2 by$$

bosim kuchlari ta'sir etadi.
Parallelepipedning ustki sirtiga

$$T_1 = \tau bl = -\mu \frac{du}{dy} bl$$

va ostki sirtiga

$$T_2 = \tau_0 bl$$

ishqalanish kuchlari ta'sir etadi va ular ham *Ox* o`qi bo`yicha yo`nalgan bo`ladi. Ko`rilayotgan hajmdagi suyuqlikning muvozanatda bo`lishi sharti bo`yicha yuqorida keltirilgan kuchlardan quyidagi tenglama hosil qilinadi.

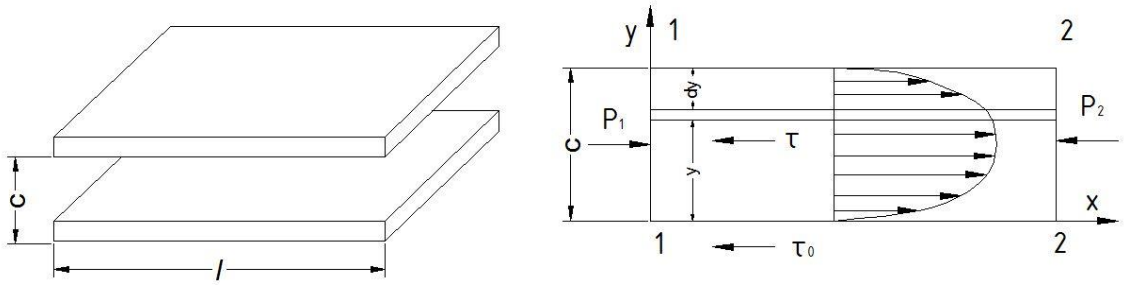
$$P_1 - P_2 - T_1 - T_2 = 0 \qquad (5.14)$$

Bu tenglama quyidagi ko`rinishga keladi.

$$\frac{du}{dy} = -\frac{p_1 - p_2}{\mu l} y + \frac{\tau_0}{\mu} \qquad (5.15)$$

Suyuqlikning qovushqoqlik shartiga asosan tirqishning pastki devorida *(y=0)* tezlik nolga teng. (5.15) tenglamaning chap tomonini *0* dan *u* gacha, o`ng tomoni *0* dan *y* gacha integrallab, quyidagi formulani olamiz.

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{2\mu l} y^2 + \frac{\tau_0}{\mu} y \qquad (5.16)$$



5.4 - rasm. Tekis tirqishda suyuqlikning laminar harakatiga doir chizma.

Ikkinchi devorda *(y=c)* ham tezlik nolga teng. Bu shartdan foydalanib ushbu tenglikni yozamiz.

$$O = \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} c^2 + \frac{\tau_0}{\mu} c.$$

Oxirgi tenglikdan τ_0 ni topamiz.

$$\tau_0 = \frac{p_1 - p_2}{2l} c$$

va (5.16) ga qo`yamiz. Natijada tezlik uchun quyidagi formulani olamiz.

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{2\mu l} y(y - c) \qquad (5.17)$$

Bu formuladan ko`rinib turibdiki, tekis tirqishdagi tezlik parabolik qonunga bo`ysunar ekan. Tezlik $y = \frac{c}{2}$ da maksimal qiymatga erishadi, ya'ni:

$$u_{\max} = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l} c^2 \qquad (5.18)$$

Suyuqlik sarfini topish uchun qalinligi *dy* ga teng bo`lgan elementar qavat olib, uning ko`ndalang kesimidan oqayotgan suyuqlikning sarfini topamiz.

$$dQ = bdyu$$

U holda suyuqlik sarfi quyidagicha aniqlanadi.

$$Q = \int_s dQ = b\int_O^c u dy = b\int_o^c \frac{p_1 - p_2}{2\mu l}(c - y)ydy = b\frac{p_1 - p_1}{2\varpi l}\int_o^c (c - y)ydy = \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} b(\frac{c^3}{2} - \frac{c^3}{3}) = \frac{p_1 - p_2}{12\mu l} c^3 b \qquad (5.19)$$

Bu formula yordamida tirqishdan oqib ketayotgan suyuqlik miqdorini aniqlash mumkin.

O`rtacha tezlikni topish uchun sarfni oqimning kesimiga bo`lamiz, ya'ni

$$\vartheta = \frac{Q}{\omega} = \frac{p_1 - p_2}{12\mu l}\frac{c^3 b}{cb} = \frac{p_1 - p_2}{12\mu} c^2 \qquad (5.20)$$

(5.18) va (5.20) tenglamalarni o`zaro taqqoslab, o`rtacha tezlik bilan maksimal tezlik o`rtasidagi bog`lanishni topamiz: $\vartheta = \frac{2}{3} u_{\max}$. Bundan ko`rinadiki, ko`rilayotgan holda maksimal tezlik o`rtacha tezlikdan bir yarim marta katta ekan. Tekis tirqishdan oqayotgan suyuqlik uchun gidravlik yo`qotishni topamiz.

$$H_e = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

(5.20) dan *(p_1-p_2)* ni o`rtasha tezlik orqali quyidagicha ifodalab

$$p_1 - p_2 = \frac{12\mu l}{c^2}\vartheta.$$

uni gidravlik yo`qotish formulasiga qo`ysak, ushbu munosabat hosil bo`ladi.

$$H_e = \frac{12\mu l}{\gamma s^2}\vartheta$$

Tirqishning gidravlik radiusi

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{lb}{2(c+b)} \approx \frac{c}{2}$$

bo`lishni va Reynolds soni $R_e = \frac{\vartheta 4R}{\nu}$ ni nazarga olib, gidravlik yo`qotishni quyidagicha yozamiz:

$$H_e = \frac{12\nu l}{gc^2}\vartheta = \frac{24l}{\frac{\vartheta 4R}{\nu}c}\frac{\vartheta^2}{2g} = \frac{96}{\mathrm{Re}}\frac{l}{\mathrm{Re}}\frac{\vartheta^2}{2g}. \qquad (5.21)$$

Agar silindrik quvurdagi laminar harakat tekshirilgandagi kabi

$$\lambda = \frac{96}{\mathrm{Re}} \qquad (5.22)$$

belgilashni kiritsak, ushbu munosabatni olamiz.

$$H_e = \lambda\frac{l}{4R}\frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.23)$$

Oxirgi munosabatdan foydalanib gidravlik qiyalikni hisoblash formulasini olamiz.

$$J = \frac{H_e}{l} = \lambda\frac{l}{4R}\frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (5.24)$$

Bu olingan formulalar ma'lum hollarda kontsentrik halqasimon tirqishlardagi laminar harakat uchun ham qo`llanilishi mumkin.

Masalan, plunjerning diametri d_1 tirqishning qalinligidan juda katta bo`lsa $(d_1 >> c)$, plunjer bilan silindr orasidagi halqasimon tirqish uchun qo`llaniladi. Bu holda suyuqlik sarfini hisoblash uchun (5.19) dagi *b* o`rniga *d* ni qo`yish kerak. Ekstsentrik halqasimon tirqishlar uchun sarfini hisoblashda esa (5.19) dagi *b* o`rniga $\pi\frac{d_4 + d_2}{2} = \pi(d_1 + c)$ ni qo`yish kerak; bu yerda *e* – plunjer va silindr o`qlari orasidagi ekstsentrisitet. Agar tirqishning qalinligi plunjer diametriga yaqin miqdorlarda o`lchanadigan bo`lsa, u holda halqasimon tarqishdagi harakat uchun boshqacha formulalar chiqarish kerak bo`ladi.

Diametrlari d_1 va d_2, uzunliklari *l* bo`lgan plunjer va silindr orasidagi tirqishda (5.5 - rasm) laminar harakat qilayotgan suyuqlik oqimini tekshiramiz. Radiusi $r_1$ va *r* bo`lgan ikki silindr orasidagi suyuqlik muvozanatini ko`ramiz.

1-1 kesim yuzasi bo`yicha Ox o`qi yo`nalishida

$$P_1 = p_1\pi(r^2 - r_1^2)$$

kuch, 2-2 kesim yuzasi bo`yicha

$$P_2 = p_2\pi(r_2 - r_1^2)$$

kuch ta'sir qiladi.

Ichki silindr sirti bo`yicha

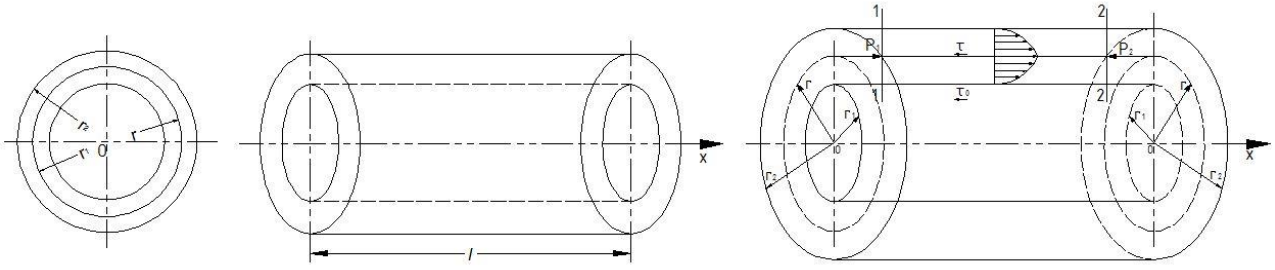
$$T_1 = \tau_0 2\pi r_1 l$$

Tashqi silindr sirti bo`yicha esa

$$T_2 = \tau 2\pi rl = \mu \frac{du}{dr} 2\pi rl$$

kuchlar ta'sir qiladi. Bu holda avvalgi masaladagi kabi suyuqlik hajmining muvozanat sharti bo`yicha quyidagi tenglamani olamiz.

$$\frac{du}{dr} = -\frac{p_1 - p_2}{2\mu l} \frac{r^2 - r_1^2}{r} + \frac{\tau_0}{\mu r}$$



5.5 - rasm. **Halqasimon tirqishda suyuqlikning laminar harakatiga doir chizma**

Suyuqlikning tezligi $r = r_1$ da nolga teng bo`ladi. Shuning uchun (5.25) tenglamaning chap tomonini $O$ dan $u$ gacha, o`ng tomonini r_1 dan r gacha integrallab, ushbu munosabatni olamiz.

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l}\left[(r^2 - r_1^2) - 2\ln\frac{r}{r_1}\right] + \frac{\tau_0}{\mu}\ln\frac{r}{r_1}.$$

Silindrning sirtida $(r = r_2)$ ham tezlik nolga teng.
Shuning uchun

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l}\left[(r_2^2 - r_1^2) - 2\ln\frac{r_2}{r_1}\right] - 2\ln\frac{r_2}{r_1}\right] + \frac{\tau_0}{\mu}\ln\frac{r_2}{r_1}.$$

Bu tenglikdan $\frac{\tau_0}{\mu}$ ni topamiz.

$$\frac{\tau_0}{\mu} = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l}\left[(r_2^2 - r_1^2)\frac{1}{\ln\frac{r_2}{r_1}} - 2\right]$$

va (5.26) ga qo`yamiz. Shunday qilib, tezlikning kesim bo`yicha taqsimlanishi uchun ushbu munosabatni olamiz.

$$u = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l}\left[(r_2^2 - r_1^2)\frac{\ln\frac{r}{r_1}}{\ln\frac{r_2}{r_1}} - (r^2 - r_1^2)\right].$$

$r_2 - r_1 = c$ ning miqdori r_1 dan juda kichik bo`lganda bir qancha amallardan keyin (5.27 ) dan (5.17 ) ni keltirib chiqarish mumkin. Bu esa yuqorida aytilgan fikrlarni yana bir bor tasdiqlaydi. Halqasimon tirqishdan oqayotgan suyuqlikning maksimal tezligi avvalgidek tirqish balandligining o`rta qismiga to`g`ri kelmaydi. Maksimal tezlikni topish ancha murakkab bo`lgani uchun biz uni keltirmaymiz.

Halqasimon tirqishdan oqayotgan suyuqlikning sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$Q = 2\pi\int_{r_1}^{r_2} urdr = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l}\pi(r_2^2 - r_1^2)\left[r_2^2 + r_1^2 - \frac{r_2^2 - r_1^2}{\ln\frac{r_2}{r_1}}\right]. \quad (5.28)$$

U holda o`rtacha tezlikni topish uchun sarfni kesim $-\omega = \pi(r_2^2 - r_1^2)$ ga bo`lamiz.

$$\vartheta = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l}(r_2 + r_1^2) - \left(\frac{r_2^2 - r_1^2}{\ln\frac{r_2}{r_1}}\right). \quad (5.29)$$

Gidravlik yo`qotish esa quyidagicha hisoblanadi.

$$H_e = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{8\nu l\ln\frac{r_2}{r_1}}{(r_2^2 + r_1^2)\ln\frac{r_2}{r_1} - (r_2^2 - r_1^2)}\frac{\vartheta}{g}.$$

Gidravlik radius

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\pi(r_2^2 - r_1^2)}{2\pi(r_2 - r_1)} = \frac{r_2 - r_1}{2}$$

Demak, Reynolds soni

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta 4R}{\nu} = \frac{\vartheta 2(r_2 - r_1)}{\nu}$$

Buni nazarda tutsak,

$$He = \frac{64(r_2^2 - r_1^2)\ln\frac{r_2}{r_1}}{\mathrm{Re}\left[(r_2^2 + r_1^2)\ln\frac{r_2}{r_1} - (r_2^2 - r_1^2)\right]}\frac{l}{2(r_2 - r_1)}\frac{\vartheta^2}{2g}$$

Avvalgi hollarda belgilashni kiritamiz.

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}\frac{(r_2^2 - r_1^2)\ln\frac{r_2}{r_1}}{(r_2^2 + r_1^2)\ln\frac{r_2}{r_1} - (r_2^2 - r_1^2)}.$$

U holda

$$H_e = \lambda\frac{l}{2(r_2 - r_1)}\frac{\vartheta^2}{2g} \quad (5.30)$$

Gidravlik nishablik uchun esa

$$J = \frac{H_e}{l} = \lambda\frac{1}{2(r_2 - r_1)}\frac{\vartheta^2}{2g}. \quad (5.31)$$

Ekstsentrik halqasimon tirqishlar uchun hisoblash formulalari murakkab bo`lgani uchun ularni ushbu kitobga kiritmadik.

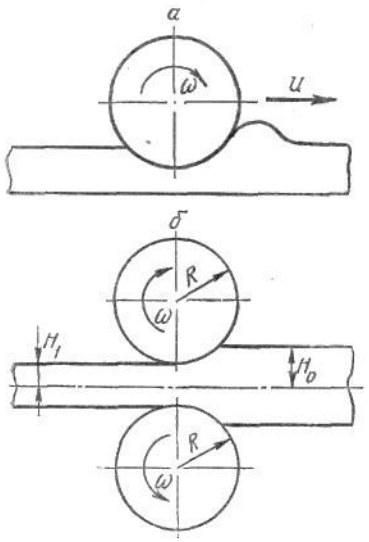
5.5 Laminar oqimning maxsus turlari (o`zgaruvchan qovushqoqlik, obliteratsiya)

Mashinalar gidravlikasini yaratish rus olimlari A.A.Sablukov, V.A.Pusheshnikov, V.G.Shuxov va boshqalarning nomlari bilan bog`langan.

Gidrodinamikada mashinalarni moylash (boshqacha aytganda suyuqliklar yordamida qarshilikni kamaytirish) ustida ko`p olimlar ishlagan. Bu ishlarning asoschisi mashhur rus olimi N.P.Petrovdir. U o`z ishlarida moylash masalalarini hal etishda Nyuton gipotezasini qo`llash mumkin ekanligiga katta ahamiyat bergan edi. Petrov bu ishlarda sharchalarning podshipniklar o`rtasidagi harakatini bir o`qli silindrlar orasidagi laminar harakat masalasi sifatida ko`rish mumkin ekanligini ko`rsatdi. N.P.Petrov o`tkazgan juda ko`p tajribalar uning nazariyasini tasdiqlabgina qolmay, o`sha davrida mineral moylar harakatiga doir ko`pgina masalalarning hal etilishiga yordam beradi.

N.P.Petrov o`z nazariyasini yaratishda va tajribalarida podshipnik halqalari tez aylangani sari suyuqlik ularga oz-ozdan ta'sir qilib borishini ko`rsatdi. Bu ta'sir natijasida podshipnik ichki va tashqi halqalarning o`qi podshipnik o`qidan og`adi, lekin bu og`ish juda ham kam. Bu aytilganlarga asosan u moylovchi qavat uchun harakat tenglamasining soddalashtirilgan ko`rinishini keltirib chiqardi. Podshipnik halqalarining sezilarsiz darajada ekstsentrik joylashuvi qo`shimcha kuchlarni vujudga keltiradi va u valdagi zo`riqishlarni muvozanatlaydi. N.P.Petrov bu masalani ikki egri sirt orasidagi suyuqlik harakati sifatida ko`radi. Bu nazariyani davom ettirib N.E.Jukovskiy va S.A.Shapliginlar ship va podshipnikning ekstsentrik joylashgan holati nazariyasini yaratdilar.

Yuqorida keltirilgan ikki tekis sirtlar orasidagi tirqishda suyuqliklar harakatini N.P.Petrov yechgan masalaning juda soddalashtirilgan ko`rinishi deb qarash mumkin, lekin bu soddalashtirish shunchalik kuchliki, olingan natijalar podshnipnikdagi moyning harakatini ifodalab bera olmaydi.



5.6 - rasm. **N.P.Petrov nazariyasini izohlashga oid rasm.**

N.P.Petrov nazariyasi boshqa bir qancha masalarni yechishga yordam beradi. Bularga qovushoq suyuqlikning yupqa qavati bilan qoplangan sirt ustida silindirning dumalashi (5.6 - rasm) masalasi kiradi. Bu masalaning yechilish usuli qizdirilgan metallni prokatlash ishlarida ham qo`llaniladi. Bu holda tajribalar shuni ko`rsatadiki, qizdirib prokatlanayotgan metall juda qovushoq suyuqlikka o`xshash xossaga ega bo`ladi. Bu hodisani birinchi bo`lib I.V.Meshsherskiy tekshiradi. Uning yechimlari S.M.Targning monografiyasida keltirilgan.

Avvalgi paragrafda keltirilgan tekis va silindrik sirtlar orasidagi tirqishda harakat qilayotgan suyuqlik harakati masalalari plunjerning silindr ichidagi harakatiga yana ham yaqinroq bo`lish uchun bu sirtlarning birini biror *V* tezlik bilan harakatlanayotgan deb qarash kerak bo`ladi. Bu masalalarning yuqorida keltirilgan yechimlarida yana bir narsa hisobga olinmagan. Pulunjer silindr ichida harakat qilgan vaqtida ishqalanish kuchining ta'sirida qizib ketishi mumkin. Natijada ikki silindr orasidagi tirqishda oqayotgan suyuqlik ham qiziydi. Bunday hodisa sharikli podshipniklarda ham bo`ladi. Moylovchi suyuqlik qizishi bilan uning qovushqoqlik koeffitsiyenti o`zgaradi. Biz qovushqoqlik koeffitsiyentining temperaturaga bog`liqligini kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentiga bag`ishlangan paragrafda ko`rgan edik va temperatura ortishi bilan qovushqoqlikning kamayishi haqida to`xtalib o`tgan edik. Qovushqoqlikning temperaturaga bog`liqligi haqidagi masalalar akademik L.S.Leybenzon va akademik M.A.Mixeyevlar tomonidan yechilgan bo`lib, tirqishlarda suyuqlikning harakati qovushqoqlik koeffitsiyentining o`zgaruvchanligiga bog`liqligi hisobga olib ko`rilgan.

Qovushqoqlikning temperaturaga bog`liqligi suyuqlik tashqi muhit bilan issiqlik almashganda ishqalanish qarshiligining o`zgarishiga olib keladi. Agar tashqi muhit suyuqlikka qaraganda sovuqroq bo`lsa, uning tashqi muhitga issiqlik berishi natijasida suyuqlikning quvur devoriga yaqinroq qavatlarida qovushqoqlik ortadi. Natijada bu qavatlardagi harakatning sekinlanishi tezkor bo`ladi, bu esa tezlik gradiyentining kamayishiga olib keladi.

Tashqi muhit issiqroq bo`lsa, aksincha, suyuqlikning quvur devoriga yaqin qavatlari tashqaridan issiqlik olib, uning qovushqoqligi kamayadi. Natijada devor yonida tezlik gradiyenti ortadi.Shunday qilib, suyuqlik tashqi muhit bilan issiqlik almashgan hollarda uning qovushqoqligi quvur kesimi bo`yicha o`zgaruvchan bo`lib, tezlik taqsimoti ham o`zgarmas temperaturadagidan boshqacha bo`ladi. Xususan, qizdirishli oqim vaqtida yadrodagi tezlik ortib, tezlik taqsimoti chizig`i cho`ziqroq bo`ladi, aksincha, sovutishli oqimlar holida esa bu chiziq qisqaradi.

Laminar harakat issiqlik berish (sovutish) bilan amalga oshirilsa, temperatura o`zgarmagan holga qaraganda qarshilik ortadi, issiqlik kelishi (qizdirish) bilan amalga oshsa, qarshilik kamayadi. Bu yuqorida aytilganidek, quvur devori atrofida qovushqoqlik o`rtacha qovishqoqlikka qaraganda kam bo`lishi natijasida yuz beradi. Bu holda ishqalanish qarshiligi koeffitsiyenti uchun, amaliy hisoblashlarda, taqribiy formulalardan foydalaniladi:

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}\sqrt{\frac{\nu_g}{\nu_c}},$$

bu yerda: Re – o`rtacha qovushqoqlik uchun hisoblangan Reynolds soni $\nu_g$ - quvur devori yonidagi suyuqlikning qovushqoqligi, $\nu_s$ – suyuqlikning o`rtacha qovushqoqligi. Aniqroq hisoblashlar uchun akad. M.A.Mixeyevning kichik Reynolds sonlari bilan hisoblashga chiqargan formulasidan foydalanish mumkin.

Ikki sirt orasidagi tor tirqishda suyuqlik harakat qilayotgan vaqtda qattiq jism va suyuqlik chegarasida molekulalararo o`zaro ta'sir kuchi natijasida, qutblangan suyuqlik molekulalarning adsorbtsiyalanish hodisasi vujudga keladi. Natijada devorlar sirtida, siljituvchi kuchga qarshi ma'lum qattiqlik va mustahkamlik xususiyatiga ega bo`lgan, harakatsiz suyuqlik qavati hosil bo`ladi.

Bu esa tirqish harakat kesimining kichrayishiga sabab bo`ladi. Tirqishning bunday kichrayish hodisasi obliteratsiya deyiladi.

Obliteratsiya qavati cheklangan bo`lib, tirqish devoridan uzoqlashgan sari uning mustahkamligi kamayib boradi, molekulalar orasidagi bog`lanish susayib, suyuqlik zarrachalari qavat sirtidan ajraladi va harakatga keladi.

Obliteratsiya intensivligi suyuqlikning turiga, tirqishdagi bosimning kamayib borishiga va boshqa sabablarga bog`liq. Bosim kamayishi ortsa, bu hodisa kuchayadi. Molekular tarkibi murakkab bo`lgan moylarda obliteratsiya hodisasi kuchliroq bo`ladi. Bunday moylarga gidrouzatmalarda ishlatiladigan neft moylari kiradi. Obliteratsiya qavati juda yupqa (odatda, bir necha mikrondan oshmaydi) bo`lishiga qaramay, juda tor (kapillyar) tirqishlarida uning ko`ndalang kesimining anchagina qismini egallab oladi. Natijada tirqishning qarshiligi ortadi va tirqishdagi suyuqlikning sarfi kamayadi.

Bu hodisa suyuqlikning ifloslanganligiga ham bog`liq bo`lib, uni ifloslovchi modda zarrachalari tirqish o`lchamlariga yaqin bo`lsa, obliteratsiya tezroq bo`ladi. Lekin suyuqlikning ifloslanganligi obliteratsiya hodisasida asosiy faktor bo`la olmaydi. Masalan, juda yaxshi tozalangan distillangan suv va benzinda obliteratsiya bo`lmaydi, ammo juda yaxshi tozalangan AMG-10 moyi 10 mikronli tirqishdan qisqa vaqt oqishi bilan tirqish butunlay bekilib qoladi.

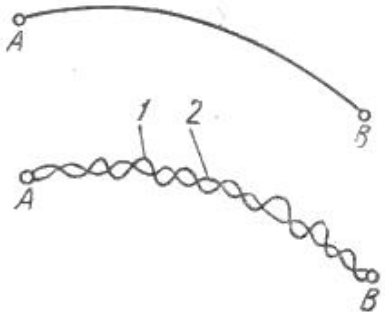
Odatda, juda kichik tirqishlarda (o`lchami 6-8 mk) obliteratsiya hodisasi tirqishni butunlay berkitib qo`yishi mumkin.

5. bo‘yicha nazorat savollari

1. Laminar harakat ta’rifini keltiring.
2. Laminar harakatdagi gidravlik qarshilaklar.
3. Reynolds tajribalari.
4. Laminar oqimning maxsus turlari
5. Oqimning boshlang’ich bo`lagi.

6. SUYUQLIKLARNING TURBULENT HARAKATI

Suyuqliklarning turbulent harakati tabiatda va texnikada keng tarqalgan bo`lib, gidravlik hodisalar ichida eng murakkablari qatoriga kiradi. Bu harakat juda ko`p tekshirilgan bo`lishiga qaramay hozirgacha harakatning turbulent turi uchun umumlashgan nazariya yaratilgan emas. Shuning uchun ham turbulent oqimlarini hisoblashda yarimempirik nazariyalardan foydalanish bilan bir qatorda, ko`p hollarda tajriba natijalari va empirik formulalardan foydalanishga to`g`ri keladi.



6.1 - rasm. Turbulent harakatining xususiyati.

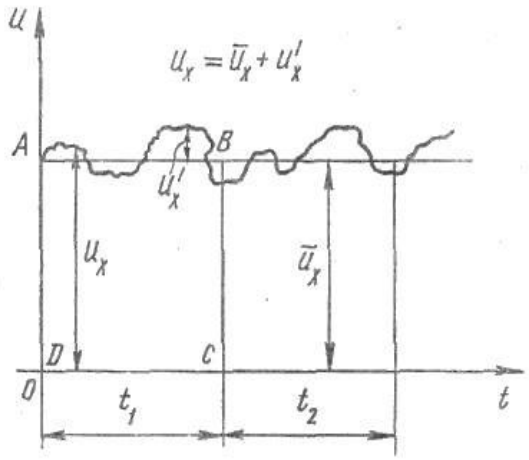
6.1 Suyuqlik trubulent harakatining xususiyatlari

Turbulent harakatda suyuqlikning har bir zarrachasi juda ham murakkab egri chiziqli trayektoriya bo`yicha harakat qiladi va har qanday ikki zarrachaning trayektoriyalari bir-biriga o`xshamaydi. Buni ko`z oldimizga keltirish uchun biror *A* nuqtadan ketma-ket o`tayotgan zarrachalarning *B* nuqtaga (6.1 - rasm) qanday trayektoriya bo`yicha yetib kelishini ko`z oldimizga keltiraylik. Laminar harakat vaqtida A nuqtadan chiqqan *I* zarracha biror silliq egri chiziq bo`yicha B nuqtaga kelsa, *II* zarracha ham, *III* zarracha ham va ulardan keyin keladigan barcha zarrachalar ham huddi shu egri chiziq bo`yicha harakat qiladi.

Turbulent harakat vaqtida esa *A* nuqtadan chiqqan birinchi zarracha murrakkab egri-bugri chiziq bo`yicha B nuqtaga keladi. Ikkinchi zarracha esa birinchi zarrachaning trayektoriyasidan tamomila boshqacha bo`lgan ikkinchi egri-bugri chiziq bo`yicha keladi. Shunda ham u birinchi zarracha kelgan *B* nuqtaning aniq o`ziga kelmay, uning atrofidagi biror boshqa nuqtaga kelishi mumkin. Uchinchi zarracha esa birinchi zarrachaning ham, ikkinchi zarrachaning ham trayektoriyasiga o`xshamagan uchinchi egri-bugri chiziq bo`yicha kelib, avvalgi zarrachalar kelgan nuqtaning birortasiga ham kelmay, *B* nuqta atrofidagi boshqa bir nuqtaga keladi. Bu hodisa *A* nuqtadan o`tayotgan barcha zarrachalarga tegishlidir. Shunday qilib, turbulent harakat qilayotgan suyuqlik zarrachalarning harakatini biror formula bilan ifodalash g`oyatda mushkul ishdir. Lekin hamma zarrachalar bir tarafga *A* nuqtadan *B* nuqta tarafiga harakat qiladi. Shunga asosan bir qarashda betartib harakat qilayotgandek ko`ringan zarrachalar harakatida qandaydir umumiylikni aniqlash mumkin. Hatto bu umumiylikni faqatgina sifat o`xshashligi ko`rinishda emas, balki miqdor o`xshashligi ko`rinishida ham ifodalash mumkin. Ana shu o`xshashliklar asosida turbulent harakatning qonuniyatlarini yuzaga keltirib chiqariladi.

6.2 Tezlik va bosim pulsatsiyalari

Turbulent harakat qilayotgan suyuqlik biror nuqtadagi tezligining koordinata o`qlaridagi proektsiyalarini tekshiramiz. Misol uchun tezlikning oqim yo`nalishidagi proyektsiyasi u_x bo`lsin. *U* holda $u_x$ ning miqdori vaqt davomida ortib va kamayib boradi. Bu o`zgarishni grafik ko`rinishda ifodalasak, u 6.2-rasmda tasvirlangan grafikka o`xshaydi va tezlik u_x proyektsiyasining pulsatsiyasi deb ataladi. Tezlikning boshqa o`qlaridagi proyektsiyalari ($u_y$,$u_z$) uchun ham xuddi shunday pulsatsiya grafiklari tuzish mumkin. Shunday qilib, tezlik pulsatsiyasi uning biror yo`nalishdagi proyektsiyasining vaqt davomida ortib va kamayib borish hodisasidan iborat. Uni tajribada tezlikni o`lchovchi asboblar yordamida (masalan, Pito trubkasidagi suyuqlik sathining o`zgarishini) kuzatish mumkin. Oqayotgan suvda suv o`tlari novdalarining to`xtovsiz tebranma harakat qilishi ham bizga pulsatsiya



6.2 - rasm.**Tezlik pulsatsiyasiga doir chizma.**

hodisasini ko`rsatadi. Tezlikning oniy miqdori doimo o`zgarib turgani uchun gidrodinamikada tenglashtirilgan tezlik tushunchasi kiritiladi va u ancha uzoq vaqt ichida tezlik qabul qilgan qiymatlarning o`rtachasi bo`ladi.

Tenglashtirilgan tezlik tushunchasini ko`z oldimizga keltirish uchun 1.54 - rasmdan foydalanamiz. Grafikda tezlikning o`zgarishni to`liq xarakterlash uchun yetarli bo`lgan t_1 vaqt intervalini olamiz va grafikda vaqt o`qiga parallel qilib,shunday *AB* chiziq o`tkazamizki, hosil bo`lagi *ABCD* to`rtburchakning yuzi ω_{ABCD} pulsatsiya grafigining t_1 oraliqdagi bo`lagi bilan DC chizig`i orasidagi yuza $\omega_{A'B'C`D}$` ga teng bo`lsin. U holda *ABCD* to`rtburchakning balandligi tenglashtirilgan tezlikka teng bo`ladi va $\bar{u}_x$ bilan belgilanadi.

Yuqorida aytib o`tilganlar turbulent harakatining beqaror harakat ekanligini ko`rsatadi. Agar biz pulsatsiya grafigida t_1 interval davomida yetarli darajada uzun t_2 interval olsak va bu interval tenglashtirilgan tezlikni topsak t_2 davomida avvalgidek uchinchi interval olib, yana tenglashtirilgan tezlikni topsak va bu ishni davom ettirib borsakda, barcha intervallar uchun olingan tenglashtirilgan tezliklar teng bo`lsa, bunday harakat turbulent harakat uchun barqaror harakat bo`ladi.

Oqayotgan suyuqlikda biror elementar yuza $d\omega$ olib, shu yuzadan vaqt ichida oqib o`tgan suyuqlikning hajmi $d\vartheta$ ni aniqlasak, barqaror harakat vaqtidagi tenglashtirilgan tezlik quyidagicha aniqlanadi.

$$\bar{u} = \frac{d\vartheta}{\Delta t d\omega} \tag{6.1}$$

6.2 - rasmdan ko`rinib turibdiki, tenglashtirilgan o`rtacha tezlik oniy tezlikdan farq qilib, bu farqni hisoblaganda quyidagicha ifodalanadi.

$$u_x = \bar{u}_x + u'_x \tag{6.2}$$

Oniy va tenglashtirilgan tezliklar orasidagi farqlar manfiy yoki musbat bo`lishi mumkin va tezlik pulsatsiyasi deb ataladi. Ko`rinib turibdiki, tezlik pulsatsiyalarining yetarli katta t_1 intervaldagi yig`indisi yoki integrali nolga teng bo`lar ekan.

$$\sum u'_x \Delta t = 0 \text{ yoki } \int_0^t u'_x dt = 0$$

Endi suyuqlikning oqimiga ko`ndalang yo`nalishdagi tezliklarni tekshirsak, bu tezliklar bilan oqimning bir tomoniga qancha suyuqlik harakat qilsa, ikkinchi tomoniga ham shuncha suyuqlik harakat qiladi. Natijada suyuqlikning tenglashtirilgan tezlikning yo`nalishi doimo oqim yo`nalishiga mos kelar ekan. Shuning uchun turbulent harakat uchun Bernuli tenglamasini yozar ekanmiz, bu tenglamadagi o`rtacha tezlik tenglashtirilgan tezlikning o`rtacha qiymatini bildiradi. Tezlik miqdori doimo o`zgarib turgani sababli bosim ham o`zgarib turadi yoki boshqacha aytganda bosim ham pulsatsiyaga ega bo`ladi. Xuddi tezlikka o`xshab, bosim *p* uchun ham tenglashtirilgan bosim tushunchasini kiritish mumkin.

6.3 Tenglashtirilgan tengsizliklarning kesim bo`yicha taqsimlanishi

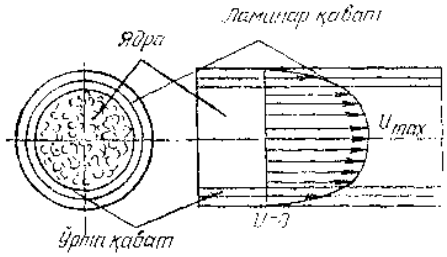
O.Reynolds (1895) va J.Bussenesk (1897) turbulent oqimini zarrachalarining tezliklari va bosimlari tenglashtirilgan tezliklar va bosimlar bilan almashtirilgan shartli oqim bilan almashtirishni taklif qiladilar. Bunday shartli oqim t*englashtirilgan oqim* yoki turbulent oqimning *Reynolds modeli* deb ataladi.Tabiiyki, bunday oqimni tekshirishda tezlik pulsatsiyalarini hisobga olmaymiz. Beqaror harakat vaqtida Reynolds modeliga ko`ra $\bar{u}$ lar vaqt bo`yicha o`zgarib boradi, barqaror harakat vaqtida esa ular vaqtga bog`liq emas. Shunday qilib, tekshirilayotgan trubulent oqim uchun Reynolds modeli bo`yicha hisoblash ishlarida $\bar{u}$ va p lardan foydalanamiz. Turbulent oqimiga Bernulli tenglamasini qo`llaganimizda tezlik va bosimlar deganda tenglashtirilgan tezlik va bosimlarni tushunamiz, yozuvda esa soddalashtirish uchun chiziqlarni tushirib qoldiramiz. L.Prandtlning va boshqa olimlarning tekshirishlari shuni ko`rsatdiki, turbulent harakat vaqtida oqimning asosiy qismi uning yadrosi, ya'ni markaziy qismini tashkil qiladi. Yadroda suyuqlik turbulent harakat qilib, uning tezliklari yadro kesimi bo`yicha deyarli bir xil bo`ladi va markazdan quvur devoriga yaqinlashgan sari bir oz kamayib boradi. Devor yonidagi suyuqlik zarrachalari esa (devorning mavjudligi oqimga ko`ndalang harakatga yo`l qo`ymagani uchun) devor bo`yicha

harakat qilib, uning trayektoriyasi sezilarsiz tebranishga ega bo`ladi. Shuning uchun devor yonidagi zarrachalar laminar harakat qiladi. Ana shu laminar harakat qilayotgan zarrachalar yupqa qavat ichida bo`lib, uni laminar qavat deb ataladi. Laminar qavat bilan yadro o`rtasida yana bir yupqa qavat bo`lib, uni o`rta qavat deb ataladi. Bu qavatda suyuqlik turbulent harakat qiladi.

Juda katta aniqlik va e'tibor bilan o`tkazilgan tajribalar laminar qavatning qalinligini aniqlashga imkon beradi. Uning qalinligi millimetrning bo`laklariga teng bo`lib, Reynolds soniga bog`liq va uning ortishi bilan laminar qavatning qalinligi kamayadi. Shunday qilib, turbulent harakatdagi tenglashtirilgan tezlikning taqsimlanishi (6.3 -rasm), laminar haratdagi tezlikning taqsimlanishidan tamomila farq qiladi va u yadroda deyarli o`zgarmagan holda quvur devori yaqinida juda tez kamayadi va devor ustida nolga teng bo`lib qoladi, ya'ni tenglashtirilgan tezlik asosan laminar va o`rtacha qavatlarda o`zgaradi. Buni ko`z oldimizga keltirish uchun 6.3 - rasmda silindrik quvurda turbulent oqim uchun (tutash chiziq) va laminar oqim uchun (punktir chiziq) tezlik chizig`i keltirilgan.

Hozirgi zamon gidravlikasida tezlikning kesim bo`yicha taqsimlanish qonuni nazariya va tajribalar natijasida quyidagicha ifodalanadi:

$$n = u_{\max} - \frac{u_*}{\chi}\ln\frac{R}{R-r}$$
$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} \qquad (6.3.)$$



6.3 - rasm.Turbulent harakatda laminar qavat va yadro.

bu yerda: τ_0 -quvur devoridagi urinma zo`riqish; $\chi$- tajribadan aniqlangan koeffitsiyent bo`lib, u 0,4 ga teng; *R* - quvurning radiusi; *r* - quvurning o`qidan boshlab hisoblangan masofa. (6.3) tenglamadagi *u\** ning o`lchov birligi tezlik o`lchov birligi bilan bir xil bo`lib, u odatda dinamik tezlik deyiladi.

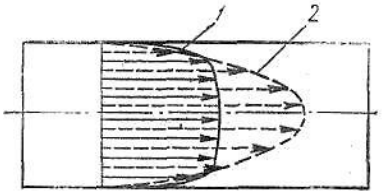
Silliq quvurlar uchun tezlik formulasi ushbu ko`rinishda yoziladi.

$$u = u_*(5{,}75\lg\frac{ru_*}{\upsilon} + 5{,}5). \qquad (6.4.)$$

G`adir-budir quvurlar uchun esa

$$u = u_*(5{,}85\lg\frac{r}{\Delta} + 8{,}5). \qquad (6.5)$$

Bu formulada Δ quvur devorining g`adir-budirligini xarakterlovchi miqdor bo`lib, u "absolyut g`adir-budirlik "deyiladi.



6.4 - rasm.Turbulent va laminar harakatda tezlik epyuralari.

Amalda tezlik taqsimlanishini darajali qonunlar bilan ifodalovchi formulalari qulaydir.

Karman nazariy tekshirishlar natijasida silliq quvurlar uchun bu qonunni quyidagi ko`rinishda yozishni taklif qilgan.

$$u = u_{\max}\left(1-\frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{m}} \qquad (6.6)$$

bu yerda: *m* – tajribada aniqlanadigan koeffitsiyent bo`lib, u *Re* soniga bog`liqdir. Xuddi laminar oqimdagi kabi turbulent oqimida ham tezlikning yuqoridagi tenglamalar bilan ifodalangan qonun bo`yicha taqsimlanishi quvurning boshlang`ich kesimidan ma'lum masofada vujudga keladi. Bu masofa turbulent harakatining boshlang`ich bo`lagi deb ataladi va ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$L_{tur,n} = 0{,}639\mathrm{Re}^{0{,}25}\,D \qquad (6.7.)$$

Turbulet oqimida o`rtacha tezlikning maksimal tezlikka nisbati 0,75 ga teng, ya'ni

$$\frac{V}{u_{\max}} = 0{,}75$$

Laminar oqimda esa bu nisbat 0,5 ga teng edi. Reynolds soni ortib borgan sari turbulent qorishuv tezlashib boradi va o`rtacha tezlik bilan maksimal tezlikning nisbati 1 ga intiladi.

6.4 Turbulent harakatda urinma zo`riqish

Turbulent harakatning Reynolds modelida biz pulsatsiyalarni hisobga olmagan holda tenglashtirilgan oqim olamiz. Lekin tenglashtirilgan tezlik bo`yicha hisoblangan oqimning energiyasi oniy tezlik bo`yicha hisoblangan oqimning energiyasidan kam bo`ladi. Buni quyidagicha ko`rsatish mumkin. Oniy va tenglashtirilgan tezliklar kvadratini tekshiramiz.

$$u_x^2 = (\bar{u}_x + u'_x)^2$$

U holda oniy tezlik kvadratining o`rtacha qiymati quyidagicha hisoblanadi.

$$\bar{u}_x^2 = \bar{u}_x^2 + 2\bar{u}_v\bar{u}_x + \bar{u}^{1}{}_x^{2}.$$

Tezlik pulsatsiyasining o`rtacha qiymati nolga tengligidan o`ng tomondagi ikkinchi had nolga teng. Tezlik pulsatsiyasi vaqt o`qi bo`yicha musbat va manfiy qiymatlar qabul qilgani bilan uning kvadrati doimo musbat. Bularga asosan

$$\bar{u}_x^2 = \bar{u}_x^2 + \bar{u}^{1}{}_x^{2}.$$

Bu tenglikdan ko`rinadiki, keltirilgan kinetik energiya uchun quyidagi tengsizlik mavjud:

$$\frac{u_x^2}{2g} > \frac{\bar{u}_x^2}{2g}.$$

Bu qo`shimcha energiya turbulent harakat qilayotgan suyuqlik zarralarning oqimdagi bir qavatdan ikkinchi qavatga tartibsiz o`tib turishi uchun sarflanadi. Shunday qilib, qavatlar orasida energiya almashinuvi natijasida tezlik pulsatsiyalari ma'lum miqdorda ish bajaradi. Bu bajarilgan ish suyuqlik qavatlari orasida qo`shimcha urinma zo`riqish sifatida namoyon bo`ladi. Hosil bo`lgan qo`shimcha urinma zo`riqish turbulent urinma zo`riqish deyiladi. Bu zo`riqish Bussensk formulasida Nyuton qonuniga o`xshash qabul qilingan bo`lib, ushbu ko`rinishda ifodalanadi:

$$\tau_T = \mu_T \frac{du}{dn}, \qquad (6.8.)$$

bu yerda: μ_T - turbulent dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti yoki turbulent almashuv koeffitsiyenti deb ataladi. L.Prandtl koeffitsyentini tezlik gradiyentiga proportsional deb qabul qilingan bo`lib, *u* shunday ifodalanadi:

$$\mu_T = \rho l \frac{du}{dn} \qquad (6.9.)$$

bu yerda: *l* ni aralashuv yo`l uzunligi deb ataladi. Turli mualliflar bu qiymatning fizik mazmunini turlicha izohlaydilar. Odatda, u shunday aniqlanadi:

$$l = xy, \qquad (6.10)$$

bu yerda: *y* - harakatlanayotgan zarrachaning idish devoridan boshlab hisoblangan koordinatasi; χ - Prandtl unversal doimiysi. Nikuradze tajribalarida aniqlanishicha silindrik quvur uchun $\chi \approx 0{,}4$. (177) dan ko`rinib turibdiki, dinamik qovushqoqlik turbulent koeffitsiyenti $\mu_T$ tezlik gradiyentiga proportsional bo`lib, molekulyar qovushqoqlik koeffisenti μ dan harakatning xususiyatiga bog`liqligi bilan farq qiladi. Bu koeffitsiyentdan, (1.13) ni qiyos qilib, turbulent kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentini yozamiz:

$$\nu_T = \frac{\mu_T}{\rho} = l^2 \frac{du}{dn} \qquad (6.11)$$

Yuqorida keltirilganlarni hisobga olib, turbulent harakat uchun urinma zo`riqishni quyidagicha yoziladi.

$$\tau = \tau_л + \tau_T = \mu \frac{du}{dn} + \mu_T \frac{du}{dn} = \mu \frac{du}{dn} + \rho l^2 \left(\frac{du}{dn}\right)^2 \qquad (6.12)$$

Laminar harakat vaqtida bu yig`indining ikkinchi hadi nolga teng bo`lib, faqat laminar qovushqoqlik urinma zo`riqishi $\tau_l$ qoladi. Reynolds sonining katta qiymatlarida turbulent harakat uchun $\tau_l$, $\tau_l$ ga qaraganda juda katta bo`lib, (6.12) dagi yig`indining birinchi hadini tashlab yuborish mumkin (ya'ni $\tau \approx \tau_T$). Bu holda $\tau$ tezlik gradiyentining ikkinchi darajasiga proportsional bo`ladi. Silindrik quvurda tekis harakat qilayotgan suyuqlikning turbulent tartibi uchun (5.1) dagidek muvozanat tenglamasidan quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$\pi r^2 (p_1 - p_2) = 2\pi r l \tau. \qquad (6.13)$$

Reynolds sonining katta qiymatlarida $\tau_r >> \tau_l$ ekanligini hisobga olib, (6.13) da laminar urinma zo`riqishini kichik miqdor sifatida tashlab yuboramiz. Natijada (6.12) dan foydalanib, ushbu tenglamani chiqaramiz:

$$\frac{p_1 - p_2}{2l} = \frac{\tau_T}{r}. \qquad (6.14)$$

Lekin turbulent urinma zo`riqish uchun (6.8) formuladan foydalanib, quyidagi munosabatni yozamiz.

$$\sqrt{\frac{\tau}{\rho}} = \chi r \frac{du}{dr}. \tag{6.15}$$

Biroq quvur devori yaqinda o`zgaruvchan urinma zo`riqish (τ) ni o`zgarmas urinma zo`riqish τ_0 ko`rinishida ifodalash mumkinligini hisobga olib, (6.15) dan ushbu tenglikni keltirib chiqaramiz:

$$du = \frac{1}{\chi}\sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}\frac{dr}{r}. \tag{6.16}$$

Tekis harakat uchun pezometrik qiyalik $I = \frac{p_1 - p_2}{l}$ ekanligini hisobga olsak, (6.14) va (6.16) dan

$$\tau_0 = \rho R \frac{l}{2} \tag{6.17}$$

ekanligiga ishonch hosil qilamiz. $\sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$ ni u bilan belgilaymiz va (6.14) ning chap tomonini $u_{\max}$ dan u gacha, o`ng tomonini R-r dan r gacha integrallab, tezlik uchun quyidagi tenglamani olamiz:

$$u - u_{\max} = \frac{u_*}{\chi}\lg\frac{r}{R-r},$$

bu tenglik avvalgi paragrafda keltirilgan turbulent tartibli harakat tenglamasi (6.3) ga osonlikcha keltiriladi.

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma:

Masala. Moy (IC-30) nasos yordamida quvur orqali gidrosilindrga uzatiladi. Agar quvur diametri d = 24 mm, moyning harorati t = 20°C bo'lib, nasosning sarfi Q = 20 m^3/s bo'lganda suyuqlikning harakat rejimini va qaysi haroratda turbulent rejimga o'tishini aniqlang.

Yechimi: Suyuqlikning harakat rejimi Reynolds soni orqali ifodalanadi;

Damli (naporli) harakatda Reynolds soni (4.1) formula orqali aniqlanadi:

Agar Reynolds soni qandaydir kritik Reynolds sonidan yuqori bo'lsa ($Re > Re_{kr}$), harakat rejimi turbulent deyiladi, agar Reynolds soni kritik Reynolds sonidan kichik bo'lsa ($Re < Re_{kr}$) harakat rejimi laminar deyiladi.

Aylana shaklidagi damli quvurlar uchun kritik Reynolds soni $Re_{kr} = 2000 \div 3000$ va damsiz oqimlar harakati uchun $Re_{kr} = 300 \div 580$ gacha qabul qilingan.

Demak, qo'yilgan masalani yechish uchun Reynolds sonini aniqlash kerak.

Quvurdagi oqim tezligi

$$\vartheta = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 20}{3.14 \cdot 2.4^2} = 4.42 sm/s$$

t = 20°C da moyning (IS-30) kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti

$$\nu = 150\ mm^2/s = 1{,}5\ sm^2/s$$

Reynolds soni:

$$\mathrm{Re} = \frac{V \cdot d}{v} = \frac{4,42 \cdot 2,4 \cdot 10^2}{1,5} = 700;$$

$$\mathrm{Re}_{kr} = 2000:$$

$\mathrm{Re} < \mathrm{Re}_{kr}$ demak suyuqlik harakat rejimi laminar.

Laminar harakatdan turbulent harakatga o‘tish uchun $\mathrm{Re} > \mathrm{Re}_{kr}$.

Re_{kr} = 2000, u holda:

$\mathrm{Re}_{kr} = \frac{V \cdot d}{v}$; v = 0,53 sm2/s = 53 mm2/s.

v va *t*° ning bog‘liqlik jadvalidan industrial moy uchun (IS-30) $v = 53$ mm^2/s ga mos keladigan *t*° harorat miqdori $t = 50$°C.

Demak, suyuqlik harorati yuqoridagi miqdorga yetganda suyuqlik laminar harakat rejimidan turbulent harakat rejimiga o‘ta boshlaydi.

Mustaqil yechishga doir masalalar

1. Uzunligi l=4 m bo‘lgan quvurdan harorati 10°C (v = 0,4 sm^2/s) bo‘lgan neft oqib o‘tmoqda. Kesimlar orasidagi bosimlar farqi ΔP = 5 mPa va neft sarfi Q = 0,5 l/s bo‘lganda suyuqlikning harakat rejimini aniqlang.

2. Diametri d = 50 mm li quvur orqali sarfi Q = 0,5 l/s bo‘lgan benzin oqib kelmoqda. Agar benzin harorati 6°C dan 40°C gacha o‘zgarsa suyuqlik harakat rejimi qanday o‘zgaradi?

3. d = 100 mm bo‘lgan quvurda suyuqlik laminar rejimda harakat qilmoqda. Agar quvur o‘qidagi tezlik u_{max} = 20 sm/s bo‘lsa, tezlik taqsimotining grafigini chizing.

4. Laboratoriyada diametri d = 25 mm bo‘lgan quvurda tajribalar o‘tkazib quyidagi qiymatlar o‘lchandi: a) suvning harorati t = 10°C, tezligi V = 20 sm/s; b) benzin harorati 20°C, tezligi V = 25 sm/s; v) neft harorati 18°C, tezligi V = 18 sm/s. Suyuqliklarning harakat rejimlarini va sarfini aniqlang.

5. Yuqoridagi tajribalarning kesimi to‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi (a = 6 sm, b = 4 sm) quvurda o‘tkazilsa, suyuqliklarning harakat rejimlari qanday o‘zgaradi?

6.5 Quvurlarda naporning (bosimning) kamayishi (yoqolishi)

Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasida keltirilgan naporning yoqolishini (bosimning pasayishi) $h_{1\text{-}2}$ ni hisoblash quvurlar va quvurlar sistemasini hisoblashda asosiy masala hisoblandi.

Naporning yoqolishini (Bosimning pasayishi) ($h_{1\text{-}2}$) ni hisoblashning muhimligi shundaki, bu ish suyuqlik quvurlarda harakatlanganida quvurdagi qarshiliklarni yengish uchun sarf bo`lgan energiyani hisoblashga va shu hisobga

asosan loyihalanayotgan quvur (yoki quvurlar sistemasida) suyuqlikni uzatish uchun qancha energiya kerak ekanligini aniqlashga imkon beradi. Quvurlarda bosimning kamayishi ishqalanish qarshiligi va mahalliy qarshilikka bog`liq.

Ishqalanish qarshiligi real suyuqliklar ichki qarshiligiga bog`liq bo`lib, quvurlarning hamma uzunligi bo`yicha ta’sir qiladi. Uning miqdoriga suyuqlik oqimining tartibi (laminarlik, turbulentlik, turbulentlik darajasi) ta'sir qiladi. Yuqorida aytilgandek, turbulent tartib vaqtida odatdagi qovushqoqlikka qo`shimcha ravishda, turbulent qovishqoqlikka bog`liq bo`lgan va suyuqlik harakati uchun qo`shimcha energiya talab qiladigan kuch paydo bo`ladi.

Mahalliy qarshilik tezlikning suyuqlik harakat qilayotgan quvurning shakli o`zgarishiga bog`liq bo`lgan har qanday o`zgarishi vaqtida paydo bo`ladi. Bularga bir quvurdan (yoki idishdan) ikkinchi quvurga o`tish joyi, quvurlarning kengayishi yoki birdan kengayib birdan torayishi, tirsaklar, oqim yo`nalishini o`zgartiruvchi qurilmalar (kran, ventil, va h.k.) kiradi. Shunday qilib yo`qolgan bosim (3.57) formula bo`yicha ikki yig`indidan tashkil topgan bo`ladi:

$$H_n = H_l + H_M \tag{6.18}$$

bu yerda: H_l - ishqalanish qarshiligi yoki uzunlik bo`yicha yo`qotish, H_M - mahalliy qarshilik. Laminar tartib vaqtida ishqalanish qarshiligi yuqorida keltirilgan (5.9) va (5.12) formulalardagi kabi nazariy usul bilan aniqlanishi mumkin:

$$H_e = \frac{32\mu l}{D^2}\vartheta = \lambda\frac{l}{D}\frac{\vartheta^2}{2g}$$

Bu ifodadagi $\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}$ ni ishqalanish qarshiligi koeffitsiyenti deb atagan edik. Ko`pincha uni soddaroq qilib gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti deyiladi. Silindrik quvurlarda bu formula Reynolds soni 2320 dan kichik bo`lgan laminar harakatlar uchun tajribada olingan natijalarda juda yaqin keladi. Turbulent harakat uchun ishqalanish qarshiligi tajriba yo`li bilan aniqlanadi. Uni nazariy aniqlab bo`lmaydi.

6.6 Darsi formulasi va gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti (Darsi koeffitsiyenti)

Turbulent harakat ustida olib borilgan tajribalar ishqalanish qarshiligining solishtirma energiyaga proportsional ekanligini ko`rsatadi, ya'ni

$$H_l = \zeta\frac{\vartheta^2}{2g} \tag{6.19}$$

Bu formuladagi proportsionallik koeffitsiyenti bir qancha miqdorlarga bog`liq bo`lib, uni tekshirish uchun quyidagi xulosadan foydalanamiz.

Juda ko`p tajribalar yuqorida keltirilgan $\frac{\tau_0}{\rho}$ miqdorning tezlik bosimi yoki solishtirma kinetik energiya orqali quyidagicha ifodalanishini ko`rsatadi;

$$\frac{\tau_0}{\rho} = \frac{\lambda}{4}\frac{\vartheta^2}{2g}.$$

u tenglikni (6.17) munosabat bilan taqqoslab ko`rsak:

$$Rl = \frac{\lambda}{4}\frac{\vartheta^2}{2g}.$$

ekanligiga ishonch hosil qilamiz. Bu yerda $I = \frac{I_l}{l}$ ekanligini hisobga olib, tekis barqaror harakat uchun uzunlik bo`yicha ishqalanishga yo`qotish yoki bosimning pasayishi uchun formula olamiz;

$$H_e = \lambda \frac{l}{4R}\frac{\vartheta^2}{2g} \tag{6.20}$$

bu yerda: l -quvurning uzunligi; R - gidravlik radius. Silindrik quvurlar uchun $D = 4R$ ekanligini hisobga olsak, oxirgi formula quyidagi ko`rinishda yoziladi:

$$H_e = \lambda \frac{l}{D}\frac{\vartheta^2}{2g} \tag{6.21}$$

(6.21) formula *Darsi - Veysbax formulasi* yoki qisqacha Darsi formulasi deyiladi. Bu formulaga kiruvchi koeffitsiyent λ gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti yoki Darsi koeffisenti deyiladi.

Bundan ko`rinadiki, (6.19) dagi koeffisent Darsi koeffitsiyentiga bog`liq bo`lib, ya'ni

$$\zeta = \frac{l}{D}\lambda,$$

u quvurning uzunligiga to`g`ri proportsional, diametiriga teskari proportsional ekan. Suyuqlikning quvurdagi laminar harakati uchun yuqorida nazariy formula (5.11) olingan edi. Turbulent harakat vaqtida esa bunday munosabatni nazariy usul bilan chiqarib bo`lmagani uchun, uni emperik yoki yarim emperik usullarda aniqlanadi.

Hozirgi zamon gidravlikasida Darsi koeffitsiyenti λ umumiy Holda Reynolds soniga va quvur devorlarining g`adir-budirligiga bog`liq deb hisoblanadi. λ ni Hisoblash uchun juda ko`p empirik formulalar mavjud bo`lib, ular ichida eng mashhurlari quyidagilar.

Blazius formulasi 1913 yili juda ko‘p mualliflarning tajribalarini analiz qilish natijasida olingan.

$$\lambda = \frac{0{,}3164}{\sqrt[4]{\mathrm{Re}}} = \frac{0{,}3164}{\mathrm{Re}^{0{,}25}} \tag{6.23}$$

Bu formula Reynolds soni $\mathrm{Re}<10^5$ bo`lganda tajribalarga yaxshi mos keladi. Reynolds sonning kattaroq diapazonlari (Re ning $3\cdot10^6$ gacha miqdorlari) uchun P.K.Konakov formulasidan foydalanish mumkin.

$$\lambda = \frac{1}{(1{,}81\cdot\lg\mathrm{Re}-1{,}5)^2} \tag{6.24}$$

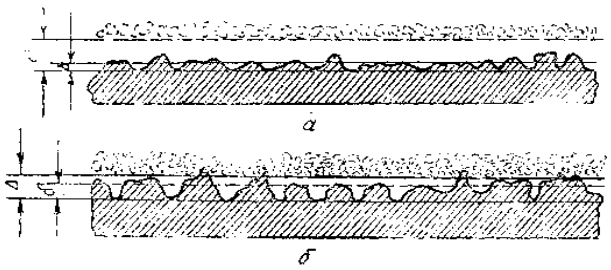
1932 yili L.Prandtl quyidagi formulani keltirib chiqardi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2\lg(\mathrm{Re}\sqrt{\lambda} - 0{,}8). \tag{6.25}$$

Keltirilgan formulalar silliq quvurlar uchun chiqarilgan bo`lib, g`adir-budir quvurlar uchun ulardan foydalanib bo`lmaydi.

6.7 Quvur devorining g`adir-budirligi. Absolyut va nisbiy g`adir-budirlik

Quvurlar, kanallar va novlarning devorlari ma'lum darajada g`adir-budirlikka ega bo`ladi. Bu g`adir-budirlik quvurlarning qanday materialdan qilingani va qay darajada silliqlanganiga qarab ularning devor sirtidagi turlicha kattalikdagi yoki juda ham kichik pastlik-do`ngliklar bilan xarakterlanadi. G`adir-budirlikni xarakterlash uchun quvur sirtidagi do`ngliklarning o`rtacha balandligi qabul qilinib, u absolyut g`adir-budirlik deyiladi va Δ bilan belgilanadi (6.5-rasm). Agar absalyut g`adir-budirlik laminar chegaraviy qavatning qalinligi $\sigma$ dan kichik bo`lsa, bu quvur gidravlik silliq quvur deyiladi. (6.5 - rasm, a).



6.5 - rasm. Gidravlik silliq va g`adir-budir quvurlarni tushintirishga doir chizma.

Bordiyu, Δ laminar qavat qalinligi δ dan katta bo`lsa, bu quvurlar gidravlik g`adir-budir quvurlar deyiladi (6.5-rasm, b).

Birinchi holda ($\Delta > \delta$) quvur sirtidagi do`ngliklar laminar qavat ichida qoladi va gidravlik qarshilikka sezilarli ta'sir qilmaydi. Ikkinchi holda ($\Delta < \delta$) esa do`ngliklar laminar qavatdan chiqib qoladi va quvur devori atrofidagi oqim xususiyatiga ta'sir qilib, gidravlik qarshilikni oshiradi.

Quvurlarning g`adir-budirligini aniqlash ancha murakkab ish bo`lib, uni hisoblash gidravlik qarshilikni hisoblashni qiyinlashtiradi. Shuning uchun hisoblash ishlarini osonlashtirish maqsadida ekvivalent g`adir-budirlik $\Delta_e$ degan tushunchani kiritiladi. U quvurlarni gidravlik sinash yo`li bilan aniqlanib, gidravlik yo`qotishni hisoblashda absalyut g`adir-budirlik uchun qanday qiymat olinsa, ekvivalent g`adir-budirlik uchun ham shunday qiymat olinadigan qilib tanlab olinadi.

5 - jadval

Quvurlar uchun absolyut g`adir-budirlik qiymatlari.

Quvurlar	Δ, mm
Yangi metall va sopol quvurlar tekis joylangan va tutashtirilgan holda	0,01-0,15
Yaxshi holatda ishlab turgan vodoprovod quvurlari va juda yaxshi holatdagi beton quvurlar	0,2-0,3
Ozroq ifloslangan vodoprovod quvurlari yaxshi holatdagi beton quvurlar	0,3-0,5
Ifloslangan va ozroq zanglagan vodoprovod quvurlar	0,5-2,0
Yangi cho`yan quvurlar	0,3-0,5
Ko`p foydalanilgan cho`yan quvurlar	1,0-3,0

Ma'lumki, laminar qavatning qalinligi Reynolds soniga bog`liq bo`lib, uning ortishi bilan kamayib boradi. Shuning uchun Reynolds sonining kichikroq qiymatlarida gidravlik silliq quvurlar uning ortishi bilan "g`adir-budir" quvur sifatida ko`riladi. Shuning uchun absolyut g`adir-budirlik quvur devorining oqim harakatiga ta'sirini to`liq ifodalay olmaydi. Shuningdek, quvur g`adir-budirligi uning diametri katta yoki kichik bo`lishiga qarab, suyuqlik oqimiga turlicha ta'sir ko`rsatishi mumkin.

Bularni hisobga olish maqsadida o`xshashlik qonunlarini bajaradigan va oqim gidravlikasiga g`adir-budirlikning ta'sirini to`laroq ifodalaydigan nisbiy g`adir-budirlik tushunchasi kiritiladi va u absolyut g`adir-budirlikning quvur diametriga nisbatiga teng deb olinadi:

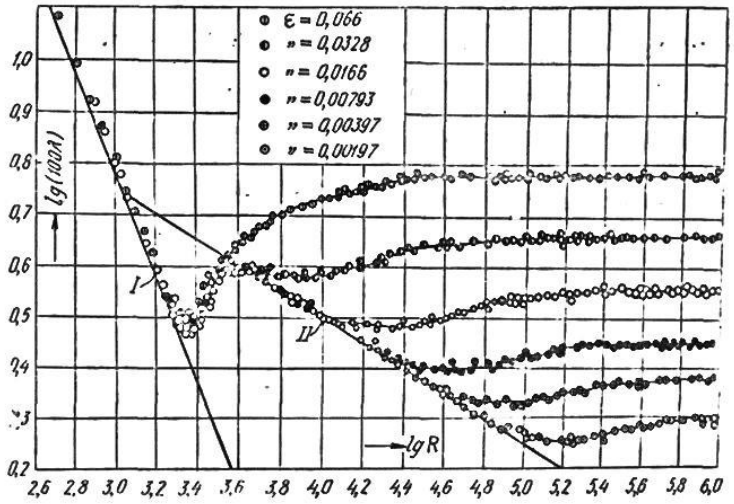
$$\varepsilon = \frac{\Delta}{D} \tag{6.26}$$

Nisbiy g`adir-budirlikdan foydalanish quvurlardagi ishqalanish qarshiligini hisoblashda ancha qulaylik tug`diradi.

6.8 Nikuradze va Murin grafiklari

Ishqalanish qarshiligi koeffitsiyenti λ ning Reynolds soniga bog`liqligini juda ko`p olimlar (Bazius, Prandtl, Karman, Konakov va brshqalar) tekshirib, empirik formulalar chiqardilar. Bu koeffitsiyentning xususiyatlari haqida eng to`liq ma'lumot olishga va uning g`adir-budirlikka bog`liqligini aniqlashga I. Nikuradze tajribalarining natijalari imkoniyat berdi. U 1933 y quvur devoriga qum zarrachalarini yelimlab yopishtirib, sun'iy g`adir-budirlik hosil qildi va bu quvurlarda tezlikni o`zgartirish yo`li bilan Reynolds sonining turli qiymatlarida gidravlik yo`qotishni aniqlashga muvaffaq bo`ldi. So`ngra Darsi formulasidan foydalanib, ishqalanish koeffitsiyentini aniqladi. Nikuradze o`z tajribalarining natijasini maxsus grafik ko`rinishida ifodaladi. Bu grafikda koordinata o`qlari bo`yicha $\lg(100\lambda)$ va $\lg Re$ miqdorlarini qo`yib keltirilgan turli nisbiy g`adir-budurliklar uchun tajriba natijalaridan 6.6-rasmda keltirilgan egri chiziqlarni oladi. Bu grafikdan ko`rinib turibdiki, λ va Re bog`lanishi sohasida uchta zona mavjud.

Birinchi zona *laminar tartib zonasi* bo`lib, tajriba nuqtalari (5.11) formula asosida chizilgan *1* to`g`ri chiziq ustiga tushadi va g`adir-budirlikning turli qiymatlari uchun barcha tajriba nuqtalari shu to`g`ri chiziqda yotadi. Bu natijada laminar zonada ishqalanish koeffitsiyenti g`adir-budirlikka bog`liq emasligi ko`rinadi. Bu zona uchun quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:



6.6 - rasm. Nikuradze grafigi.

a) Reynolds soni Re nisbatan kichik bo`lib, 1000 dan 2300 gacha o`zgaradi;
b) bosimning pasayishi H_l g`adir-budirlikka bog`liq emas;
v) H_e tezlikka to`g`ri proportsional bo`lib, Puazeyl formulasi tajribalarini yaxshi ifodalaydi;
g) λ ni (5.11) formula bilan hisoblash mumkin.

Ikkinchi zona turbulent tartibga to`g`ri keladi va tajriba nuqtalari Blazius formulasi (6.23) bo`yicha chizilgan 2 to`g`ri chiziq ustiga tushadi va g`adir-budirlikka bog`liq emas.

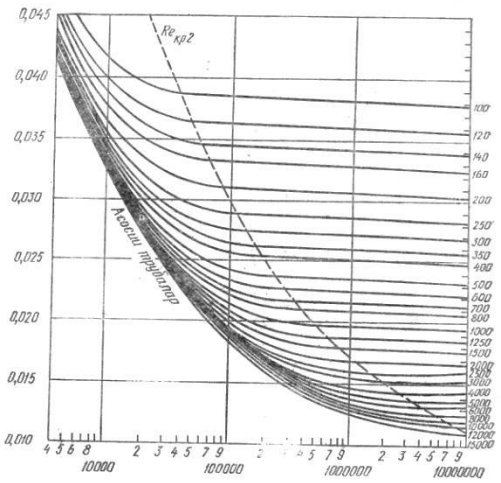
Bu zonada turbulent tartib qat'iy bo`lmagani uchun uni noqat'iy yoki o`tkinchi zona deyiladi (ya'ni uning ichida turbulent tartib laminar tartibga va aksincha, laminar tartib turbulentga o`tish hodisasi yuz beradi).

Bu zonada
a) Reynolds soni 2300 dan taxminan 10000 gacha o`zgaradi;
b) suyuqliklar quvurda harakat qilganda ayrim qismlarda turbulent tartib paydo bo`ladi va rivojlanib borib, yo`q bo`ladi va yana paydo bo`ladi;
v) λ quvurning g`adir-budirligiga bog`liq emas.

Uchinchi zona – turbulent tartibga tegishli bo`lib, barqarorlashgan turbulentlik mavjud bo`ladi. Bu zonada ishqalanish koeffitsiyenti Reynolds soni Re ga ham, g`adir-budirlik $\varepsilon$ ga ham bog`liqdir.

1938 y. A.P.Zegjda Nikuradze tomonidan kashf qilingan qonuniyatlar kanallar uchun ham to`g`ri ekanligini ko`rsatadi. Ko`rinib turibdiki, Nikuradzening tajribalari sun'iy bir tekis g`adir-budirlikka ega bo`lgan quvurlar uchun o`tkazilgan. Shuning uchun uning natijalari sanoatda va texnikada qo`llaniladigan tabiy g`adir-budir quvurlar uchun to`g`rimi, bu quvurlar uchun g`adir-budirlikning qiymati qanday miqdorga teng ekanligi aniqlanmagan edi. Bu masalani hal qilishga Kolbruk, I.A.Isayev, G.A.Murin, F.A.Shevelevlarning ishlari bag`ishlangan edi. Bu ishlar ichida Murinning sanoatdagi po`lat quvurlarning gidravlik qarshiligini aniqlash bo`yicha o`tkazgan tajribalari to`liq bo`lib, u 1948 yili yakunlandi. Murin tajribalarining natijasi 6.7-rasmda keltirilgan bo`lib, λ ning Reynolds soniga bog`liqligi turli g`adir-budirlikka ega bo`lgan, po`lat quvurlar uchun grafik ko`rinichida ifodalangan. Murin tajribalari tabiiy quvurlar uchun

Nikuradze kashf qilgan qonuniyatlarni to`g`ri ekanligini tasdiqlash bilan bir qatorda, yangi qonuniyatni, ya'ni tabiiy g`adir-budir quvurlarda ishqalanish koeffisiyeti λ o`tkinchi zonada barqarorlashgan turbulentlik zonasiga qaraganda kattaroq qiymatga ega ekanligini ko`rsatdi (Nikuradze tajribalari buning aksini ko`rsatadi). Bundan xulosa shuki, su'niy g`adir-budir quvurlarda λ Reynolds soni ortib borishi bilan ortib o`tkinchi zonada barqororlashgan trubulentlik zonasiga qaraganda kam bo`lsa λ tabiiy g`adir-budir quvurlarda Re ning ortishi bilan kamayib boradi.



6.7 - rasm. Murin grafigi.

6.9 Gidravlik silliq va g`adir-budir quvurlar

Darsi va Puazeyl formulalarida gidravlik qarshilik tezlikning ikkinchi va birinchi darajalar bilan ifodalanganligidan uni umumiy holda quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

$$H_e = BV^m \qquad (6.27)$$

Laminar harakat uchun chiziqli qarshilik qonuni o`rinli bo`lib, (6.27) da m = 1 bo`ladi, ya'ni $He=B_1V$.

Turbulent harakatda qarshilik qonuni butunlay boshqacha bo`lib, gidravlik silliq g`adir-budir quvurlar uchun turlichadir. Silliq quvurlar uchun m = 1,75 va $He=B_2V^{1,75}$, g`adir-budir quvurlar uchun esa m =2 va $He=B_3V^2$ (gidravlik qarshilikning kvadratik qonuni deyiladi).

Bu qonunlarning qo`llanilishiga qarab Nikuradze grafigidagi uchinchi zona quyidagi sohalarga ajraladi.

Birinchi soha "gidravlik silliq quvurlar sohasi" bo`lib, bu sohada Reynolds soni 100000 dan kichik bo`lganda λ II to`g`ri chiziq bilan ifodalanadi, Re > 100000 da egri chiziq bilan ifodalanib, II to`g`ri chiziqning davomi sifatida ko`rinadi. Murin grafigida bu egri chiziq eng pastki chiziqqa to`g`ri keladi.

Birinchi sohada:

a) *Re* ning 100000 gacha qiymatlarida tezlik ϑ ning 1,75 (m = 1,75) darajasiga proportsional;

b) He barcha chiziqlar bitta to`g`ri chiziq bilan birlashib ketgani uchun g`adir-budirlikka bog`liq emas (ya'ni quvur devoridagi do`ngliklir laminar qavat ichida qoladi);

v) H_e, shuningdek, λ Blazius yoki Prandtl formulasidagi kabi faqat Reynolds soniga bog`liq, ya'ni $\lambda = f(Re)$.

Ikkinchi soha g`adir-budir quvurlarning gidravlik qarshiliklari uchun kvadratgacha qarshilik sohasi deyiladi. II to`g`ri chiziqdan ajralib chiqa boshlagan chegarada $m$ = 1,75 bo`lib, punktir chiziqdan o`ngda $m$ = 2 bo`ladi. Bu oraliqdagi chiziqning 1,75 va 2 orasidagi qiymatlarga mos kelib, bir tekis g`adir-budirlikka ega bo`lgan quvurlar uchun maksimumga ega bo`lishi mumkin. Tabiiy quvurlar uchun esa $m$ ning qiymati, yuqorida aytilgan oraliqda, $m$ = 1,75 dan $m$ = 2 ga tekis o`zgarib boradi.

Shuning uchun ikkinchi sohada λ Reynolds soniga ham nisbiy g`adir-budirlikka ham bog`liq bo`ladi.

$$\lambda = f(\mathrm{Re}, \varepsilon) \tag{6.28}$$

Uchinchi soha g`adir-budir quvurlarning kvadratik qarshilik sohasi bo`lib, u punktir chiziqdan o`ng tomonida joylashadi, turli g`adir-budirliklar uchun tuzilgan tajriba chiziqlarining barchasi *lgRe* o`qiga parallel joylashadi.

Bu sohada:

a) bosimning pasayishi tezlik kvadratiga proportsional;

b) λ koeffitsiyent Reynolds soniga bog`liq emas;

v) H_e va faqat nisbiy g`adir-budirlikka bog`liq.

6.10 Darsi koeffitsiyentini aniqlash uchun formulalar va ularning qo`llanish sohalari

Darsi koeffitsiyenti λ ning Reynolds *Re* sonining ortishiga qarab qanday o`zgarib borishini yuqorida, Nikuradze va Murin grafiklari asosida ko`rib chiqdik. Ko`rib o`tilgan sohalarda λ ning o`zgarish qonunini emperik formulalar bilan ifodalashga juda ko`p mualliflarning ishlari bag`ishlangan. Misol uchun silliq quvurlar sohasida Blazius (6.23), P.K.Konakov (6.24) va L. Prandtl (6.25) formulalari keltirilgan va ularning qo`llanish sohalari haqida to`xtalib o`tgan edik. 1938 yili Kolburk o`zining va boshqa mualliflarning tajribalari asosida texnik quvurlarni hisoblash uchun turbulent tartibning barcha zonalariga umumiy bo`lgan formulani taklif qiladi.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\lg\left(\frac{2{,}5}{\mathrm{Re}}\frac{1}{\sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon}{3{,}7}\right). \tag{6.29}$$

Bu formulani g`adir-budir quvurlarning kvadratik qarshilik sohasi uchun soddalashtirsak, g`adir-budir quvurlar uchun Prandtl formulasi ko`rinishiga keladi:

$$\lambda = \frac{0{,}25}{\left(\lg\frac{\varepsilon}{3{,}7}\right)^2} \tag{6.30}$$

Kvadratik qarshilik sohasi uchun eng ko`p tarqalgan formulalardan biri Nikuradze formulasi hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{1}{(1{,}74 - 2\lg\varepsilon)^2} \tag{6.31}$$

Turbulent tartibning barcha sohalarida o`z ichiga oluvchi va hisoblash ishlarida (6.29) ga ko`ra qulayroq formulani A.D. Altshul tajribalariga asoslanib, λ ning keng sohasi uchun o`rinli formula taklif qildi.

$$\lambda = 0{,}11\left(\varepsilon + \frac{68}{\mathrm{Re}}\right)^{0{,}25}, \qquad (6.32)$$

Bu formula nazariy asosga ham ega va A.D. Altshul tajribalariga asosan xususiy hollarda sodda ko`rinishlarga keladi:

1) $\mathrm{Re} < \frac{10}{\varepsilon}$ bo`lganda, silliq quvur bo`ladi va (6.32) Blazius formulasiga aylanadi:

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{68}{\mathrm{Re}}\right)^{0{,}25} = \frac{0{,}3164}{R_l^{0{,}25}}.$$

2) $\frac{10}{\varepsilon} < \frac{500}{\varepsilon}$ bo`lganda, λ ga *Re* ham, ε ham ta'sir ko`rsatadi va kvadratgacha qarshilik sohasiga to`g`ri keladi. Bu holda (6.32) soddalashmaydi.

3) $\mathrm{Re} > \frac{500}{\varepsilon}$ bo`lganda, esa kvadratik qarshilik sohasi bo`lib, (6.52) Shifrson formulasi deb ataluvchi quyidagi formulaga aylanadi:

$$\lambda = 0{,}11\sqrt[4]{\varepsilon}. \qquad (6.33)$$

Bu formula bo`yicha hisoblangan λ ning qiymatlari uning Nikuradze formulasi bo`yicha hisoblangan qiymatlariga yaqin keladi.

Prof. Q.Sh.Latipov tomonidan olingan quyidagi formula Nikuradze grafigini to`liq ifodalaydi (1.60 - rasm).

$$\lambda = \frac{8}{\mathrm{Re}}\frac{\chi I_0(x)}{I_2(x)}; 0 \le \mathrm{Re} \le 10^6, \qquad (6.34)$$

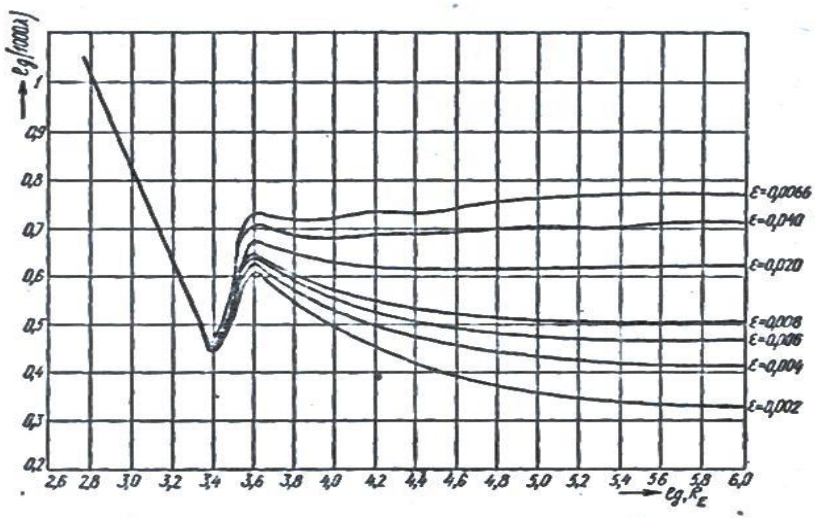
bu yerda: l_0, l_2 - mavhum argumentli Bessel funktsiyalari

$$x^2 = 0{,}0025\frac{1+b\,\mathrm{Re}}{1+a\,\mathrm{Re}}\left[1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(y-y_0)^2}{2\tau^2}}\right]$$

$$a = 10^{-4}, b = \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)^{0{,}2974} 10^{-4}, \sigma = 0{,}43$$

$$y = \left(\frac{\mathrm{Re}}{a_n}\right)^n; y_0 = \left(\frac{\mathrm{Re}_{\hat{e}r}}{a_n}\right)^n;$$

$$a_n = 3500; n = 3$$



6.8 - rasm. **λ ning (6.34) formula bo`yicha hisoblangan grafigi.**

6.11 Nosilindrik quvurlardagi harakatlar

Nosilindrik quvurlarda suyuqlik harakat qilgandagidek hollar uchun ham bosimning kamayishi Darsi formulasi bo`yicha hisoblanadi. Lekin, bu holda hisoblash quvur diametri D bo`yicha emas, balki gidravlik radius bo`yicha hisoblanadi. Bu holda Darsi formulasi (6.20) ko`rinishida yoziladi.

$$H_e = \lambda \frac{l}{4R} \frac{\vartheta^2}{2g}.$$

Nosilindirik quvurlarda harakat tartibi ham gidravlik radius orqali ifodalangan Reynolds soni

$$\mathrm{R'e} = \frac{\vartheta 4R}{\nu}$$

yoki aytilgan quvurlar uchun qabul qilingan Reynolds soni

$$\mathrm{Re}` = \frac{\mathrm{Re}}{4} = \frac{\vartheta R}{\nu}$$

bo`yicha hisoblanadi. Bu holda yangi turdagi Reynolds sonining kritik qiymati quyidagicha bo`ladi:

$$\mathrm{Re}_{`кр} = \frac{\mathrm{Re}_{кр}}{4} = 575$$

Bu holda, laminar harakat uchun qarshilik koeffitsiyenti yangi Reynolds soniga mos ravishda o`zgaradi.

Nosilindrik quvurlarga misol sifatida quyidagilarni ko`rsatish mumkin.

1) halqasimon quvur.

a) harakat kesim

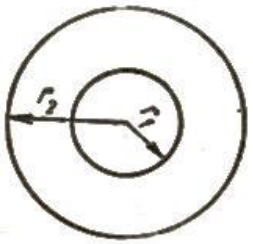
$\omega = \pi(r_2^2 - r_1^2)$;

b) ho`llangan perimetr

$\chi = 2\pi(r_2 + r_1)$;

v) gidravlik radius

$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{r_2 - r_1}{2}$;



6.9 - rasm. Halqasimon quvurning kesimi

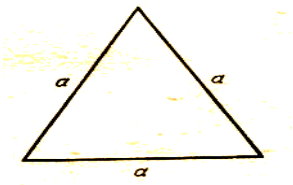
2) teng tomonli uchburchak quvur

a) harakat kesimi

$\omega = \frac{a^2\sqrt{3}}{4}$;

b) ho`llangan perimetr $\chi = 3a$;

v) gidravlik radius $R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{a}{4\sqrt{3}}$;



6.7 - rasm.Teng tomonli uchburchak quvurning kesimi.

3) to`g`ri to`rtburchak quvur

a) harakat kesimi

$\omega = ab$

b) ho`llangan perimetr

$\chi = 2(a+b)$

v) gidravlik radius

$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{ab}{2(a+b)}$

6.8 - rasm. To`g`ri to`rtburchak quvurning kesimi

Nosilindrik quvurda turbulent harakat qilayotgan suyuqlik uchun Darsi koeffitsiyenti yuqorida keltirilgan formulalar bo`yicha hisoblanib, Reynolds soni Re o`rniga unga teng bo`lgan $4R'e$ miqdor qo`yiladi. Nisbiy g`adir-budirlik esa $\varepsilon = \frac{\Delta}{D} = \frac{\Delta}{4R}$ bo`yicha hisoblanadi. Bundan ham soddaroq qilib aytganda, ekvivalent diametr $d_{ek}=4R$ tushunchasi kiritilib, avvalgi keltirilgan Darsi formulasi Reynolds soni va λ uchun formulalarga D o`rniga $d_{ek}$ qo`yib, avvalgidek hisoblanadi.

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma

Masala: Gidrotizim uchlariga o'rnatilgan manometrlarning ko'rsatishlari $P_1 = 4$ kPa va $P_2 = 0{,}5$ kPa bo'lib, gidrotizim uzunligi l =500 sm va diametri $d = 20$ mm bo'lsa, gidrotizimdagi harorati $t = 50°C$ bo'lgan motor moyining sarfini aniqlang (ρ= 950 kg/m^3)

Yechimi: Jadvaldan harorati $t = 50°C$ bo'lgan motor moyining kinematik yopishqoqlik koeffitsiyentini ν = 30 mm^2/s deb olamiz.

Suyuqlik sarfini u holda quyidagicha aniqlaymiz:

Suyuqlik harakat rejimi laminar ekanligini inobatga olib, Puazeyl qonuni asosida bosimning kamayishini aniqlaymiz:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{125 v l \cdot Q}{\pi d^4}$$

$$Q = \frac{\Delta P \pi d^4}{128 v \rho l} = \frac{(3{,}5 \cdot 10^6 \, Па \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}020 м)^4)}{128 \cdot 0{,}3 \cdot 10^4 \cdot 890 \cdot 50} = 0{,}49 \cdot 10^{-9} м^3 / с$$

Mustaqil yechishga doir masalalar

1. Suv quvurining diametri $d = 200$ mm, suv harorati $t = 18°C$ bo'lganda gidravlik ishqalanish koeffitsiyentining Reynolds soniga bog'liqlik grafigini yasang. Sarf o'zgarishini quyidagi miqdorda qabul qiling: $Q = 1 \ldots 40$ l/s. Quvurning g'adir-budirligi Δ = 0,1 mm.

2. Sug'orish tizimlarida polietilen (yelim) quvurlar ishlatiladi. Quvurning uzunligi l=500 m, diametri $d = 150$ mm, suvning sarfi $Q = 30$ l/s va harorati $t = 18°C$ bo'lganda quvurda yo'qolgan damni aniqlang.

6. bo'yicha nazorat savollari

1. Gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti?
2. Absolyut va nisbiy g`adir-budirlik?
3. Nikuradze va Murin grafiklari?
4. Darsi koeffitsiyentini aniqlash uchun formulalarning qo`llanish sohalari?
5. Nosilindrik quvurlardagi harakatlar?

7. MAHALLIY GIDRAVLIK QARSHILIKLAR

Suyuqlik quvurlarda harakat qilganda, turli to`siqlarni aylanib o`tish uchun energiya sarflaydi. Ana shu sarflangan energiya suyuqlik bosimining pasayishiga sabab bo`ladi. Quvurlarda turli to`siqlar bo`lib, ularni aylanib o`tish uchun sarf etiladigan energiya bu to`siqlarning soniga va turlariga bog`liq.

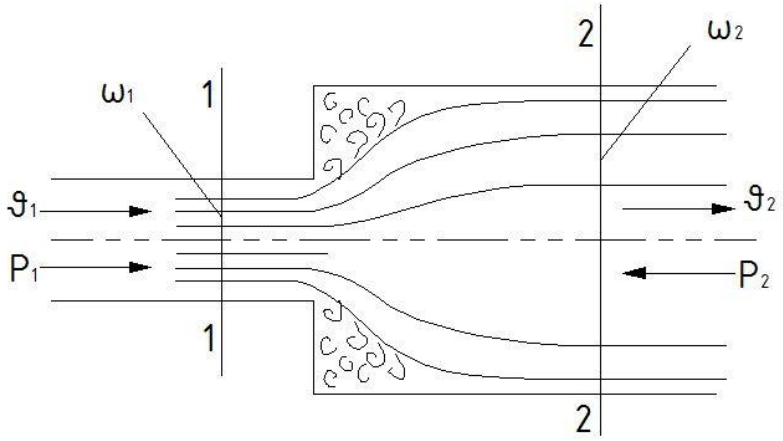
7.1 Mahalliy qarshilikning asosiy turlari. Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti

Mahalliy qarshilikning juda ko`p turlari mavjud bo`lib, bularning har biri uchun bosimning pasayishi turlichadir. Amaliy hisoblashlarda mahalliy qarshiliklarda bosimning pasayishini solishtirma kinetik energiyaga proportsional qilib olinadi:

$$H_M = \zeta \frac{\vartheta^2}{2g}$$

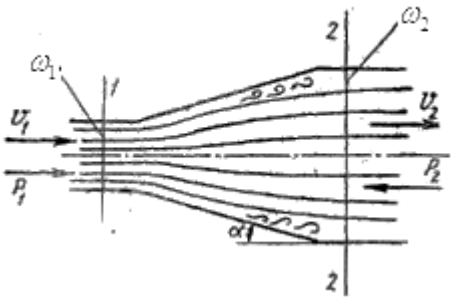
Proportsionallik koeffitsiyenti ξ mahalliy qarshilik koeffitsiyenti deb ataladi va asosan tajriba yo`li bilan aniqlanadi. Mahalliy qarshiliklarning asosiy turlari haqida to`xtalib o`tamiz.

1) Keskin kengayish (7.1 - rasm). Mahalliy qarshilikning bu turida ξ koeffitsiyent kesimlarning o`zgarishiga bog`liq bo`lib, kesimlar - $\frac{\omega_1}{\omega_2}$ qancha kichik bo`lsa, u shuncha katta bo`ladi. Bu holda, mahalliy qarshilik koeffitsiyentini nazariy hisoblasak ham bo`ladi (bu to`g`rida keyinroq to`xtalamiz). Keskin kengayishda 2-2 kesimda 1-1 kesimga nisbatan bosim ortib ($p_2>p_1$), tezlik kamayadi ($V_2<V_1$).



7.1 - rasm. Keskin kengayish.

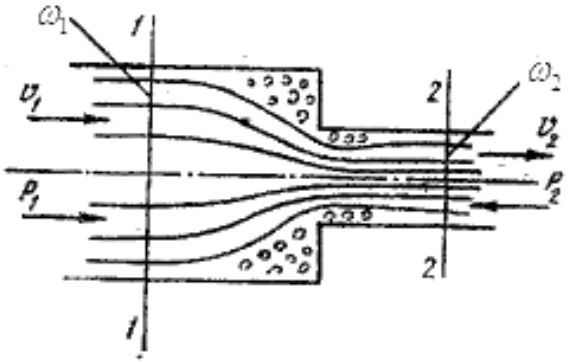
2) Tekis kengayish (7.2 - rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti kesimning o`zgarishiga va konuslik burchagi α ga bog`liq bo`lib, kesimlar nisbati $\frac{\omega_1}{\omega_2}$ ning kamayishi va α ning ortishiga qarab ortadi.



7.2 - rasm. Tekis kengayish.

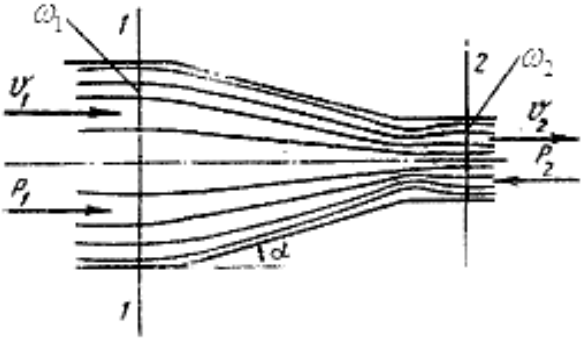
Avval ko`rilgandagi kabi 2-2 kesimda 1-1 kesimdagiga nisbatan bosim ortadi ($p_2>p_1$) va tezlik kamayadi ($\vartheta_2<\vartheta_1$).

3) Keskin torayish (7.3-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ξ kesimlar o`zgarishiga bog`liq bo`lib, ularning nisbati ortishi bilan ortadi. Bu holda energiyaning sarf bo`lishi keskin kengayishiga nisbatan kam bo`ladi.



7.3 - rasm.Keskin torayish.

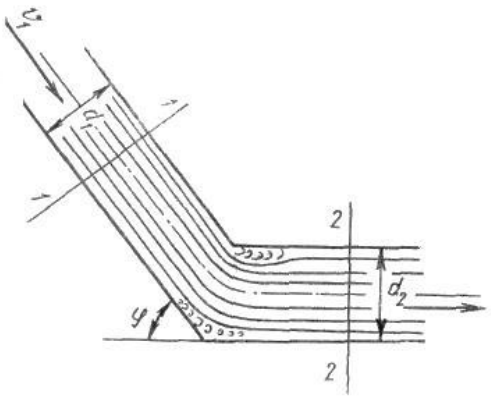
4) Tekis torayish (7.4 - rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti kesimlar nisbati $\frac{\omega_1}{\omega_2}$ ning va konuslik burchagining ortishi bilan ortadi. Keskin torayishda ham, tekis torayishda ham 2-2 kesimda 1-1 kesimga nisbatan bosim kamayib ($p_2<p_1$), tezlik ortadi ($V_2>V_1$).



7.4 - rasm.Tekis torayish.

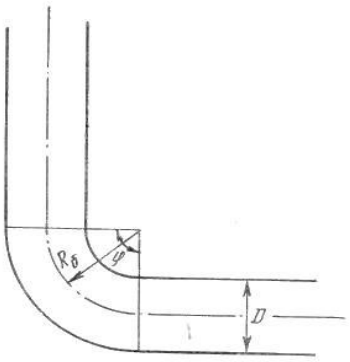
5) Tirsak (7.5 - rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ikki quvurning tutashish burchagiga bog`liq bo`lib, bu burchakning ortishi bilan ortadi.

ξ ning φ ga bog`liqligi asosan tajribada tekshirilgan bo`lib, ba'zi sodda hollari oqimchalar nazariyasida ko`rilgan.



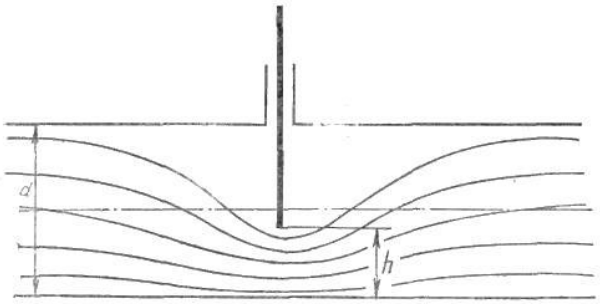
7.5 - rasm.Tirsak

6) Burilish (7.6 - rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti burilish burchagi φ va quvur diametrining burilish radiusi R_b ning nisbatiga bog`liq bo`ladi. Burilishda ξ quvur diametirining burilish radiusiga nisbati $\frac{D}{R_b}$ ortishi bilan ortib boradi.



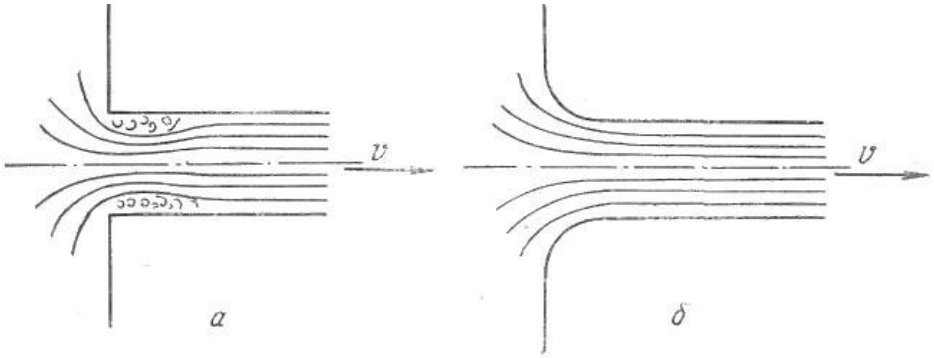
7.6 - rasm.Burilish.

7) Quvurga kirish (7.7 - rasm). Agar quvur biror suyuqlik bilan to`la idishga tutashtirilgan bo`lsa, u holda kirishdagi o`tkir burchaklarini (7.7 - rasm, a) aylanib o`tish uchun suyuqlik energiyasi sarf bo`ladi. Bu holda mahalliy qarshilik koeffitsiyentining qiymati: ξ = 0,5. Kirishdagi o`tkir burchaklar silliqlanib, quvurga suyuqlik kirishiga kam qarshilik ko`rsatadigan shakl berilgan bo`lsa, ξ ning miqdori kirishning silliqlik darajasiga qarab ξ = 0,04 ÷ 0,10 oralig'ida bo`ladi (ko`p hollarda o`rtacha ξ = 0,08 qabul qilinadi).



7.7 - rasm.Quvurga kirish

8) Diafragma. Quvurga o`rnatiladigan va suyuqlik sarfini o`lchash uchun ishlatiladigan o`rtasi teshik disk diafragmaga aytiladi (7.8 - rasm). Bu holda mahalliy qarshlik koeffitsiyenti quvurning kesimi $S_1$ va diafragma teshigi kesimi $\omega_0$ ning nisbati $\frac{\omega_0}{\omega_1}$ ga bog`liq bo`ladi va bu nisbatning ortishi bilan kamayib boradi (6 - jadval).



7.8 - rasm. Berkitgich.

6 - jadval.

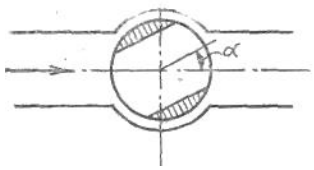
Diafragma uchun qarshilik koeffitsiyentiining o`zgarishi

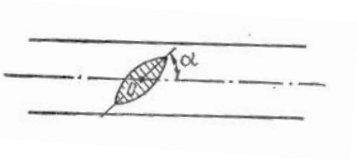
$\frac{\omega_0}{\omega_1}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Z	226	47,8	17,5	7,80	3,75	1,80	0,80	0,29	0,06	0,00

9) Berkitgich (zadvijka). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti eshikchaning (7.8 - rasm) ochilish darajasiga bog`liq bo`lib, uning ochilishi kattalashishi bilan kamayib boradi. Uning o`rtacha ochilishiga $\xi = 2,0$ to`g`ri keladi.

10) Drossel klapan (7.9 - rasm) va **tiqin-jo`mrak** (7.10 - rasm). Bu hollarda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti drossel klapanning va tiqin jo`mrakning ochilish burchagiga bog`liq bo`lib, $\alpha=20^0$ dan 50^0 gacha bo`lganda ξ ning qiymatlari:

Drossel klapan uchun $\xi = 2 \div 53$.





7.9 - rasm. Drossel klapan. **7.10 - rasm. Tiqin jo`mrak.**

Tiqin-jo`mrak uchun $\xi = 2 \div 33$ atrofida bo`ladi. Bulardan tashqari, ventillar, jo`mraklar va boshqalarda ham mahalliy qarshilikning kamayishini kuzatish mumkin.

7.2 Reynolds sonining katta qiymatlari uchun mahalliy qarshilik koeffitsiyenti

Biz mahaliy qarshiliklarni vujudga keltiruvchi to`siqlarning turlari to`g`risda to`xtalib o`tdik. Bu to`siqlarda oqimning turbulent tartibga xos bo`lgan hollaridagi qarshilik koeffitsiyentining o`zgarishini ko`rgan edik. Turbulent harakat vaqtida $\xi$ koeffitsiyenti qarshilik ko`rsatuvchi to`siq shakliga, kattaligiga, to`siqlarning ochilish darajasiga bog`liq bo`lishidan tashqari, suyuqlik harakatining tartibiga, ya'ni Reynolds soniga ham bog`liq bo`ladi. Tajribalar ko`rsatishicha, Reynolds sonining katta qiymatlarida harakat tartibi turbulent bo`lsa, mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ξ ning Re soniga bog`liqligi juda ham sezilarsiz darajada bo`lib, bu bog`liqlikni to`siqlar shakli, turi va ochilish darajasining ta'siriga nisbatan hisobga olmaslik mumkin. Quyida biz turbulent oqim uchun mahalliy qarshilikning asosiy turlarida ξ koeffitsiyentni hisoblash ustida to`xtalib o`tamiz.

7.3 Quvurning keskin kengayishi (Bord teoremasi)

Quvurning keskin kengayishi va bunda oqimning taxminiy sxemasi 7.10-rasmda keltirilgan. Ko`rinib turibdiki, oqim quvurning tor kesimidan keng kesimga o`tganda burchaklarda suyuqlik quvur sirtida ajraladi. Natijada oqim keskin kengayadi va oqim sirti bilan quvur devori orasidagi halqasimon oraliqda aylanma (uyurmali) harakat vujudga keladi. Kuzatishlar shuni ko`rsatadiki, asosiy oqim hamda aylanayotgan suyuqlik o`rtasida zarrachalar u tomondan bu tomonga o`tib turadi. Quvurning keskin kengayishida mahalliy qarshilik koeffitsiyenti $\xi$ ni nazariy usul bilan hisoblash mumkin. Buning uchun quvurning tor qismida *1-1* kesim olamiz. Quvurning kengaygan qismida esa keskin kengayishdan keyin oqim kengayib bo`lib, barqarorlashgan qismida *2-2* kesim olamiz. *1-1* kesimda tezlik ϑ_1, bosim p_1 *2-2* kesimda esa tezlik ϑ_2 va bosim p_2 bo`lsin. Bu kesimlarga pezometr o`rnatsak, $p_2 > p_1$ bo`lgani uchun *1-1* kesimdagi pezometrda suyuqlik sathi *2-2* kesimdagi pezometrdagi suyuqlik sathidan $h$ qadar past bo`ladi. Agar kesimning kengayishi hisobiga gidravlik yo`qotish bo`lmaganda edi, bu farq $\triangle h$ miqdorda ko`proq bo`lardi. Ana shu ikkinchi pezometrdagi suv sathining $\triangle h$ qadar pasayib qolishi mahalliy gidravlik yo`qotishdan iboratdir.

1-1-kesimning sirti ω_1 *2-2* kesimning sirti esa S_2 bo`lsin. U holda bu kesimlar yuzasi bo`yicha tezlik bir xil (ya'ni $\alpha_1 \approx \chi_2 \approx 1$) deb hisoblasak, Bernulli tenglamasi shunday yoziladi

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{\vartheta_1^2}{2g}=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{\vartheta_2^2}{2g}+h_{keng} \qquad (7.2.)$$

Endi, *1-1* va *2-2* kesimlar o`rtasidagi suyuqlikning silindrik hajmi uchun harakat miqdorining o`zgarishi teoremasini qo`llaymiz. Buning uchun yon sirtlardagi urinma zo`riqishni taxminan nolga teng deb olib, aytilgan hajmga ta'sir qilayotgan tashqi kuchlar impulsini hisoblaymiz. *1-1* kesimni quvur kengayish kesimining ustida olingan deb qarash mumkin. U holda silindr asoslarining yuzalari tengligidan ularga ta'sir qiluvchi impul’s o`zgarishi shunday yoziladi

$$(p_1-p_2)\omega_2$$

1-1 kesimdagi harakat miqdori $\rho Q\vartheta_1$ va *2-2* kesimdagi harakat miqdori ρQV_2 bo`lgani uchun ular orasidagi harakat miqdorining o`zgarishi quyidagiga teng bo`ladi.

$$\rho Q(\vartheta_2-\vartheta_1).$$

Bu ikki miqdorni tenglashtirib, ushbu tenglamani olamiz:

$$(p_1-p_2)\omega_2=\rho Q(\vartheta_2-\vartheta_1).$$

Tenglamaning ikki tomonini $\omega_2\gamma$ ga bo`lsak u holda $Q=\omega_2\vartheta_2$ ni hisobga olib, ushbu tenglamani olamiz:

$$\frac{p_1-p_2}{\gamma}=\frac{\rho Q}{\gamma\omega_2}(\vartheta_2-\vartheta_1)=\frac{\vartheta_2}{g}(\vartheta_2-\vartheta_1). \qquad (7.3)$$

Oxirgi tenglamaning $(\vartheta_2\text{-}\vartheta_1)$ hadi ustida quyidagi amallarni bajaramiz

$$\vartheta_2(\vartheta_2-\vartheta_1)=\vartheta_2^2-\vartheta_2\vartheta_1=\frac{\vartheta_2^2}{2}+\frac{\vartheta_2^2}{2}-\frac{2\vartheta_1\vartheta_2}{2}+\frac{\vartheta_1^2}{2}-\frac{\vartheta_1^2}{2}$$

U holda (7.3) tenglama ushbu ko`rinishga keladi

$$\frac{p_1}{\gamma}-\frac{p_2}{\gamma}=\frac{\vartheta_2^2}{2g}-\frac{\vartheta_1^2}{2g}-\frac{2\vartheta_1\vartheta_2}{2g}+\frac{\vartheta_2^2}{2g}+\frac{\vartheta_1^2}{2g}=\frac{\vartheta_2^2}{2g}-\frac{\vartheta_1^2}{2g}+\frac{(\vartheta_1-\vartheta_2)^2}{2g}.$$

Oxirgi tenglama hadlarini bir xil indekslar bo`yicha guruhlasak,

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{\vartheta_1^2}{2g}=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{\vartheta_1^2}{2g}+\frac{(\vartheta_1-\vartheta_2)^2}{2g}.$$

Bu tenglamani (7.2) bilan solishtirsak, quyidagi kelib chiqadi

$$H_M=h_{keng}=\frac{(\vartheta_1-\vartheta_2)^2}{2g} \qquad (7.4)$$

Olingan (7.4) formula *Bord formulasi* deyiladi.

Bu formulaga asosan bosimning keskin kengayishdagi pasayishi tezlik kamayishi kvadratining ikkilangan erkin tushish tezlanishiga nisbatiga teng (Bord teoremasi).

Endi, (7.4) formulaga uzilmaslik tenglamasi

$$\vartheta_1\omega_1=\vartheta_2\omega_2 \text{ ёки } \vartheta_2=\frac{\omega_1}{\omega_2}\vartheta_1$$

ni qo`llasak, quyidagi ko`rinishda yoziladi

$$H_M=\left(\vartheta_1-\frac{\omega_1}{\omega}\vartheta_1\right)^2\frac{1}{2g}=\left(1-\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2\frac{\vartheta_1^2}{2g}$$

Bu munosabatni (7.1) ga solishtirib, keskin kengayish uchun mahalliy qarshilik koeffitsiyenti formulasi ushbu ko`rinishda yoziladi:

$$\zeta = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2. \qquad (7.5)$$

Bu olingan munosabat (tajribalarda tasdiqlanishicha) turbulent oqimlar uchun olingan tajriba natijalariga juda yaqin keladi. Shuning uchun u ko`rilgan hollarda hisoblash ishlarida keng qo`llaniladi. Quvurning kengaygan kesimi avvalgi kesimdan juda keng bo`lsa ($\omega_2 >> \omega_1$), u holda $\zeta \approx 1$ bo`ladi

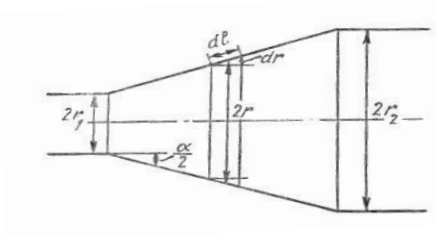
$$H_M = \frac{\vartheta_1^2}{2g}.$$

Bu xususiy holda oqimning butun kinetik energiyasi mahalliy qarshilikning yengish uchun sarf bo`ladi.

Shuni aytish kerakki, ko`rilgan holdagi energiyaning hammasi quvurning keskin kengaygan qismida oqimning quvur sirtidan ajrashi hisobiga hosil bo`lgan aylanma harakatning vujudga kelishiga va uning yangilanib turishiga sarf bo`ladi.

7.4 Diffuzorlar

Tekis kengayib boruvchi quvurlar (7.11 - rasm) diffuzorlar deyiladi. Diffuzorlarda harakat tezligi kamayadi va bosim ortib boradi. Suyuqlik zarrachalari ortib borayotgan bosimni yengish uchun o`z kinetik enegiyasini sarflaydi, natijada diffuzorlarning kengayish yo`nalishida kinetik energiya kamayib boradi. Suyuqlikning devor yonidagi qavatlarining energiyasi shunchalik kamayadiki, ortib borayotgan bosim kuchini yenga olmay qoladi va natijada harakatdan to`xtaydi yoki teskari yo`nalishda harakat qila boshlaydi. Asosiy oqim ana shu teskari harakatlanayotgan oqim bilan to`qnashishi natijasida uyurmali harakat vujudga kelib, oqimning quvur sirtidan ajralish hodisasi yuz beradi. Bu hodisaning tezkorligi diffuzorning konuslik burchagi ortishi bilan kuchayib boradi va uyurmali harakat hosil qilishga sarf bo`layotgan energiya ham ortadi. Bundan tashqari diffuzorda ishqalanish kuchini ham hisobga olish mumkin.



7.11 - rasm. Diffuzorlarda bosimning kamayishini hisoblashga doir chizma.

Shunday qilib, diffuzorlarda bosimning pasayishi ikki yig`indidan iborat deb qaraladi

$$h_{dif.} = H_M = h_i + h_{keng},$$

bu yerda: h_i - bosimning ishqalanish hisobiga pasayishi; h_{keng} - bosimning kengayish hisobiga pasayishi. Bosimning ishqalanish hisobiga pasayishini taxminan hisoblash mumkin. Buning uchun diffuzorni diametri *2r*, yon sirti

diffuzor sirti bilan $\frac{a}{2}$ burchak tashkil qilgan va radiuslari r_1 dan r_2 gacha o`zgarib boruvchi uzunligi $d_l$ bo`lgan elementar silindrik naychalardan tashkil topgan deymiz (7.11 - rasm). U holda har bir elementar naycha uchun quyidagiga ega bo`lamiz:

$$dh_i = \lambda_i \frac{dl}{2r} \frac{\vartheta^2}{2g}$$

V - ixtiyoriy ko`rilayotgan kesimdagi o`rtacha tezlik va ixtiyoriy kesim yuzasi S= πr^2 ga teng desak;

$$dl = \frac{dr}{\sin\frac{\alpha}{2}} \text{ va } \vartheta = \frac{\omega_1}{\omega_2}\vartheta_1 = \left(\frac{r_1}{r}\right)^2 \vartheta_1$$

ni hisobga olib

$$dh_u = \lambda_u \frac{dr}{2r\sin\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{r_1}{r}\right)^4 \frac{\vartheta_1^2}{2g}$$

formulani keltirib chiqaramiz.

Bu tenglikda *dr* (ya'ni d_l) ni nolga intiltirib borsak, bosimning ishqalanish hisobiga kamayishni tenglikning chap tomondan 0 dan h_i gacha, o`ng tomonidan $r_1$ dan $r_2$ gacha itegral olish yo`li bilan hisoblaymiz:

$$h_i = \lambda_i \frac{r_1^4}{2\sin\frac{\alpha}{2}} \frac{\vartheta_1^2}{2g} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^5} = \frac{\lambda_i}{8\sin\frac{\alpha}{2}} \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^4\right] \frac{\vartheta_1^2}{2g}. \qquad (7.6)$$

Kengayish hisobiga bosimning pasayishini hisoblash uchun keskin kengayishdagi (7.4) formuladan foydalanamiz va bunda diffuzor keskin kengayishini taxminiy ifodalangani uchun *k* koeffitsiyent kiritamiz. U holda

$$h_{keng} = k\frac{(\vartheta_1 - \vartheta_2)^2}{2g} = k\left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2\right] \frac{\vartheta_1^2}{2g}. \qquad (7.7)$$

k – tajribada aniqlanadigan koeffitsiyent bo`lib, 5 – $20^0$ konuslik burchagiga ega bo`lgan diffuzorlar uchun I.E.Idelshikning tajribadan aniqlangan formulasi bo`yicha

$$k = 3{,}2tg\frac{\alpha}{2}\sqrt[4]{tg\frac{\alpha}{2}}.$$

Flingerning taxminiy formulasi bo`yicha

$$k = \sin\alpha$$

ga teng. Buni hisobga olib (7.6) va (7.7) yig`indisidan quyidagini olamiz:

$$H_M = h_{dif} = \left[\frac{\lambda_i}{8\sin\frac{\alpha}{2}}\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) + \sin\frac{\alpha}{2}\left(1 - \frac{1}{n}\right)^2\right] \frac{V_1^2}{2g} = \zeta_{dif} \frac{V_1^2}{2g}, \qquad (7.8)$$

bu yerda: $n = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$ belgilash kiritilgan bo`lib, u diffuzorning kengayish darajasi deyiladi.

Shunday qilib, diffuzor uchun mahalliy qarshilik koeffitsiyenti quyidagi formula bo`yicha aniqlanadi:

$$\zeta_{dif} = \frac{\lambda_i}{8\sin\frac{\alpha}{2}}\left(1-\frac{1}{n^2}\right)+\sin\frac{\alpha}{2}\left(1-\frac{1}{n}\right)^2. \qquad (7.9)$$

Bu formuladan ko`rinadiki, mahalliy qarshilik koeffitsiyenti $\lambda_u$ konuslik burchagi va kengayish darajasiga bog`liq ekan.

(7.9) dan ko`rinib turibdiki, α ning *n* ning ortishi bilan ($\lambda_u$ o`zgarmas bo`lganda) yig`indining birinchi hadi kamayadi, ya'ni ishqalanish kuchining ta'siri kamayib, diffuzor kaltalashadi va uyurmalarning ta'siri ko`payadi, α kamayganda esa (o`zgarmas kengayish darajasi *n* da) ishqalanish kuchi ortib, uyurmalar kamayadi.

Hisoblashlarda odatda λ_i - 0,015 ÷ 0,025 deb olinadi. Bu holda, eng qulay diffuzor uchun nazariy yo`l bilan kengayish darajasi *n* = 2: 4 ni keltirib chiqaramiz. Bu konuslik burchagi α = 6° ga to`g`ri keladi.

Amalda diffuzorning uzunligini kamaytirish uchun *n* va α biroz kattaroq qilib, $\alpha = 7^0 \div 9^0$ atrofida olinadi.

7.5 Quvurlarning torayishi.

Keskin torayishda (7.11 - rasm) kesimlar nisbati bir xil bo`lgan keskin kengayishga nisbatan kamroq energiya sarf bo`ladi. Bu holda energiyaning sarf bo`lishiga tor quvurga kirishdagi ishqalanish kuchi va uyurmalar paydo bo`lish sababdir. Uyurmalarning paydo bo`lishi esa oqimning tor quvurga kirish oldidagi burchakni aylanib o`ta olmay, keng quvur sirtidan ajralishiga va torayishiga, natijada quvur devori va oqim orasida juda sekin harakatlanuvchi uyurmali oqim paydo bo`lishiga olib keladi. Oqimning torayishi u tor quvurga kirganda ham davom etadi va so`ngra kengayadi. Bu davrda gidravlik yo`qotish keskin kengayishdagi kabi aniqlanadi. Shunday qilib, bosimning to`liq pasayishi quyidagiga teng bo`ladi:

$$H_M = h_{tor} = \zeta_0 \frac{\vartheta_t^2}{2g} + \frac{(\vartheta_t - \vartheta_2)^2}{2g} = \zeta_{tor}\frac{\vartheta_2^2}{2g}, \qquad (7.10)$$

bu yerda: ζ_o – tor quvurga kirishdagi ishqalanishni aniqlovchi qarshilik koeffitsiyenti; V_t - toraygandagi tezlik.

Keskin torayishning qarshilik koeffitsiyenti torayish darajasi $n = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ ga bog`liq va I.E.Idelshik tomonidan taklif qilingan quyidagi yarim empirik formula bilan aniqlanishi mumkin:

$$\zeta_{tor} = \frac{1}{2}\left(1-\frac{\omega_1}{\omega_2}\right) = \frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{n}\right). \qquad (7.11)$$

Formulalardan ko`rinib turibdiki, $\frac{1}{n} \approx 0$ deb hisoblash mumkin bo`lsa, ya’ni katta idishdan quvurga kirish holida, agar kirish burchagi silliqlangan bo`lmasa, qarshilik koeffitsiyenti (1.70 - rasm) $\zeta_{tor}$ = 0,5 bo`ladi. Kirish burchagi (kirish qirrasi) silliqlangan bo`lsa, qarshilik kuchi kamayadi.

Tekis torayish (7.11 - rasm) konfuzor deb ataladi. Konfuzorda suyuqlik oqayotganda tezlik ortib, bosim kamayib boradi. Suyuqlik katta bosimli sohadan kichik bosimli sohaga qarab harakat qilgani uchun uyurmalar paydo bo`lishi va

diffuzordagi kabi oqimning sirtdan ajralishiga hech qanday sabab yo`q. Shuning uchun konfuzorda energiya faqat ishqalanishga sarf bo`ladi. Shunday qilib, konfuzordagi qarshilik kuchi xuddi shunday diffuzordagiga qaraganda kichik bo`ladi.

Konfuzordagi bosimning pasayishini diffuzordagi kabi elementar bo`laklarga bo`lib, so`ngra integrallab hisoblash mumkin. Shu usul bilan quyidagi formulani olamiz:

$$H_M = \frac{\lambda_i}{8\sin\frac{\alpha}{2}}\left(1-\frac{1}{n^2}\right)\frac{\vartheta_2^2}{2g} \qquad (7.12)$$

bu yerda: *n* - torayish darajasi.

Tor quvurga kirishda oqimning devordan ajralishi va ozroq uyurma hosil bo`lishi kuzatiladi. Bu uyurmani yo`qotish uchun ba'zan konussimon quvurning silindrik quvurga tutashgan joyiga ma'lum shakl berilib, silliq tutashtiriladi. Bunday tutashtirilgan quvurlar soplo deyiladi.

7.6 Tirsaklar

Quvurlarning keskin burilishi yoki tirsaklarda (7.12 - rasm), odatda anchagina miqdorda energiya sarf bo`ladi. Tirsaklarda energiya sarfiga oqimning (quvur sirtidan) ajralishi va uyurmalar yuzaga kelishi sabab bo`lib, φ burchak qancha katta bo`lsa, sarf ham shuncha ko`p bo`ladi.

Silindrik quvurlardagi tirsaklarda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ζ_{tr} burchakning o`sishi bilan juda keskin o`sib, $\varphi = 90^0$ da 1 ga teng bo`ladi. Kichik diametrli quvurlardagi tirsaklar uchun qarshilik koeffitsiyentini ushbu formula yordamida hisoblash mumkin:

$$\zeta_{tr} = 0{,}946\sin^2\frac{\varphi}{2} + 2{,}047\sin^4\frac{\varphi}{2}. \qquad (7.13)$$

Energiya sarfi katta bo`lgani uchun keskin burilishli tirsaklarni quvurlarda qo`llash tavsiya etilmaydi.

Quvurlardagi burilishlarni (7.12 - rasm) ham, odatda, tirsaklar deb atash mumkin. Bunday burilishli tirsaklarda uyurmalar kamroq paydo bo`ladi. Bu holda qarshilik koeffitsiyenti ζ_b ni hisoblash uchun ushbu formuladan foydalaniladi:

$$\zeta_b = \left[0{,}131 + 0{,}163\left(\frac{D}{R_b}\right)^{3,5}\right]\frac{\varphi}{90^0}. \qquad (7.14)$$

$\varphi = 90^0$ va $\frac{R_b}{D} \geq 1$ bo`lganda, tajribadan olingan quyidagi formuladan foydalanish mumkin:

$$\zeta_b \approx \zeta'_b \approx 0{,}051 + 0{,}19\frac{D}{R_b} \qquad (7.15)$$

Burchak $\varphi \leq 70$ bo`lganda, qarshilik koeffitsiyenti

$$\zeta_b \approx 0{,}9\sin\varphi\zeta'_b$$

Ga, $\varphi \geq 100$ da esa quyidagiga teng.

$$\zeta_b = \left(0{,}7 + \frac{\varphi 0{,}35}{90^0)}\right)\zeta'_b \qquad (7.16)$$

Burilishdagi bosimning pasayishi qarshilik koeffitsiyenti aniqlashga keladi

$$H_M = h_b = \xi_b \frac{\vartheta^2}{2g}$$

va u to`liq gidravlik yo`qotish bilan ishqalanishga, yo`qotishning ayirmasiga teng, ya'ni quvur egriligi hisobiga paydo bo`lgan qarshiliknigina ifodalaydi.

Tirsaklarda qarshilik quvurning shakliga bog`liq bo`lib, u oqimning uyurmalar hosil qilishiga ta'sir qiladi. Bu masalalar ustida juda ko`p nazariy tekshirishlar va tajribalar mavjud bo`lib, biz ular to`g`risida to`xtalib o`tirmaymiz.

7.7 Reynolds sonining kichik qiymatlarida mahalliy qarshilik koeffitsiyenti.

Yuqorida aytganimizdek, Reynolds sonining katta qiymatlarida (agar harakat turbulent bo`lsa) mahalliy qarshilikning Re ga bog`liqligi shunchalik kichikki, uning ta'sirini hisobga olmasa ham bo`ladi. U holda, yuqorida keltirilgan usullar bilan turli qarshilik koeffitsiyentlarini hisoblash mumkin.

Laminar harakat vaqtida esa umumiy qarshilik ishqalanish kuchi va uyurmalar yuzaga kelishi hisobiga paydo bo`lgan qarshiliklar yig`indisiga teng. Buni hisobga olib, o`tkazilgan tajribalar mahalliy qarshilik koeffitsiyentini quyidagi ko`rinishda ifodalashga imkon beradi:

$$\zeta = \frac{A}{\mathrm{Re}} + B \qquad (7.17)$$

Keyinchalik o`tkazilgan A.D. Altshul, V.N.Karayev va N.Z. Frenkellarning tajribalari Reynolds sonining kichik qiymatlarida (Re < 9) mahalliy qarshilik koeffitsiyentini Re ga teskari proportsional ko`rinishda olish mumkin ekanligini ko`rsatadi:

$$\zeta = \frac{A}{\mathrm{Re}} \qquad (7.18)$$

Demak, Reynolds sonining juda kichik qiymatlarida qarshilik koeffitsiyenti mahalliy qarshilikning shakliga bog`liq bo`lmay, faqat Re soniga bog`liq bo`lar ekan.

Laminar tartibli oqimlar uchun Reynolds sonining kattaroq qiymatlarida esa mahalliy qarshilik (2.17) ka qaraganda biroz murakkabroq ko`rinishda ifodalanishi mumkin:

$$\zeta = \frac{C}{\mathrm{Re}^m}$$

bu yerda: *C* va *m* - mahalliy qarshilikning qaysi ko`rinishida bo`lishiga bog`liq koeffitsiyentdir.

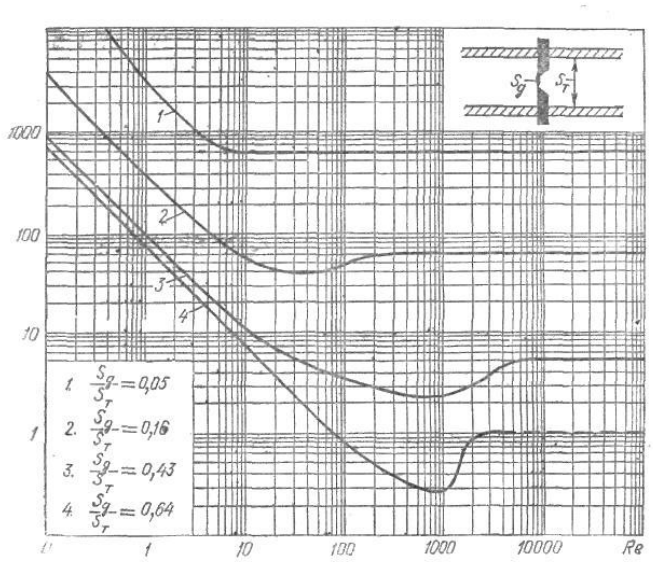
F.P.Tolstolesovning tajribalari bo`yicha m = 0,285 bo`lib,

$$\zeta = \frac{C}{\mathrm{Re}^{0,285}}.$$

"Azneftekombinat"ning gidravlik laboratoriyasida o`tkazilgan tajribalar bo`yicha *m* = 0,25 bo`ladi:

$$\zeta = \frac{C_1}{\mathrm{Re}^{0,25}}.$$

Tajriba natijalaridan ko`rinadiki, Reynolds sonining kattaligi ortishi bilan mahalliy qarshiliklar shaklining ta'siri ortib boradi, Re > 3500 bo`lganda, xususan turbulent tartibga o`tganda, bu ta'sir hal qiluvchi rol o`ynaydi.



7.12 - rasm. Kichik Re da mahalliy qarshilik

Misol sifatida 7.12 - rasmda diafragmalar uchun mahalliy qarshilik koeffitsiyentining Re ning o`zgarishi bo`yicha o`zgarib borishini to`rtta diafragma uchun keltirilgan.

Bu rasmdan Reynolds sonining kichik qiymatlarida $\lg\zeta, \lg \mathrm{Re}$ ga chiziqli bog`liq bo`lib, mahalliy qarshilik koeffitsiyenti uchun (2.17) formulaning to`g`ri ekanligi ko`rinadi. Reynolds soni kattalashgan sari bu qonuniyat o`zgarib boradi.

Mahalliy qarshiliklarda Re soni kichik bo`lgan hollarda amaliy hisob ishlari uchun gidravilik yo`qotishni quvurning ekvivalent uzunligi bilan almashtiriladi. Ekvivalent uzunlik deb ko`rilayotgan quvurning shunday uzunligi olinadiki, undagi ishqalanish qarshiligi mahalliy qarshilikka teng. Bu holda:

$$H_M = \zeta_M \frac{\vartheta^2}{2g} = \lambda \frac{l^e_{kv}}{D} \frac{\vartheta^2}{2g} \tag{7.19}$$

Bundan ekvivalent uzunlik uchun formula chiqaramiz:

$$l_{ekv} = \zeta_M \frac{D}{\lambda} \tag{7.20}$$

Ekvivalent uzunlikni turli mahalliy qarshiliklar uchun, odatda, tajriba yo`li bilan aniqlanadi.

7.8 Mahalliy gidravlik qarshiliklarda kavitatsiya hodisasi

Suyuqliklarda gazlarning erishi haqida so`z yuritilgan 8-§ da biz kavitatsiya hodisasi ustida to`xtalib o`tdik va kavitatsiya hodisasi suyuqliklarda agregat holatining o`zgarishi bilan bog`liq ekanligi ko`rsatiladi. Unda kavitatsiya hodisasi bosimning kamayishi yoki temperaturaning ortishiga bog`liq ekanligi aytilgan edi. Mahalliy qarshiliklarda temperatura o`zgarmay, oqim kesimining o`zgarishi natijasida suyuqlikda erigan gazlarning miqdori o`zgaradi. Suyuqliklarning

zichligi (yoki solishtirma hajmi) deyarli o`zgarmagani uchun unda erigan gazlarga Boyl-Mariot qonunini qo`llash mumkin bo`ladi.

$$pV = RT$$

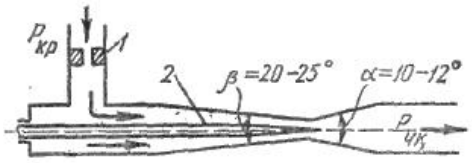
bu yerda: p - bosm, V - solishtirma hajm, T - absolyut temperatura, R - gaz doimiysi.

Suyuqlik oqimlarida temperatura o`zgarmagani va ko`ndalang kesim kichrayganda bosim ortib, kesim kattalashganda bosim kamaygani uchun mahalliy torayish mavjud joylarda tezlik ortib, bosim kamayadi (masalan, keskin torayish, konfuzor, jo`mraklar, teshikchalar, diafragmalar va h. k.). Agar bu yerda absolyut bosim suyuqlikning to`yingan bug`larining shu temperaturadagi portsial bosimga teng bo`lsa, u holda bug`lanish va erigan gazlarning ajralish hodisasi yoki mahalliy qaynash hodisasi ro`y beradi. Torayishdan keyin kengayish boshlanishi bilan bosim ortib, qaynash to`xtaydi va ajralgan bug`lar kondensatsiyalanib, gazlar eriydi, ya'ni kavitatsiya hodisasi yuz beradi. Kavitatsiya hodisasi yuqori chastotali mahalliy kichik gidravlik zarbalarning kelib chiqishiga sabab bo`ladi. Bu hodisa gidrosistemalarda odatdagi tartibning buzilishiga, ayrim hollarda esa, uning qismlarining ishdan chiqishiga sabab bo`ladi, quvurlarda qarshilikning ortishiga olib keladi.

Shuning uchun mahalliy qarshiliklarda kavitatsiyaning kelib chiqishiga qarshi kurash olib boriladi. Bunday usullardan biri mahalliy qarshilikning bosim kamayuvchi qismida klapanlar yordamida bosimni ko`tarishdan iborat. Lekin bu usul bosimning pasayish darajasi yuqori bo`lganda ko`p foyda bermaydi, ammo kavitatsiyaning zararli ta'sirini kamaytirishga yordam beradi.

7.9 Kavitatsiyadan amalda foydalanish

Kavitatsiya hodisasidan amalda foydalanish ham mumkin. Xususan bu hodisani sarfini stabillash maqsadida Venturi soplolaridan foydalanishda ko`rish mumkin (7.13 - rasm). Kirishdagi bosim $p_{kr}$ o`zgarmagan holda, chiqishdagi bosim p_{chq} kamayishi bilan oqimning tezligi va sarfi ortadi. Lekin tezlik ortishi bilan soploning toraygan qismida bosim kamayadi.



7.13 - rasm. Kavitatsiya hodisasidan sarfni barqarorlashda foydalanish uchun qurilma

Bu bosim kavitatsiyaning boshlanishiga olib keluvchi bosim miqdoriga tenglashsa yoki undan kamaysa, bug` va erigan gazlarning ajralib chiqishi natijasida suyuqlik qaynay boshlaydi. Bosimning bundan keyingi kamayishi kavitatsiya hodisasi tezkorligining ortishiga va natijada qarshilikning ortishiga,

suyuqlik qaynashi boshlanishidan keyin, chiqishdagi bosimning kamayib borishiga qaramay, suyuqlik sarfining o`zgarmasdan qolishiga sabab bo`ladi. p_{chq} ning kamayishi faqatgina diffuzorda kavitatsiya zonasining kengayib borishiga olib keladi.

Bu voqea gidrosistemalarning chiqish qismida bosim miqdorining o`zgarib turishi hollarida suyuqlik sarfini stabillash uchun kerak bo`ladi.

Ko`rilayotgan qurilmada (7.13 - rasm) sarfni o`lchash bo`lib, u sarf o`zgarishining katta diapazonlarida $\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} \geq 10$ uni boshqarishga yordam beradi. Bu holda kavitatsiya natijasida gidrosistema qismlarining buzilishi holi bo`lmaydi.

7.10 Mahalliy qarshiliklarning o`zaro ta'siri

Gidravlik sistemalarda umumiy qarshilik uning qismlaridagi ayrim qarshiliklarning yig`indisidan iborat. Masalan, quvurda bir qancha mahalliy qarshiliklar (tirsak, jo`mrak, diafragma, eshikcha va h.k.) bo`lib, ularni xarakterlovchi mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari $\zeta_1$, $\zeta_2$, $\zeta_3$,….$\zeta_n$ bo`lsin. Agar quvurning uzunligi *z*, diametri *D* va sarfi *Q* bo`lsa, undagi ishqalanish qarshiligi

$$H_e = \lambda \frac{Z}{D} \frac{\vartheta^2}{2g},$$

mahalliy qarshiliklar quyidagicha bo`ladi:

$$H_{M1} = \zeta_1 \frac{\vartheta_1^2}{2g}$$

$$H_{M2} = \zeta_2 \frac{\vartheta_2^2}{2g}$$

$$H_{M3} = \zeta_3 \frac{\vartheta_3^2}{2g}$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$H_{Mn} = \zeta_n \frac{\vartheta_n^2}{2g}$$

Bularni qo`shib, umumiy qarshilikni topamiz:

$$H = \left(\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \ldots.. + \zeta_n + \lambda \frac{Z}{D} \right) \frac{\vartheta^2}{2g} \qquad (7.21)$$

Oxirgi munosabatda qavs ichidagi qiymat quvurdagi ishqalanish kuchi, qarshilik va mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari yig`indisidan iborat bo`lib, sistemaning qarshilik koeffitsiyenti deyiladi:

$$\zeta_{sist} = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \ldots. + \zeta_n + \lambda \frac{z}{D} \qquad (7.22)$$

Bu holda sistema uchun

$$H = \zeta_{sist} \frac{\vartheta^2}{2g}$$

Qarshiliklarni bunday qo`shish uchun mahalliy qarshiliklar bir-biridan ma'lum masofada bo`lishi kerak, ya'ni har bir mahalliy qarshilik avvalgisidan shunday masofada bo`lishi keraki, unga kelayotgan oqim avvalgi mahalliy qarshilikdan o`tishdagi hosil bo`lgan turli o`zgarishlar ta'siridan holi bo`lgan

(turg`unlashgan) bo`lishi kerak. Masalan, turbulent tartibda oqayotgan suyuqlik, laminar oqimli quvurga kirgandan keyin shunday masofani o`tishi kerakki, bunda tezlikning laminar oqimga tegishli taqsimlanishi vujudga kelishi kerak. Shuningdek, biror mahalliy qarshilikdan o`tayotganda buzilgan laminar oqimning yana turg`unlashuvi biror masofadan o`tganidan so`ng sodir bo`ladi.

Masalan, quvurlarning burilishlaridagi tartibning buzilishi quvur diametridan 50 marta katta masofada ham saqlanadi.

Turg`unlashuv masofasi $l_{ст}$ quyidagi formula bo`yicha hisoblanishi mumkin:

$$l_{st} = 0{,}693\mathrm{Re}^{0{,}25} D$$

bu yerda: D - quvurning ichki diametri

Quvurning kirish qismi juda yaxshi silliqlanganda laminar oqimning turg`unlashuv qismi 0,29 ReD gacha kamayadi.

Amalda mahalliy qarshiliklarni bir-biridan to`g`ri chiziqli bo`lak bilan ajratib, ular orasidagi masofani $l \le (10 \div 20)D$ ga tenglashtirishga harakat qilinadi.

Odatda, gidrosistemalarda mahalliy qarshiliklar bizning ixtiyorimizga bog`liq bo`lmagan holda turli masofalarga o`rnatilgani uchun ularning o`zaro ta'sirini hisobga olib bo`lmaydi va mahalliy qarshiliklardagi energiya sarfi taxminiy hisoblanadi. Boshqacha aytganda, mahalliy qarshiliklarning o`zaro ta'siri kichik miqdor sifatida nazarga olinmaydi. Umumiy qarshilik oldida bu kuchlar juda kichik bo`lgani uchun hisoblash natijalariga sezilarli ta'sir ko`rsatmaydi.

Amaliy mashg’ulotlarga doir ko‘rsatma

Masala: Uzunligi l=1,5 km va diametri d = 250 mm li quvurda benzin oqib o‘tmoqda. Benzinning harorati t = 20°C, sarfi Q = 0,026 m^3/s. Quvurda yo‘qolgan dam (napor)ni aniqlang. Agar quvurning diametrini 20% kamaytirsak yo‘qolgan dam (napor) miqdori qanchaga o‘zgaradi? Quvurning g‘adir-budurligi Δ=0,2 mm.

Yechimi: **1.** Quvurdagi oqim tezligi:

$$\vartheta = \frac{4Q}{\pi d^2} = 0{,}53 m/c$$

Suyuqlikning harakat rejimini aniqlaymiz: jadvaldan t = 20°C haroratdagi benzinning kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti ν= 0,75 mm^2/s.

Reynolds soni:

$$\mathrm{Re} = \frac{Vd}{\nu} = 177 \cdot 10^3.$$

demak, harakat rejimi turbulent.

U holda gidravlik ishqalanish koeffitsiyentini Altshul formulasi yordamida aniqlaymiz:

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{\mathrm{Re}}\right)^{0{,}25} = 0{,}02.$$

Bosimning yo‘qolishi: $\Delta P = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{\rho V^2}{2} = 11{,}8 \cdot 10^3 Pa$

II. Quvur diametrini 20% ga kamaytirsak:

$$d_1 = 0{,}8d = 200 \text{ mm}$$

U holda yo‘qolgan bosim miqdori:

Demak, quvur diametrini 20% ga kamaytirsak, bosimning kamayishi (yo‘qolgan napor) 3,2 marta oshar ekan.

Mustaqil yechishga doir masalalar

1. Uzunligi l=5 km, diametri $d = 20$ sm bo‘lgan po‘lat quvurdan harorati $t = 20°C$ bo‘lgan suv oqib chiqmoqda. Agar quvurdan o‘tayotgan suv sarfi $Q = 20$ l/s bo‘lsa, gidravlik ishqalanish koeffitsiyentini aniqlang.

2. Yuqoridagi masalada suv o‘rniga neft oqib o‘tayotgan bo‘lsa, gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti qanday bo‘ladi?

3. Laboratoriya sharoitida po‘lat quvurning gidravlik ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash uchun, yangi po‘lat quvurda tajribalar o‘tkazadilar. Buning uchun uzunligi l=6 m, diametri $d = 200$ mm bo‘lgan quvurga pezometr ulanib, ma’lum miqdor sarfni o‘tkazadilar. Agar suv sarfi $Q = 10$ l/s bo‘lib, pezometrlardagi suyuqliklar sathining farqi $\Delta h = 200$ mm bo‘lganda gidravlik ishqalanish koeffitsiyentini aniqlang.

4.Agar po‘lat quvurni a) cho‘yan; b) polietilen; v) asbestotsement quvurlar bilan almashtirsak pezometrdagi suyuqliklar sathining farqi o‘zgaradimi?

7. bo‘yicha nazorat savollari

1. Mahalliy qarshilikning asosiy turlari.
2. Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti
3. Bord teoremasi ta’rifi.
4. Tirsaklar
5. Kavitatsiya hodisasi
6. Mahalliy qarshiliklarning o`zaro ta'siri

8. SUYUQLIKLARNING TESHIK VA NAYCHALARDAN OQISHI

Texnikada juda ko`p hollarda suyuqliklarning tor va kalta naychalardan hamda teshiklardan oqish hollarini uchratish mumkin. Bu holning o`ziga hos hususiyati shundan iboratki, biror katta idishdagi suyuqliklarning potentsial energiyasi teshikdan chiqishda oqimchaning kinetik energiyasiga aylanadi. Albatta bu holda energiyaning bir qismi qarshiliklarni yengishga sarf bo`ladi. Bunday voqeani gidrouzatmalarda moylarning gidrosilindrlardan bosim ostida oqib chiqishi, yoqilg`ining yonish kamerasiga oqib o`tish va hokazolarda uchratish mumkin. Odatda bu masalalarni yechishda oqim fizikasiga bog`liq shartlar kiritiladi.

8.1 Suyuqlikning yupqa devordagi teshikdan o`zgarmas bosimda oqishi

Biror katta idishda suyuqlik p_1 bosim ostida saqlanayotgan bo`lib, u ozod sirtidan $H_a$ masofadagi kichik teshikdan oqayotgan bo`lsin (8.1 - rasm, a). Diametri idish o`lchamlariga qaraganda juda kichik bo`lgan teshik kichik teshik deb ataladi. Yupqa devor deb oqayotgan suyuqlik teshikning faqat ichki qirrasiga tegib, uning yon sirtiga tegmagan holga aytiladi. Bunday hol devor qalinligi teshik diametridan bir necha barobar kichik bo`lsa yoki teshik kesimining ichki qirrasidan tashqariga kengayib borsagina (8.1-rasm, b) o`rinli bo`ladi.

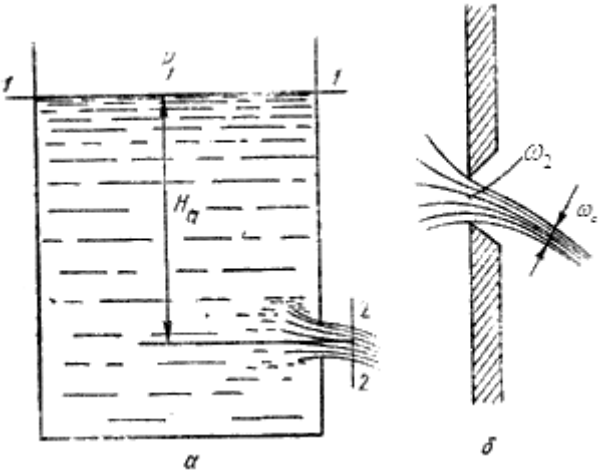
Bu holda suyuqlik zarrachalari teshik atrofidagi hajmdan tashqariga qarab harakat qiladi va teshikka yaqinlashgan sari tezlashib boradi. Shu bilan birga suyuqlikning oqayotgan zarrachalarning barchasi uchun bir xil sharoit bo`lib, ular silliq trayektoriya bo`yicha harakat qiladi va teshik qirrasida idish devoridan ajraladi. Bundan keyingi oqish davomida oqimchaning kesimi bir oz torayadi va silindrik shakl qabul qiladi. Ko`rilayotgan holda asosiy masala teshikdan iborat. Suyuqlikka to`ldirilgan idishda (8.1 - rasm, a) yuzasi ω_1 bo`lgan *1-1* (erkin sirt) va $\omega_2$ bo`lgan *2-2* oqayotgan suyuqlik oqimchasining teshik oldidagi kesimlari uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{\vartheta_1^2}{2g}+\frac{p_1}{\gamma}+z_1=\frac{\vartheta_2^2}{2g}+\frac{p_2}{\gamma}+z_2+\zeta\frac{\vartheta^2}{2g}. \qquad (8.1.)$$

Bundan teshik uchun mahalliy qarshilik koeffitsiyenti nolga teng bo`lgan holda $z_1 - z_2 = H$ va $\vartheta_1\,\omega_1 = \vartheta_2\,\omega_2$ ekanligini hisobga olsak, ushbu tenglamani olamiz:

$$\left[1-\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)\right]\frac{\vartheta_2^2}{2g}=\frac{p_2-p_1}{\gamma}+H,$$

bu tenglamadan oqimchaning nazariy hisoblangan tezligi uchun quyidagi munosabat kelib chiqadi:



8.1 - rasm. Suyuqlikning teshiklaridan oqib ketishiga doir chizma

$$\vartheta_n = \vartheta_2 \sqrt{\frac{2g\dfrac{p_2 - p_1}{\gamma} + H}{1 - \left(\dfrac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}}. \qquad (8.2)$$

Agar idishning kesimi ω_1 ga qaraganda teshikning kesmi ω_2 juda kichik bo`lsa, u holda

$$\vartheta_n = \vartheta_2 \sqrt{2g\left(\frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H\right)}$$

Idishdagi suyuqlik sirtida ham, teshik tashqarisida ham atmosfera bosimi bo`lsa yoki $p_1 = p_2$ bo`lsa, u holda

$$\vartheta_n = \vartheta_2 = \sqrt{2gH}. \qquad (8.3)$$

Bu formula Torichelli formulasi deb ataladi, u suyuqlikning tor teshikdan oqishi tezlikni hisoblash uchun nazariy formuladir.

Suyuqlikning teshikdan oqish tezligi ma'lum bo`lgan holda sarfni hisoblash qiyin emas

$$Q_n = \vartheta_n \omega_2. \qquad (8.4)$$

Lekin amalda oqimcha teshikdan chiqayotganda uning kesimining torayishi sababli ko`rilayotgan masala biz ko`rgandagiga qaraganda murakkabroq. Shuning uchun biz chiqargan tezlik formulalari tezlik va sarfni nazariy tekshirish uchun qo`l-lanib, amalda esa ularga ma'lum tuzatishlar kiritiladi.

8.2 Siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari

Biz yuqorida suyuqlikning teshikdan oqishini ko`rganimizda oqimchaning teshikdagi kesimini olganimiz uchun oqimchaning va teshikning kesimini bir xil deb qaradik. Aslida esa suyuqlik teshikka uning atrofidagi hajmdan har tomonlama oqib kelgani uchun uning tezligi oshib boradi. Suyuqlik oqimi teshikka yaqinlashgan sari torayib boradi va bu jarayon suyuqlik teshikdan o`tgandan keyin ham inertsiya kuchi ta'sirida ma'lum masofagacha davom etadi. So`ngra esa torayish to`xtab, oqim o`zgarmas ω_c kesimli oqimcha ko`rinishida harakat qiladi. Oqimchaning torayishi taxminan teshik diametriga teng masofada to`xtaydi. Torayishni hisoblash uchun, odatda siqilish koeffitsiyenti ε kiritiladi

$$\varepsilon = \frac{\omega_e}{\omega_2} \tag{8.5}$$

Bu koeffitsiyent yuqorida aytilganlarga asosan biridan kichik va tajribalarda aniqlanishicha ε = 0,61 ÷ 0,64 atrofida bo`ladi.

Biz teshikdan oqayotgan suyuqlik tezligi uchun formula chiqarishda ζ = 0 deb qabul qilgan edik. Amaldagi tezlikni hisoblash uchun esa (8.1) dagi mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ζ ni hisobga olgan holda quyidagi formulani olamiz

$$\vartheta_a = \sqrt{\frac{2g\left(\frac{p_2 - p_1}{\gamma} + h\right)}{1 + \zeta - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}}.$$

Tor teshiklar uchun esa $\frac{\omega_2}{\omega_1} << 1$ bo`lganda sababli $\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2 \approx 0$ deb hisoblab, quyidagini olamiz:

$$\vartheta_a = \sqrt{\frac{2g\left(\frac{p_2 - p_1}{\gamma} + h\right)}{1 + \zeta}}.$$

Yuqorida ko`rganimizdek, $p_1 = p_2$ hol uchun

$$\vartheta_a = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}}\sqrt{2gH}. \tag{8.6}$$

Bu formulani (8.3) bilan solishtirsak, amaliy va nazariy tezliklar o`rtasida quyidagi munosabatni olamiz

$$\vartheta_a = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}}\vartheta_n. \tag{8.7}$$

Bundan ko`rinadiki, amaliy tezlik nazariy tezlikdan kichik ekan. Odatda, amaliy tezlikning nazariy tezlikka nisbatini tezlik koeffitsiyenti deb ataladi va φ bilan belgilanadi:

$$\varphi = \frac{\vartheta_a}{\vartheta_n} \tag{8.8}$$

(8.8) ni (8.7) bilan solishtirish natijasida tezlik koeffitsiyentini hisoblash uchun ushbu formulaga ega bo`lamiz:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}}. \tag{8.9}$$

Ko`rinib turibdiki, φ < 1. Ideal suyuqliklar oqqanda esa ζ = 0, φ = 1 bo`lib, oqish tezligi uchun nazariy formulani olamiz. Tajribalarning ko`rsatishicha suv uchun ζ ≈ 0,06, φ ≈ 0,97 ÷ 0,98 bo`ladi.

Teshikdan oqayotgan suyuqlikning amaliy sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_a = \vartheta_a \omega_e$$

(8.5) dan $\omega_c = \varepsilon\omega_2$ bo`lgani uchun (8.8) ni hisobga olib, oxirgi tenglikdan ushbu munosabatni olamiz:

$$Q_a = \varphi\vartheta_n\varepsilon\omega_2 = \varphi\varepsilon\vartheta_n\omega_1$$

Bu so`nggi formulani (8.4) bilan solishtirib, nazariy va amaliy sarflar uchun quyidagi bog`lanishni olamiz:

$$Q_a = \varphi\varepsilon Q_n = m\vartheta_n\omega_2. \quad (8.10)$$

(8.10) dagi $\varphi\varepsilon$ ko`paytmani m bilan belgilaymiz va sarf koeffitsiyenti deb ataymiz

$$m = \varphi\varepsilon \quad (8.11)$$

Bunday xulosa qilib, sarf koeffitsiyenti amaliy sarfning nazariy sarfga nisbatiga teng ekanligini ko`ramiz:

$$m = \frac{Q_a}{Q_n}$$

Yuqorida φ va ε uchun keltirilgan tajriba miqdorlaridan m ≈ 0,60 ÷ 0,63 ekanligi ma'lum.

ε, φ, m larning keltirilgan qiymatlari Reynolds sonining katta miqdorlari uchun to`g`ri. Aslini olganda bu koeffitsiyentlar *Re* ning funktsiyasidir.

8.3 Suyuqlikning silindrik naychadan oqishi

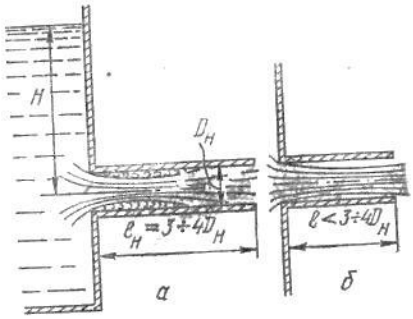
Idish devoridagi teshikka o`rnatilgan kalta quvurlar *naychalar* deb ataladi. Odatda, naychalardan sarfini ko`paytirish yoki ixcham oqimchalar olish uchun foydalaniladi. Ko`p hollarda idish devori qalin bo`lib, u parma bilan teshilganda naycha shaklida teshik paydo bo`ladi.

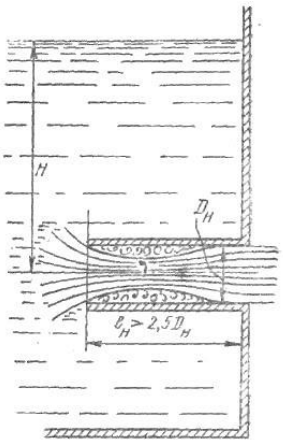
Naychalardan oqadigan suyuqlikni hisoblashda yuqorida keltirilgan tezlik va sarf formulalardan foydalanamiz, lekin ε, φ, m koeffitsiyentlarning qiymatlari boshqacha bo`ladi.

Silindrik naychalardan suyuqlik oqayotganda kirishda u devordan ajraladi va torayadi. Bu hodisa xuddi yupqa devordagi teshikdan oqish holidagi kabi bo`ladi. Lekin bu torayish to`xtab, toraygan oqimcha bilan naycha devori orasida uyurmali harakat vujudga kelganligi sababli kengayish boshlanadi va oqim naychaning butun kesimini egallab olguncha davom etadi. Natijada oqimcha naychaning ko`ndalnag kesimiga teng kesimda chiqib ketadi. Bu hodisa naychaning uzunligi $l$ uning diametridan 3÷4 marta katta bo`lganda to`liq amalga oshadi (8.2 - rasm, a).

Bu holda oqimcha diametri naycha diametriga teng bo`lgani uchun siqilish koeffitsiyenti ε = 1, binobarin, $m = \varphi$ bo`ladi.

Agar naycha $l_n = (3\div4)D_n$ dan kalta bo`lsa, bu holda toraygan oqimcha naycha kesimigacha kengayib ulgurmaydi va oqim teshikdan oqayotgan suyuqlik kabi bo`ladi (8.2-rasm, b). Naycha uzunligining uning diametriga nisbati $\frac{l_n}{D_n}$ va Reynolds soni tezlik hamda sarf koeffitsiyentlariga ta'sir ko`rsatadi. Bu ta'sirni tajribalarda ko`p tekshirilgan bo`lib, $\varphi$, $m$ va $\zeta$ larning o`rtacha qiymatlari silindriknaychalar uchun quydagicha bo`ladi:





8.2 - rasm. Naychadan oqish. **8.3 - rasm. Ichki silindrik naycha.**

Yupqa devordagi teshikdan oqish holi bilan solishtirish natijasi shuni ko`rsatadiki, silindrik naychalardan oqishda oqimchaning siqilishi bo`lmagani uchun sarf ortadi, lekin qarshilik katta bo`lgani uchun tezlik kamroq bo`ladi. Ba'zi hollarda ichki silindrik naychalar qo`llanilib, ular idish devoridagi teshikka ichkari tomonidan kavsharlangan juda kichik quvur ko`rinishida bo`ladi. Bunday naychalarda oqimcha kirishdagi torayishdan keyin $l_н > 2,5D_н$ ga teng uzunlikda to`liq kengayadi (8.3 - rasm). Bu holda ham ε = 1 bo`lib, $m = \varphi = 0,70$ bo`ladi $l_н \leq 1,5D$ da esa oqim to`liq kengayishiga ulgurmaydi, natijada sarf kamayib ketadi.

8.4 Turli xil naychalar

Silindrik naychalarning kamchiliklari shulardan iboratki, ularning uzunligi yetarli bo`lib, oqimcha to`liq kengayishga ulgursa (8.3-rasm a), u holda qarshilik ortib ketadi. Agar u kaltaroq bo`lsa, oqimcha to`liq kengaymasligi (8.3 - rasm, b) natijasida sarf koeffisieti kamayib ketadi. Shuning uchun, odatda, boshqa xildagi naychalar ham qo`llaniladi. Ular konussimon kengayuvchi (8.4 - rasm, a), konussimon torayuvchi (8.4 - rasm, b) va konoidal (8.4 - rasm, v) naychalardir.

Konussimon kengayuvchi naychalarda (diffuzorlarda) kirishda oqimcha juda ko`p torayadi, so`ngra esa tez kengaya boshlaydi va naychani butunlay to`ldiradi. Shuning uchun siqilish koeffitsiyenti $\varepsilon=1$. Konuslik burchagi $\Theta>8^0$ bo`lganda esa oqimcha to`liq kengaya olmaydi va natijada naycha devorlariga tegmay oqadi. Bu holda oqish yupqa devordagi teshikdan oqish holidan farq qilmaydi.

Kengayuvchi naychalarda tezlik, siqilish va sarf koeffitsiyentlari ($\Theta>8^0$ da) konussimon kengayish burchagiga bog`liq bo`lib, ularning qiymatlari o`rtacha $m = \varphi = 0,45$ bo`ladi. Bunday naychalarda tezlik kamayib ketadi. Bunga sabab naychada oqimcha torayishi va so`ngra tez kengayishi natijasida qarshilik ko`payib ketishidir. Shunga qaramay suyuqlik sarfi ancha ko`payadi. Albatta, sarf koeffitsiyentidan buning aksi ko`rinadi, lekin bu koeffitsiyent kengaygan chiqish kesimiga tegishli ekanini hisobga olsak, sarfning ko`payishi tushunarli bo`ladi. Konussimon kengayuvshi naychalarda oqimcha toraygan yerda vakuum paydo bo`ladi va u so`rish effektini vujudga keltiradi. Bu effekt silindrik naychalarda

ham bo`ladi, lekin kengayuvchi naychalarda kuchli. Bunday naychalar past bosimlarda yaxshi natija beradi.

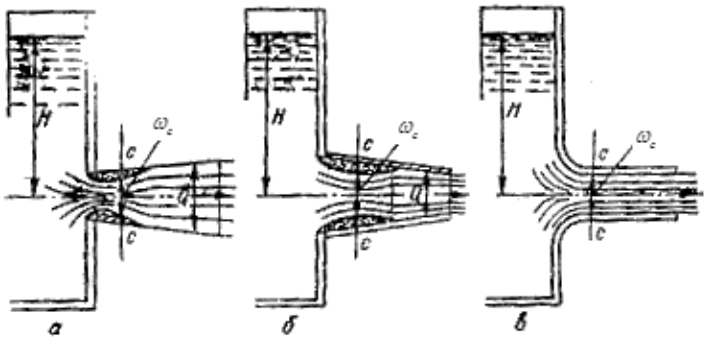
Konussimon torayuvchi naychalarda ham φ, m, ε koeffitsiyentlar konuslik burchagi Θ ga bog`liq. Bunday naychalarda kirishda oqimcha torayadi (bu hodisa silindrik naychalardagiga qaraganda kamroq bo`ladi) va so`ng kengayadi. Naychadan chiqishda esa, uning kesimi torayishda davom etgani uchun, oqimcha uchun ikkinchi (tashqi) torayish yuz beradi. Bu naychalarda ichki torayish kam bo`lgani uchun unga sarf bo`lgan energiya ham kam bo`ladi. Tajribadan ma'lumki torayuvchi naychalarda tezlik koeffitsiyenti konuslik burchagi ortishi bilan ortib boradi: sarf koeffitsiyenti esa avval ortib borib, Θ = 13° da eng katta qiymatga (m = 0,946) erishadi, so`ngra esa kamayadi. Shuni aytish keraki sarf koeffitsiyenti ortganiga qaramay torayuvchi naychalarda sarf kamayadi, shunki barcha koeffitsiyentlar chiqish qismiga nisbatan olingan. Bu naychalarda chiqish kesimi kirish kesmiga nisbatan toraygani uchun katta tezliklar olish mumkin.

Konoidal naychalarning shakli yupqa devordagi teshikdan oqayotgan suyuqlik oqimi shakliga o`xshash bo`ladi. Shuning uchun ularda ichki torayish boshqa naychalarga qaraganda juda kichik bo`lib, qarshilik ham kam bo`ladi. Demak tezlik sarf va siqilish koeffitsiyentlari eng katta bo`ladi. Tajribalarning ko`rsatishicha bu holda $m = \varphi = 0{,}97$, $\varepsilon = 1$ bo`ladi naycha devorlari juda silliqlanganda esa $m = \varphi$ = 0,995 gacha yetadi. Konoidal naychalar eng katta tezlik va sarf beradi, lekin ularni yasash qiyin bo`lgani uchun amalda juda kam qo`laniladi.

Turli naychalarda suv uchun oqish koeffitsiyentlarining qiymatlari 7-jadvalda keltirilgan. Turli naychalar aktiv turbinalarning soplolarida gidravlik turbinalarning so`ruvchi quvurlarida, fontanlarning soplolarida, brandspoyt, gidromonitorlarda turli suyuqlikni so`ruvchi va sochuvchi va boshqa turli qurilmalarda ishlatiladi.

Naychalar katta idish devoriga emas, balki quvurning uchiga o`rnatilgan bo`lsa, (8.8) va (8.10) fromulalarda kirishdagi tezlik V_1 ni hisobga olish kerak bo`ladi. Bu holda sarf formulasi quyidagicha yoziladi:

$$Q = m\frac{\pi D_n^2}{4}\sqrt{\frac{2gH}{1-\left(\frac{D_n}{D_T}\right)^2}}, \qquad (8.12)$$



8.4-rasm. a - konussimon kengayuvchi naycha, b - konussimon torayuvchi naycha, v - konoidal naycha.

7-jadval.

Har xil shakldagi naychalar va dumaloq teshik uchun siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari.

T №	Naychalar turi va teshiklar	Rasmlar	E	φ	m	ζ
1	Yupqa devordagi dumaloq teshik	77	0,64	0,97	0,62	0,06
2	Tashqi silindrik naycha	78	1	0,82	0,82	0,5
3	Ichki silindrik naycha	79	1	0,71	0,71	1,0
4	Konussimon kengayuvchi naycha $\Theta = 7^0$ bo`lganda	80-а	1	0,45	0,45	3÷4
5	Konussimon torayuvchi naycha $\Theta = 13^0 24``$ bolganda	80-б	0,982	0,963	0,946	0,09
6	Konoidal naycha	80-с	1	0,97	0,97	0,04

bu yerda: D_n va D_t - naycha va quvur diametrlari.

Ba'zi hollarda katta sarf yoki tezlik olish uchun ikki xil naychani ketma-ket qo`yiladi. Masalan, brandspoytlarda quvurning uchiga oxiri silindrik naycha bilan tugaydigan konussimon torayuvchi naycha qo`yiladi.

8.5 Suyuqliklarning teshikdan o`zgaruvchan naporda (bosimda) oqishi

O`zgaruvchan bosimda oqish yoki idishlarning teshikdan yoki naychadan oqish hisobiga bo`shashi masalasini ko`ramiz. Idishning tubida teshik yoki naycha bo`lib, undan suyuqlikning oqish hisobiga bosim kamayib boradi. Natijada oqish tezligi ham kamayib boradi. Shuning uchun bu masala beqaror harakatga misol bo`ladi. Lekin bosim ham, tezlik ham vaqt davomida sekin o`zgargani uchun harakatni qisqa vaqt oraliqlarda barqaror harakatdek ko`rish mumkin. Bu holda masalani yechish uchun Bernulli tenglamasidan foydalansak bo`ladi.

Idishdagi suyuqlikning o`zgaruvchan balandligini *H*, shu balandlikdagi suyuqlik kesimi yuzini $\omega$, teshikning yuzini $\omega_0$ bilan belgilaymiz (8.5 - rasm). Kichik vaqt oralig'i *dt* davomida idishdagi suvning sathi (teshikdan oqish hisobiga) *dH* ga o`zgaradi. Bu vaqt ichida oqib ketgan suyuqlik miqdori idishdagi suyuqlikning kamayishi *Qdt* ga teng, ya'ni

$$\omega dH = -Qdt \tag{8.13}$$

Bu yerda manfiy ishora idishdagi suyuqlikning kamayganini bildiradi. Ko`rilayotgan vaqt oralig'ida (yuqorida aytilganidek) Bernulli tenglamasidan foydalanish mumkin bo`lgani uchun sarf (8.10) formula bilan hisoblanadi. U holda (8.13) quyidagicha yoziladi

$$\omega dH = -m\omega_0\sqrt{2gH}dt\,.$$

oxirgi tenglikdan ko`rinadiki,

$$dt = -\frac{\omega dh}{m\omega_0\sqrt{2gH}}. \tag{8.14}$$

Agar sarf koeffitsiyenti *m* ni idish bo`shashi davomida o`zgarmaydi desak, u holda idishning bo`shash vaqti quyidagicha hisoblanadi

$$t = -\frac{1}{m\omega_0\sqrt{2g}}\int_H^0 \omega\frac{dH}{\sqrt{H}}. \tag{8.15}$$

Vaqt davomida suyuqlik sirti yoki idish kesimi yuzi ω ning sathi *H* ning o`zgarishiga qarab qanday o`zgarishi $\omega = f(H)$ ma'lum bo`lsa, u holda (8.15)

tenglikning o`ng tomonidan integralini hisoblash mumkin. Prizmatik idishlar uchun $\omega = const$ ekanligini nazarda tutib idishning ixtiyoriy sathi suyuqlikdan bo`shash vaqtini hisoblaymiz.

$$t = -\frac{\omega}{m\omega_0\sqrt{2g}}\int_H^0 \omega\frac{dH}{\sqrt{H}}.$$

yoki

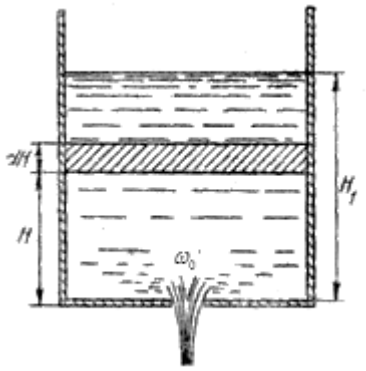
$$t = \frac{2\omega}{m\omega_0\sqrt{2g}}\sqrt{H} = \frac{2\omega H}{m\omega_0\sqrt{2gH}} \qquad (8.16)$$

Idishdagi suyuqlikning dastlabki sathini H_d desak, dastlabki hajm $V_d = \omega H_d$ bo`ladi. U holda idishning dastlabki sathi $H_d$ suyuqlikdan bo`shash vaqti bilan quyidagicha bog`lanadi

$$t = \frac{2\vartheta_\partial}{Q}$$

Bu formuladan ko`rinadiki, o`zgaruvchan bosimda idishning bo`shash vaqti shu bo`shagancha hajmli suyuqlikning o`zgarmas $H_d$ bosimda oqib ketishi uchun ketgan vaqtga qaraganda ikki baravar ko`p ekan. Bunday masalalar benzin baklarning bo`shab borishini hisoblashda kerak bo`ladi. Masalan, (8.15) tenglamadan suyuqlik sathining H_1 dan H_2 gacha o`zgarishi uchun ketgan vaqtni quyidagicha hisoblash mumkin.

$$t = \frac{2\omega}{m\omega_0\sqrt{2g}}\left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}\right). \qquad (8.17)$$



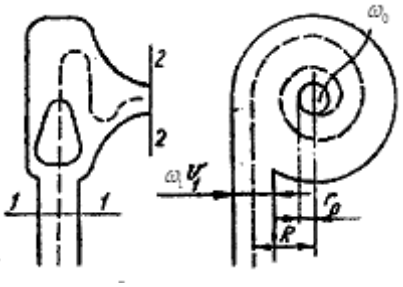
8.5 - rasm. Idishning suyuqlikdan bo`shashiga doir chizma

Shuningdek, o`xshash yopiq idishlarning kichik diametrli teshiklardan oqishi hisobiga bo`shashi masalasini ham ko`rish mumkin. Suyuqlikning bosimi ko`p idishdan bosimi kam idishga o`tishi masalasini ham xuddi shunday ko`rish mumkin.

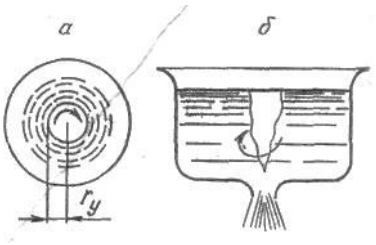
8.6 Oqimcha texnikasi haqida tushuncha

Yuqorida aytib o`tilgandek, oqimchali harakatlar (xususan suyuqliklarning teshik va naychalardan oqishi) texnikaning turli sohalarida qo`llaniladi. Bularga misol sifatida forsunkalar, bosimni boshqaruvchi apparatlar, tashqi zarbani susaytiruvchi qurilmalar, soplolar va boshqalarni ko`rish mumkin. Ulardan ba'zilari haqida qisqacha to`xtalib o`tamiz.

Forsunkalar suyuqlikni changitish, ya'ni suyuqlik atmosferaga (yoki yuqori bosimli gaz bilan to`la fazoga) oqib chiqishi bilan uning oqimchasining mayda zarrachalarga parchalanib ketishini vujudga keltirish uchun ishlatiladigan maxsus naychalardir. Bunday forsunkalar yonish kameralariga yoqilg`ini yuqorida aytilgan usul bilan yetkazib berib, u yerda uning yonishiga yordam beradi. Ularning ishlash printsipi quyidagicha avval suyuqlikning uyurma harakati vujudga keltiriladi, so`ngra esa hosil bo`lgan oqim toraytiriladi (8.6-rasm).



8.6 - rasm. Forsunka kesimining sxemasi.



8.7 - rasm.Forsunka uyurmali oqimchaning hosil bo`lish sxemasi.

Suyuqlik forsunka ichiga urinma bo`yicha kiritilishi natijasida uning harakat miqdori momenti deyarli o`zgarmaydi, ammo oqimning torayishi natijasida aylanma tezlik ortib borib, markazdan qochma kuchning ortishiga sabab bo`ladi. Bu kuch suyuqlikni chiqishida devorga shunday siqadiki, natijada uning yupqa qavati vujudga kelib, forsunkadan chiqishda mayda tomchilarga aylanib ketadi. Bu harakat vaqtida forsunkaning o`qi bo`yicha sirtdagi bosim bir atmosferaga teng havo (gaz) uyurmasi vujudga keladi (8.7 - rasm,a). Bu uyurma idishlarning bo`shashidagi uyurma varonkasi (8.7 - rasm,b) ga o`xshaydi, lekin forsunkada tezkorroq bo`ladi. Forsunkada suyuqlik sarfi formulasi (8.10) quyidagicha yoziladi:

$$Q = m\omega_0\sqrt{2g\frac{p}{\gamma}}$$

bu yerda: p - forsunka ichida suyuqlikning bosimi m - sarf koeffitsiyenti, u maxsus formula bilan topiladi. ω_0 forsunkadan chiqishdagi kesim yuzi. Prof. G.N. Abramovich yaratgan nazariya bo`yicha sarf koeffitsiyenti m forsunkaning o`lchamlari va shakliga bog`liq bo`lib, quyidagicha hisoblanadi:

$$m = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1+\frac{A^2-\varepsilon^2}{1-\varepsilon}}}$$

$$A = \frac{\omega_0 R}{\omega_1 r_0} \qquad (8.18)$$

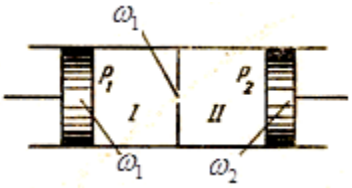
bu yerda:ω_1 - forsunkaga kirishdagi kesim yuzi R - kirishdagi oqimning aylanish radiusi r_0 - chiqishdagi kesim radiusi.

Oqimchaning siqilish ε va tezlik koeffitsiyentlari φ uchun quyidagi formulalari chiqarilgan:

$$\varepsilon = 1 - \frac{r^2 y}{r_0^2} \qquad (8.19)$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{A^2\varepsilon^2}{1-\varepsilon}}}$$

bu yerda: r_y - havo uyurmasining tashqi radiusi.



8.8 - rasm. Drossellarni tushuntirishga oid chizma

Shunday qilib, prof, G.N. Abromovich nazariyasi bo`yicha sarf $Q$ va forsunkadan chiqishdagi o`q bo`yicha tezlik V quyidagicha hisoblanadi

$$Q = \frac{\varepsilon\omega_0}{\sqrt{1+\frac{A^2\varepsilon^2}{1-\varepsilon}}}\sqrt{2gH}. \qquad (8.20)$$

$$\vartheta = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{A^2\varepsilon^2}{1-\varepsilon}}}\sqrt{2gH}\,. \qquad (8.21)$$

Suyuqlik reaktiv dvigatellaridagi forsunkalardan uyurma harakat suyuqlikni urinma bo`yicha keltirish o`rniga, vintli uyurma hosil qiluvchi qurilma yordamida vujudga keltiriladi.

Drossellar va klapanlar (gidrouzatmalarda) bosim ma'lum chegaradan ortib ketganda uni kamaytirish uchun ishlatiladi. Bularning turlari juda ko`p bo`lib, ular to`g`risida maxsus bo`limlarda to`xtalib o`tiladi. Biz quyidagi drosselni soddalashtirilgan shaklda keltiramiz (8.8-rasm). Bu holda bosimlari $p_1$ va $p_2$ bo`lgan bo`limlar teshik (yoki jikler deb ataluvchi tor bo`g`izcha) orqali tutashtirilgan bo`lib, birinchi bo`lmada bosim oshib ketganida suyuqlik ikkinchi bo`lmaga oqib o`tadi. Bu jarayon ikkala bo`lmada bosim tenglashguncha davom etadi. Bunday qurilmalarda suyuqlik tezligi va sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$\vartheta = \varphi\sqrt{2g\Delta p/\gamma} = \varphi\sqrt{2g(H_1 - H_2)} \qquad (8.22)$$

$$Q = m\omega_T\sqrt{2g\Delta p/\gamma} = m\omega_T\sqrt{H_1 - H_2} \qquad (8.23)$$

bu yerda: $\Delta p = p_1 - p_2$; $\omega_т$ - teshikning kesim yuzi; H_1,H_2 – birinchi va ikkinchi kameralardagi bosimlar.

Birinchi bo`lmadan ikkinchi bo`lmaga suyuqlikning oqib o`tish vaqti quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$t = \frac{2\omega_1\omega_2}{m\omega_T(\omega_1+\omega_2)}\left(\sqrt{\frac{p_1}{\gamma}} - \sqrt{\frac{p_2}{\gamma}}\right) = \frac{2\omega_1\omega_2}{m\omega_T(\omega_1+\omega_2)}\left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}\right) \qquad (8.24)$$

bu yerda: ω_1 ,ω_2 - birinchi va ikkinchi bo`lmalarning ko`ndalang yuzi; ω_1 va ω_2 teng bo`lganda $S_1 = S_2 = S$ deb belgilab, (8.24) ni ushbu ko`rinishga keltirish mumkin:

$$t = \frac{\omega}{m\omega_T}\left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}\right).$$

(8.22), (8.23) va (8.24) formulalar gidravlikaga doir adabiyotlarda idishdagi suyuqlikning cho`ktirilgan teshik orqali oqib o`tish masalasi sifatida keltiriladi.

Amaliy mashg’ulotlarga doir ko‘rsatma:

***Masala*:** Yuqoridagi idishdan tushayotgan suv (sarfi $Q = 0,6$ l/s), idish tubidagi teshik orqali ($d = 30 - 15$ mm) pastki idishga tushmoqda va pastki idish tubidagi teshik orqali ($d = 25$ mm) atmosferaga oqib chiqmoqda. Idishlardagi suv naporini (damlarini) aniqlang.

Yechimi: Idishlardagi suv sathi o‘zgarmasligini inobatga olib, har bir idishlardan tushayotgan suv sarfi bir xil bo‘lishini hisobga olib, idishlardagi suv damlarini quyidagicha aniqlaymiz:

$$Q = \mu\omega_1\sqrt{2gH_1};$$
$$Q = \mu\omega_1\sqrt{2gH_2};$$

bu yerdan

$$H_1 = \frac{Q^2}{(\mu\omega_1)^2 2g} = 2,13m;$$
$$H_2 = \frac{Q^2}{(\mu\omega_2)^2 2g} = 0,76m;$$

Mustaqil yechishga doir masalalar

1. Suyuqlik diametri $d = 10$ mm teshik orqali $H = 3$ m dam (napor) ostida atmosferaga oqib chiqmoqda. Teshikdan oqib chiqayotgan suv sarfini aniqlang, agar siqilish, tezlik va qarshilik koeffitsiyentlari quyidagicha bo‘lsa: $\varepsilon = 0,62$; $\varphi = 0,97$ $\xi = 0,06$.

2. Sisternadan diametri $d = 100$ mm bo‘lgan teshikdan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarfini aniqlang. Agar sisterna diametri $D = 250$ mm, sisternaga o‘rnatilgan manometrning ko‘rsatishi $R_m = 0,2$ MPa va manometrning o‘rnatish balandligi $h = 1,3$ m bo‘lsa.

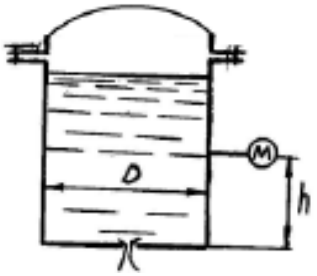
Agar teshikka xuddi shu diametrdagi naycha ulansa suyuqlik sarfi qanday o‘zgaradi? Teshikning qarshilik koeffitsiyenti $\xi = 0,04$

3. To‘g‘on devoriga o‘rnatilgan silindrik naycha orqali $Q = 2,5$ m^3/s sarfni pastki b’efga o‘tkazish kerak. B’eflardagi suyuqliklar sathining farqi $H = 10$ m, naychaning sarf koeffitsiyenti $\mu = 0,82$. Naycha diametrini aniqlang

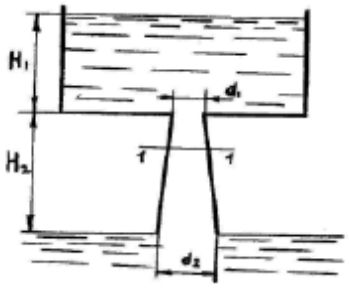
4. Suv yuqori rezervuardan pastki rezervuarga diametrlari $d_1 = 150$ mm va $d_2 = 200$ mm li tesyik va diffuzor orqali oqib o‘tmoqda. Teshik va diffuzorning qarshilik koeffitsiyentlari: $\xi_1 = 0,06$; $\xi_2 = 0,03$.

Agar 1-1 kesimdagi absolyut bosim nolga teng bo‘lib, $H_2 = 1.5$ m bo‘lsa, yuqori rezervuardagi suv sathining balandligi – H_1 nimaga teng bo‘ladi (8.9-rasm)?

5. Eni $b = 2,6$ m li tarnovdagi darvoza tagidan oqib chiqayotgan suv sarfini aniqlang. Darvozaning ko‘tarilish balandligi $a = 0,7$ m yuqori b’efdagi suv dami (napori) $H = 6,0$ m. Siqilish va tezlik koeffitsiyentlari: $\varepsilon = 0,67$; $\varphi = 0,97$ (8.11-rasm)



(8.10 - rasm).



(8.9 - rasm).

8. bo‘yicha nazorat savollari

1. Suyuqlikning yupqa devordagi teshikdan o`zgarmas bosimda oqishi
2. Siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari
3. Suyuqlikning silindrik naychadan oqishi
4. Suyuqliklarning teshikdan o`zgaruvchan bosimda oqishi
5. Oqimcha texnikasi haqida tushuncha

9. QUVURLARNI GIDRAVLIK HISOBLASH

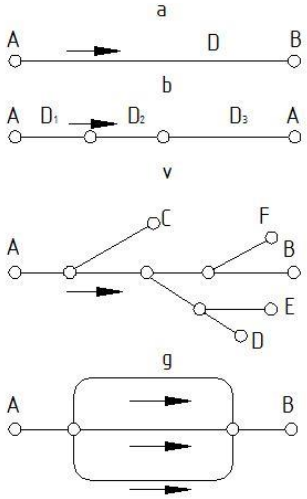
Quvurlarning geometrik o`lchamlari (diametiri,uzunligi) ni ma'lum sarfga moslab hisoblash yoki berilgan bosimda o`lchamlari berilgan quvurlarning sarflarini hisoblash quvurlarni gidravlik hisoblash deyiladi.

Gidravlik hisoblash vaqtida quvurlarning uzunligi yoki hisoblashning gidravlik shartlariga qarab, ular ikki turga bo`linadi: uzun va qisqa quvurlar.

Uncha uzun bo`lmagan va mahalliy qarshiliklari sezilarli bo`lib, umumiy qarshilikning kamida 5 – 10% ni tashkil etadigan quvurlar *qisqa quvurlar* deb ataladi. Bularga misol qilib, nasoslarning so`rish quvurini, benzobakdan karbyuratorga benzin o`tkazuvchi quvurni avtotraktor va boshqa qurilmalar dvigatelarining moy o`tkazuvchi quvurlarini, gidrouzatmalardagi tutashtiruvchi quvurlar va hokazolarni keltirish mumkin.

Ancha uzoq masofaga cho`zilgan va gidravlik qarshiliklarda majmuida asosiy qismni ishqalanish qarshiligi tashkil qilgan quvurlar uzun quvurlar deb ataladi. Bunday quvurlarda mahalliy qarshiliklar alohida hisoblanmaydi va ishqalanish qarshiligining 5 – 10% iga teng deb qabul qilinadi. Bularga vodoprovod quvurlari, neft va gazlarni tarqatuvchi quvurlar va boshqalar misol bo`ladi.

Quvurlar ishlash sxemasiga qarab ikki turga bo`linadi *sodda quvurlar* (9.12 - rasm, a, b); *murakkab quvurlar* (9.12 - rasm v, g). Sodda quvurlar hech qanday tarmoqlarga ega bo`lmagan quvurlardir. Murakkab quvurlar esa bir necha tarmoqlarga ega bo`lgan quvurlardir. Bundan tashqari, quvurlar tupik va yopiq quvurlarga ajraladi. Bir yo`nalishda suyuqlik oqadigan quvurlar tupik quvurlar deyiladi. Suyuqlikning biror va undan ortiq yo`nalish bo`yicha berish mumkin bo`lgan quvurlar yopiq quvurlar deyiladi. Yopiq quvurlar ishonchli bo`lib, uning ayrim qismlari buzilib, tamirlash davomida ham suv ta'minoti to`xtamaydi.



9.12 - rasm.Quvurlarni klassifikasiyalashga doir chizma

Yuqorida aytilganlardan tashqari tranzit sarfli quvurlar ham mavjud bo`lib, ularda suyuqlik yo`l bo`yicha o`zgarmay qolishi yoki tekis taqsimlanib borishi mumkin.

9.1 Sodda quvurni hisoblashning asosiy tenglamasi

Quvurlarni hisoblashda biz yuqorida keltirilgan ishqalanish va mahalliy qarshiliklar uchun chiqarilgan formulalardan foydalanamiz. Shuning uchun biz suyuqlik quvurda qaysi tartibda oqishini ham bilishimiz kerak.

Avvalo o`zgarmas diametrli sodda quvur olamiz. Bunday quvur ketma-ket joylashgan bir qancha to`g`ri quvur bo`laklaridan tashkil topgan deb qarash mumkin. (9.13 - rasm). Bularda bosimning pasayishini barcha qarshiliklarning yig`indisi ko`rinishida hisoblaymiz

$$H = H_{l1} + H_{M_1} + H_{l_2} + H_{M_2} + ... + H_{l_n} + H_{M_n}.$$

Yuqorida keltirilgan formuladan foydalanib quyidagi

$$H = \lambda \frac{l_1}{D}\frac{\vartheta^2}{2g} + \zeta_1 \frac{\vartheta^2}{2g} + \lambda \frac{l_2}{D}\frac{\vartheta^2}{2g} + \zeta_2 \frac{\vartheta^2}{2g} + ... + \lambda \frac{l_n}{D}\frac{\vartheta^2}{2g} + \zeta_n \frac{\vartheta^2}{2g}.$$

munosabatni chiqaramiz. Bu formula bo`yicha bosimning pasayishini hisoblash murakkab va ko`p vaqtni oladi, chunki quvur juda ko`p bo`laklarga ajratilgan bo`lishi mumkin. Oxirgi munosabatda tezlikni sarf orqali ifodalab $\left(\vartheta = \frac{4Q}{\pi D^2}\right)$ va o`xshash hadlarni guruhlab, quyidagini olamiz:

$$H = (l_1 + l_2 + ... + l_n)\frac{\lambda}{D}\frac{\vartheta^2}{2g} + (\zeta_1 + \zeta_2 + ... + \zeta_n)\frac{\vartheta^2}{2g} = \lambda \frac{\sum l_i}{D}\frac{\vartheta^2}{2g} +$$

$$\sum \zeta_i \frac{\vartheta^2}{2g} + \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5}\sum l_i Q^2 + \frac{8}{g\pi^2 D^4}\sum \zeta_i Q^2$$

Yoki

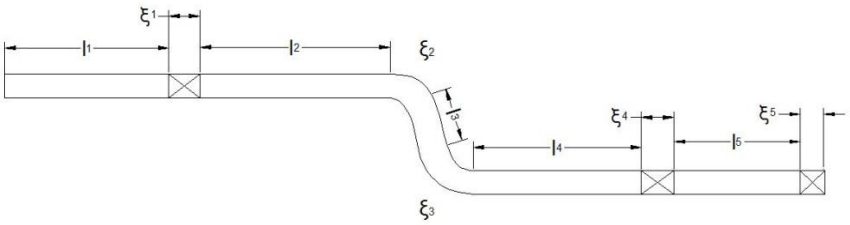
$$H = \left(\frac{8\lambda}{g\pi^2 D_5}\sum l + \frac{8}{g\pi^2 D_4}\sum {}_i\right)Q^2.$$

Qavs ichidagi miqdorni *a* bilan belgilasak, u holda

$$H = \alpha Q^2. \qquad (9.2)$$

O`lchov birligi $s^2\backslash m^5$ bo`lgan *a* miqdor quvurning solishtirma qarshiligi deb ataladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5}\sum l_i + \frac{8}{g\pi^2 D^4}\sum \zeta_i \qquad (9.3)$$



9.13 - rasm. Sodda quvurning sxemasi.

α miqdor quvurning uzunligi, diametri, mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlariga bog`liq bo`lib, kvadrat qarshilik sohasida o`zgarmas bo`ladi.

(9.3) dagi birinchi hadning yig`indi oldidagi miqdorini

$$\frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} = A_e \frac{c^2}{m^6}$$

ko`rinishda, ikkinchi hadning yig`indi oldidagi miqdorni

$$\frac{8\lambda}{g\pi^2 D^4} = A_m \frac{c^2}{m^5}$$

ko`rinishda belgilaymiz va ularni o`zaro quyidagicha aytamiz A_l – solishtirma ishqalanish qarshiligi (ya'ni 1 m quvurning ishqalanish qarshiligi) va A_{m} – solishtirma mahalliy qarshilik (quvurning shakli o`zgargan qismining $\zeta$ = 1 bo`lgandagi qarshiligi).

U holda

$$\alpha = A_e \sum l_i + A_m \sum \zeta_i$$

Bu yerda A_l va A_{m} – umumlashgan parametrlar bo`lib, quvurlarni hisoblashda maxsus jadvallardan olinadi.

Bazi umumlashgan parametrlar bir oz boshqacharoq ko`rinishda olinadi. Bu holda mahalliy qarshilikni ekvivalent uzunlik bilan almashtirsak

$$H = \lambda \frac{l + l_{ekv}}{D} \frac{\vartheta^2}{2g} = \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5}(l + l_{ekv})Q^2$$

hosil bo`ladi. Oxirgi tenglikka

$$A = \sqrt{\frac{g\pi^2 D^5}{8\lambda}}$$

belgilashni kiritamiz va uni quvurning sarf xarakteristikasi deb ataymiz. U holda

$$H = \frac{l + l_{ekv}}{A^2} Q^2 \qquad (9.4)$$

Bu belgilashdan ko`rinib turibdiki

$$A^2 = \frac{1}{A_e}.$$

A^2 ning turli hollardagi miqdori ham A_l va A_m kabi jadvallardan olinadi.

Yuqorida ko`rganimizdek $\frac{H}{l} = J$ ekanligini hisobga olsak, (9.4) dan prof. B.A.Baxmetov formulasini olamiz

$$Q = A\sqrt{J}$$

Uzun quvurlar uchun bosimning pasayishi osonroq hisoblanadi va ushbu ko`rinishda yoziladi:

$$H = A_e L Q^2 \text{ yoki } H = \frac{1}{A^2} Q^2.$$

Ko`p hollarda quvurlarni hisoblash formulasi quyidagi ko`rinishda ifodalanadi:

$$Q = K\sqrt{H} \qquad (9.5)$$

va K ni sarf koeffitsiyenti deb ataladi.

(9.5) va (9.4) bilan solishtirsak, sarf koeffitsiyenti uchun ushbu munosabatni olamiz:

$$K = \frac{A}{\sqrt{l + l_{ekv}}} \tag{9.6}$$

uzun quvurlar uchun esa

$$K = \frac{A}{\sqrt{L}} \tag{9.7}$$

(9.5) formulani boshqacha ham yozish mumkin:

$$H = \frac{1}{K^2} Q^2 \tag{9.8}$$

bu holda $\frac{1}{K^2} = \alpha$ bo`ladi. Suyuqlik kvadratik qonunga bo`ysunganda λ va ζ Reynolds soniga bog`liq bo`lmagani uchun yuqorida aytganimizdek K^2 va A_v lar uchun quvurning diametri va g`adir-budirligiga qarab jadval ko`rinishida ifodalanadi, A_m esa bu jadvalda faqat diametrga bog`liq.

Laminar soha uchun yuqoridagi formulalardagi quvurning qarshiligi α va qarshilik koeffitsiyenti K (9.3) formula yordamida hisoblab topiladi. Bunda λ Puazeyl formulasi bo`yicha hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}$$

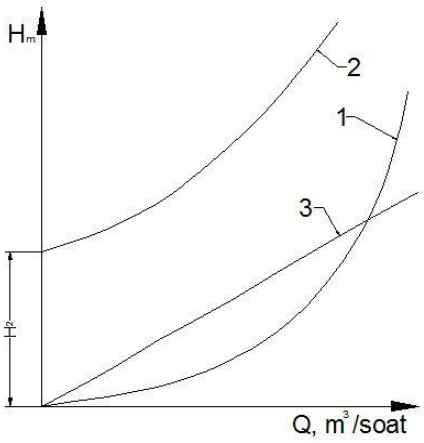
8 - jadval.

Quvurlarni hisoblash uchun umumlashgan parametrlar (kvadratik qarshilikqonuni uchun)

Quvurning ichki diametri, D, mm	Quvurning absolyut g`adir-budurligi						
	Δ = 0,2 mm		Δ = 0,5 mmm		Δ = 1,0 mmm		$A_m \frac{c^2}{m^6}$
	$K^2 \frac{m^5}{c^2}$	$A_e \frac{c^2}{m^6}$	$K^2 \frac{m^5}{c^2}$	$A_e \frac{c^2}{m^6}$	$K^2 \frac{m^5}{c^2}$	$A_l \frac{c^2}{m^6}$	
50	0,000132	7570	0,000100	10000	0,0000776	12900	13200
75	0,00113	886	0,000863	1160	0,000686	1460	2610
100	0,00516	194	0,00397	252	0,00319	313	826
125	0,0160	62,6	0,0125	800	0,0105	95,2	338
150	0,0434	23,1	0,0341	29,3	0,0276	36,2	163
200	0,197	5,08	0,155	6,45	0,128	7,81	51,5
250	0,643	1,58	0,504	1,98	0,416	2,40	21,1
300	1,65	0,607	1,41	0,709	1,09	0,917	10,2
400	7,41	0,135	5,98	0,167	4,97	0,201	3,23
500	23,7	0,0422	19,3	0,0518	16,1	0,0620	1,32

Kvadratgacha bulgan sohada esa λ (silliq quvurlar uchun) Blazius formulasi bo`yicha hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{0{,}3164}{\mathrm{Re}^{0{,}25}}$$



9.14 - rasm.Quvurning xarakteristikasi.

Quvurlarni hisoblashni osonlashtirish uchun (9.2) yoki (9.5) formula bo`yicha jadval tuzib olish mumkin. U holda bosim pasayishining turli qiymatlariga tegishli sarf miqdorlarini shu jadvaldan olish mumkin bo`ladi.

(9.2) tenglama (9.5) bilan birgalikda sodda quvurni hisoblashning asosiy tenglamasi deyiladi. Bu tenglama bosim va sarf orasidagi bog`lanishni grafik ko`rinishda ifodalashga imkon beradi. Ko`rinib turibdiki, bu grafik koordinatalar boshidan o`tuvchi kvadratik parabola ko`rinishida ifodalanadi (9.14-rasm, 1 grafik). Agar quvurning hisoblash tekisligidan qancha balandda joylashgan $H_g$ ni hisobga olsak, u holda $H$ va $Q$ o`rtasidagi munosabat koordinatalar boshidan H_g balandlikda joylashadi (9.14-rasm, 2 grafik). U holda umumiy bosim H va H_g ning yig`indisidan iborat bo`ladi:

$$H_y = H_g + H = H_g + \alpha Q^2 \qquad (9.9)$$

Harakat laminar bo`lsa, u holda $H$ grafigi to`g`ri chiziqqa aylanadi (8.14 - rasm, 3 grafik).

H - Q grafigi yordamida berilgan bosim uchun sarfni topish mumkin. Buning uchun ordinata o`qidan berilgan bosimga tegishli kesmani olib, uning uchidan abstsissa o`qiga parallel chiziq o`tkazamiz. Bu chiziqning xarakteristikasi bilan kesishgan nuqtasidan abstsissa o`qiga tushirilgan perpendikulyar undan quvurda berilgan bosimda sarfning miqdoriga to`g`ri keladigan kesma ajratadi. Agar quvurdan o`tishi kerak bo`lgan sarf ma'lum bo`lib, bosimni topish kerak bo`lsa, sarfni topish uchun qo`llangan usulni teskari tartibda bajaramiz.

9.2 Quvurning iqtisodiy tejamli diametrini topish haqida tushuncha

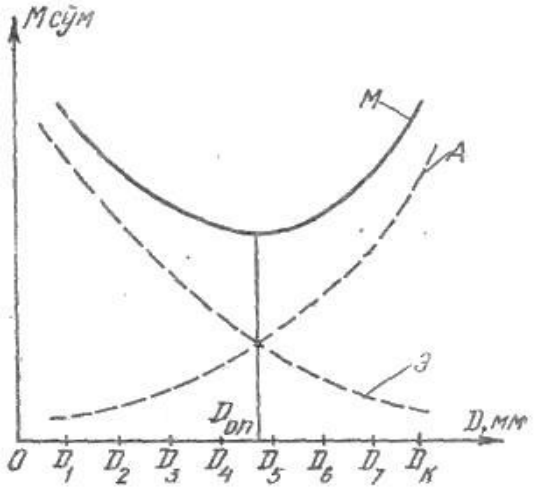
Quvurlar sistemasini loyihalashda berilgan uzunlikdagi quvurdan suyuqlikni oqizib, berilgan sarfni olish uchun kerak bo`lgan bosimni hisoblash masalasi muhim o`rin tutadi. Quvurning asosiy tenglamasidan ko`rinadiki, berilgan uzunlik va sarfga diametr ortishi bilan qarshilik koeffitsiyenti kamayib boradi, demak, shu sarfni ta'minlovchi bosim ham kamayadi. Bu o`z navbatida suvni quvurdan oqizish uchun sarf bo`ladigan energiyaning kamayishiga olib keladi, ya'ni suyuqlikni quvurdan haydovchi nasos kamroq elektroenergiyasi sarflaydi. Ikkinchidan, quvur diametrining ortishi unga sarf bo`ladigan kapital mablag`ning ortishiga olib keladi (diametri katta quvurga ko`proq metal sarf bo`ladi). Shunday qilib, quvurning eng

qulay diametrini tanlash masalasi texnik-iqtisodiy hisoblash,ya'ni quvurlar sistemasini yaratishga sarf bo`ladigan mablag` (quvurlar, nasos stansiyasi va h.) ning qiymati va undan foydalanishdagi harajatlar (elektr energiyasi, odamlar xizmati va h.) qiymatini solishtirish yo`li bilan hal qilinadi.

Bu masala xususiy holda shunday hal qilinadi: quvurlarning standart diametrlarini hisobga olgan holda diametrning turli variantlari uchun butun sistemaning (uning o`z harajatini o`zi qoplashini vaqtini nazarga olib) bir yillik qiymati (amortizatsiyaga bo`ladigan harajat) *A* hisoblanadi. So`ngra quvur diametrining har bir varianti uchun uni foydalanishiga sarf bo`lgan harajat *M* ni hisoblab chiqiladi, bunga elektr energiya, odamlarni ishlatish, doimiy harajatlar va hokazolar kiradi. Quvurning yillik harajati *M* amortizatsiya *A* ekspluatatsiya *E* harajatlarning yig`indisiga teng. Quvurning yillik harajatining minimal qiymatiga to`g`ri kelgan diametri eng tejamli diametr D_{op} bo`ladi.

9.15-rasmda $A= f_1(D), E= f_2(D)$ *va* $M= f_3(D)$ larning grafigini chizish yo`li bilan $D_{op}$ ni topish yo`li ko`rsatilgan. Agar $D_{op}$ ikki standart diametri orasiga to`g`ri kelib qolsa, tegishli diametr uchun $D_{op}$ ga eng yaqin standart diametr (iloji bo`lsa ikki diametrning kichigi) olinadi. (9.15 - rasmda eng tejamli diametr uchun D_5 ni olish kerak).Quvurning diametri *D* topilgandan keyin, *Q* va *l* ma'lum bo`lgan holda bosimni topish qiyin emas. Yuqorida ko`rsatilgan usul juda murakkab va qiyin bo`lgani uchun undan odatda katta va murakkab quvur sistemalarini loyihalashda foydalaniladi.Odatdagi hisoblashlarda ko`rilayotgan quvurga o`xshash quvurlar uchun juda ko`p texnik-iqtisodiy hisoblar davomida aniqlangan optimal tezlik ϑ_{opt} yoki optimal qiyalik l_{opt} ning qiymatini berish yo`li bilan aniqlanadi.Suyuqlikning sarfini *Q* va *V* ma'lum bo`lgan holda diametrini topish qiyin emas.

$$Q = \vartheta_{opt} \frac{\pi D^2}{4} \tag{9.10}$$



9.15 - rasm.Tejamli qulay diametrni hisoblashga oid chizma.

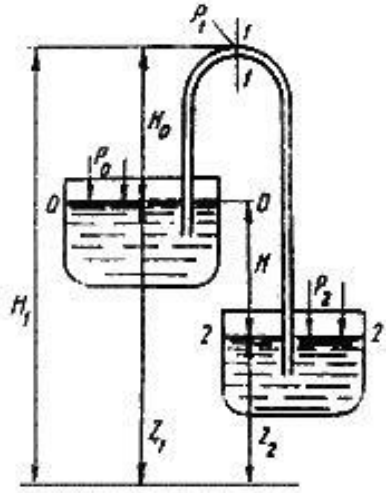
bundan

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_{opt}}} \tag{9.11}$$

Ba'zi hollarda taqribiy hisoblash uchun sodda formulardan ham foydalanish mumkin. Quvurdagi bosimning katta-kichikligiga qarab turli materiallardan qilingan quvurlar ishlatish mumkin. Masalan,bosim 1 MH/m^2 gacha bo`lganda vodoprovod quvurlari uchun cho`yan quvurlar, katta bosimlar uchun esa po`lat quvurlardan foydalaniladi. Bundan shuni hisobga olish kerakki, GOST da cho`yan quvur uchun ichki diametr, po`lat quvur uchun esa tashqi diametr qabul qilingan.

9.3 Sifon quvur

Bir qismi suyuqlik bilan ta'minlovchi idishdan yuqorida joylashgan sodda quvur sifon quvur deb ataladi (9.16-rasm). Sifonni sodalashtirib ikki (ta'minlovchi va qabul qiluvchi) idishlarni tutashtiruvschi *U* ko`rinishdagi quvur sifatida tasvirlash mumkin. Bu holda uning egilgan qismi idishlardagi suyuqli sathlaridan *H* balanlikda bo`lib, undagi suyuqlik idishdagi suyuqliklar sathlarining farqi *H* hisobiga oqib turadi. Shuni aytish keraki, suyuqlik sifonda avval birinchi idish sathidan *H* balandlikka ko`tarilib, so`ngra ikkinchi idishga tushadi. Bunday quvurning o`ziga xos xususiyati shundaki, unda bosim ko`tariluvchi qismida ham, pastga tushuvchi qismida ham atmosfera bosimidan pastdir. Sifon quvurlardan asosan neft mahsulotlarini sisternalardan quyib olish, suv sig`imlarini bo`shatish, do`nglik yerlarda vodoprovod o`tkazish va hokazolardan foydalaniladi. Suv ta'minotida ba'zan maxsus sifonlar ishlatiladi. Sifon ishlay boshlashi uchun avval uni suyuqlik bilan to`ldirish kerak. Sifon sifatida kichik o`lchamli shlanglar ishlatilsa, uni to`ldirish oson bo`lib, bu suyuqlikka botirish yoki pastki uchidan havoni so`rib olish yo`li bilan amalga oshiriladi. Agar sifon mahkamlangan metall quvurdan iborat bo`lsa, uning yuqori nuqtasida havoni so`rib olish uchun maxsus jo`mrak o`rnatiladi.



9.16 - rasm. Sifon quvur.

Havoni nasoslar yoki ejektorlar yordamida so`rib olish mumkin. Sifonlarni hisoblash boshqa quvurlarni hisoblashdan farq qilmaydi. Masalan, sifonning ikkita kesimi uchun Bernuli tenglamasini yoziladi. Bu kesmalar 0-0 va 2-2 bo`lsa, u holda

$$z_1 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{\vartheta_0^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\vartheta_2^2}{2g} + h_{0-2} \qquad (9.12)$$

bo`ladi. $p_0 = p_2 = p$ atm , va $\vartheta_1 = \vartheta_2 = 0$ deb hisoblasak, bu tenglama quyidagicha yoziladi:

$$z_1 = z_2 + h_{0-2} \qquad (9.13)$$

yoki z_1 - z_2 = H ekanligini nazarga olib, h_{0-2} qarshilikni hisoblash uchun esa ishqalanish va mahalliy qarshiliklar formulasidan foydalanib, oxirgi tenglamani ushbu ko`rinishga keltiramiz:

$$H = \alpha Q^2 \qquad (9.14)$$

Shunday qilib, sifonlarda sarf oddiy quvurlardagidek qarshilik va sathlar farqi orqali aniqlanadi. Uning ko`tarilishi balandligi $H_0$ esa sarfga ta'sir qilmaydi. Lekin bu qonun $H_0$ ning ma'lum chegarasigacha bo`ladi. H_0 ning ortib borishi bilan sifonning yuqoridagi *1-1* kesimida absolyut bosim p_1 kamayib boradi. Bu bosim to`yingan bug` bosimiga tenglashishi bilan kavitatsiya boshlanadi. Bu avval sarfning kamayishiga so`ngra, bug`larning to`planishiga (bug' tiqini hosil bo`lishiga) va suyuqlik oqimining to`xtashiga olib keladi. Shuning uchun sifonlarni hisoblashda va qurishda uning yuqori nuqtasidagi bosim $p_1$ juda kamayib ketmasligini nazarda tutish kerak. Agar sifonning sarfi, uning o`lchamlari ma'lum bo`lsa, absolyut bosim p_1 ni hisoblash mumkin. Buning uchun *0-0* va *1-1* kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\vartheta_0^2}{2g} = H_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\vartheta_1^2}{2g} + h_{0-1} \qquad (9.15)$$

Agar tezliklar kichikligi uchun ularni nolga tenglasak:

$$\frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} - H_1 - h_{0-1} \qquad (9.16)$$

bo`ladi. Bosimning mumkin bo`lgan minimum qiymati ma'lum bo`lsa, $p_1$ ni unga tenglashtirib oxirgi tenglamadan $H_1$ ni oshirish uchun yana bir usulni qo`llash mumkin. Buning uchun sifonning pastga ketgan uchida mahalliy qarshiliklar (eshikcha va h.) yordamida umumiy qarshilikni oshirish kerak. Bu holda albatta sarf kamayadi.

9.4 Quvurlarni ketma-ket va parallel ulash

Ketma-ket va parallel ulangan quvurlarni hisoblash sodda quvurlarni hisoblashga qaraganda murakkab bo`lib, u qaysi tartibda ulanganiga bog`liq. Shuning uchun bu ikki ulash usulini alohida ko`rib chiqamiz.

Ketma-ket ulash. Bir necha har xil diametrli quvurlardan tashkil topgan quvurni ko`ramiz. Ular ketma-ket ulangan bo`lib, qarshiliklari a_1, a_2, a_3,….., a_n, uzunliklari L_1, L_2,….,L_n bo`lsin (9.17-rasm).

Bu quvurlarning har birida sarflar teng bo`lishi uzilmaslik tenglamasidan ko`rinadi. U holda quvurlardagi bosimning kamayishi (9.2) ga asosan aniqlanadi.

$$H_1 = \alpha_1 Q^2$$
$$H_2 = \alpha_2 Q^2$$
.....
.....
.....
$$H_n = \alpha_n Q^2$$

Ko`rilayotgan quvurda esa qarshiliklarni qo`shish printsipiga asosan quyidagicha hisoblanadi.

$$H = H_1 + H_2 + ... = H_n = (\alpha_1 + \alpha_2 + ... + \alpha_n)Q^2. \qquad (9.16)$$

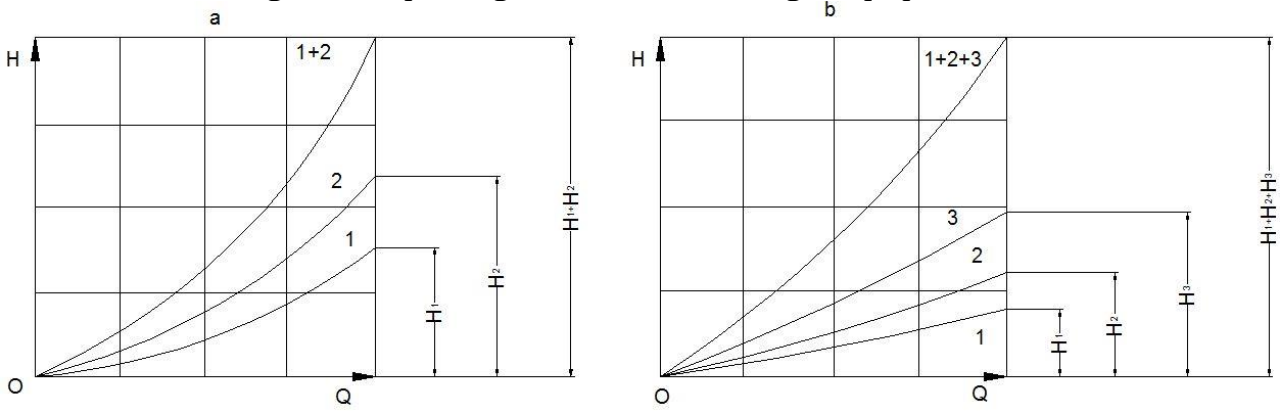
Shunday qilib, quvurlar ketma-ket ulanganda umumiy qarshilik xususiy qarshiliklar yig`indisidan iborat.

$$\alpha = \sum_1^n \alpha_n \qquad (9.17)$$

Bu ikki (9.16) va (9.17) tenglama quvurlarni ketma-ket ulashda xarakteristika tuzish uchun asos bo`ladi.

Avval ketma-ket ulangan ikkita quvurni ko`ramiz. Bu quvurlarning xarakteristikalari 9.18 - rasm, *a* da *1* va *2* grafiklar orqali ifodalangan. Ikki quvurning xarakteristikasini tuzish uchun (9.16) tenglamaga asosan bir xil sarfda ikki quvurdagi bosim kamayishlarini qo`shamiz, ya'ni bir xil abstsissalarda ikkala egri chiziqning ordinatalarini qo`shamiz.

Ketma-ket ulangan uchta quvurning umumiy xarakteristikasini tuzish uchun avval 1,2,3 quvurlarning xarakteristikasini tuzib olamiz (9.18-rasm, b). So`ngra bir xil abstsissada ularning ordinatalarini qo`shib,bir chiziq bilan tutashtiramiz *n* ta ketma-ket ulangan quvurning umumiy xarakteristikasini tuzish ham shu usulda bajariladi. Ko`rilayotgan holda kirishdagi va chiqishdagi tezlik bosimlari har xil bo`lgani sababli, quvur uchun talab qilinadigan bosim formulasida (9.9) dan farqli ravishda, kirishdagi va chiqishdagi tezlik damlarining farqi qatnashadi:



9.18 - rasm. Ketma-ket ulangan quvurlarning xarakteristikasi

$$H = z_A - z_B + \frac{\alpha_A \vartheta_A^2 - \alpha_B \vartheta_B^2}{2g} + \sum H_n + \frac{p_B}{\gamma} = H_g + cQ^2 + \alpha Q^2 \qquad (9.18)$$

bu yerda:

$$c = \frac{1}{2g}\left(\frac{\alpha_A}{\omega_A^2} - \omega\frac{\alpha B}{\omega_B^2}\right),$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i,$$

$$H_g = z_A - z_B + \frac{p_B}{\gamma}$$

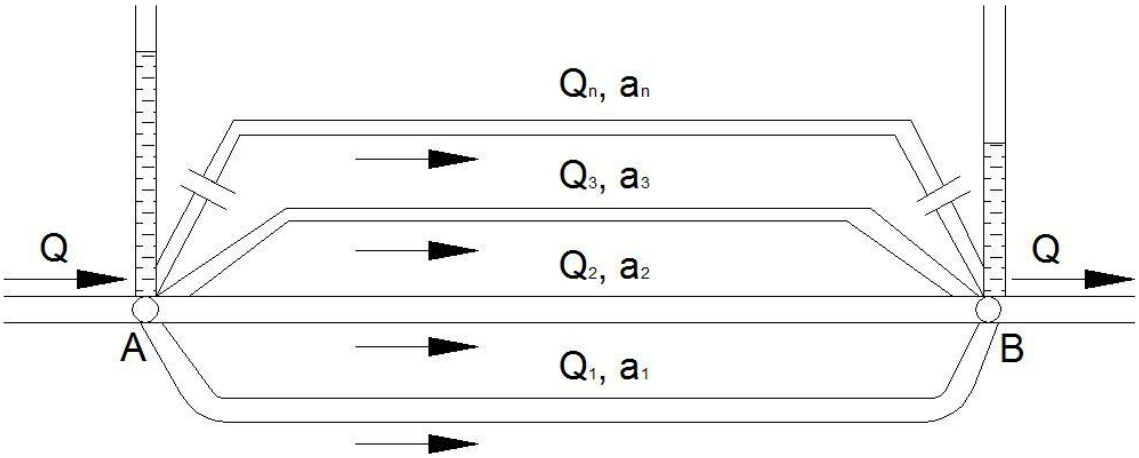
ω_A, ω_B - kirish va chiqishdagi kesim yuzalari.

Parallel ulash. Endi bir qancha parallel ulangan sodda quvurlardan tashkil topgan murakkab quvurni ko`ramiz (8.19-rasm). Sodda quvurlarning sarflari $Q_1$, $Q_2$, $Q_3$, ……,$Q_n$, qarshiliklari $a_1$, $a_2$ $a_3$,.....,$a_n$ bo`lsin. Umumiy sxemadan ko`rinib turbdiki, murakkab quvurning sarfi sodda quvurlar sarflarining yig`indisiga teng.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + ... + Q_n = \sum Q_n. \qquad (9.19)$$

Har bir sodda quvurdagi bosimning kamayishi ham, murakkab quvurdagi bosimning kamayishi ham A va B nuqtalardagi to`la bosimlarning ayirmasiga teng:

$$H_A - H_B = H_1 = H_2 = H_3 = ... = H_n = H. \qquad (9.20)$$



9.19 - rasm.Quvurlarni parallel ulash.

Har bir quvurdagi bosimning kamayishi (9.2) ga asosan quyidagicha aniqlanadi:

$$H_1 = \alpha_1 Q_1^2$$

$$H_2 = \alpha_2 Q_2^2$$

.....

.....

.....

$$H_n = \alpha_n Q_n^2$$

Bulardan sarflarni topib, (9.19) ga qo`yamiz:

$$Q = \frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{\sqrt{H_3}}{\sqrt{\alpha_3}} + ... + \frac{\sqrt{H_n}}{\sqrt{\alpha_n}}. \qquad (9.21)$$

va (9.20) dan foydalanib, quyidagi munosabatni olamiz:

$$Q = \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_3}} + ... + \frac{1}{\sqrt{\alpha_n}} \right) \sqrt{H}. \qquad (9.22.)$$

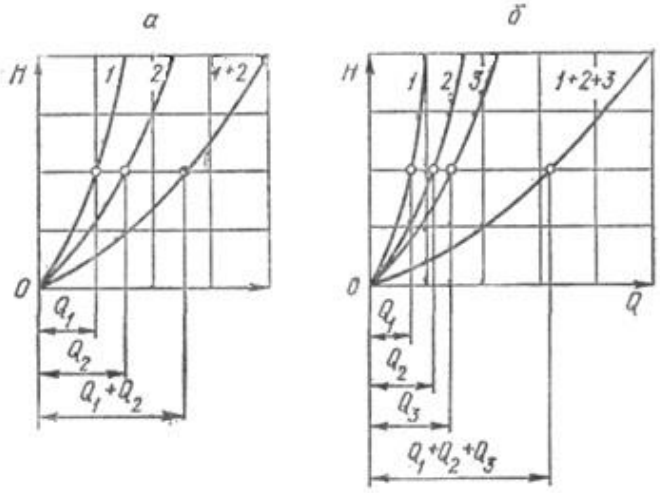
Bu tenglikdan murakkab quvur uchun bosim kamayishi tenglamasini chiqaramiz:

$$H = \frac{Q}{\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_3}} + ... + \frac{1}{\sqrt{\alpha_n}}\right)^2}. \qquad (9.23)$$

Shunday qilib, parallel ulangan murakkab quvurning qarshiligi uchun quyidagi formulani olamiz:

$$\alpha = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\sqrt{\alpha_i}}\right)^2}. \qquad (9.24)$$

Parallel ulangan quvurning xarakteristikasini tuzish uchun (9.19) va (9.20) tenglamalardan foydalanamiz. Avval ikki parallel quvurdan iborat murakkab quvurni ko`ramiz (9.20 - rasm, a) Parallel quvurlarning xarakteristikalari *1* va *2* grafiklar ko`rinishida ifodalangan. Murakkab quvurning xarakteristikasini hosil qilish uchun (9.20) ga asosan bosimning biror qiymatida birinchi va ikkinchi quvurlarda sarflarni qo`shamiz, ya'ni ordinata o`qining biror qiymatida *1* va *2* ga to`g`ri kelgan abstsissa o`qining kesimlarini qo`shamiz. Bu ishni bosimning barcha qiymatlari uchun bajarib, murakkab quvur uchun xarakteristika hosil qilamiz. Uchta parallel quvurdan tashkil topgan murakkab quvurning xarakteristikasi ham *1, 2, 3* quvurlarning xarakteristikalarini tuzishdan boshlanadi.



9.20 - rasm. Parallel ulangan quvurlarning xarakteristikasi.

Bu holda ham bir xil bosimda *1* quvurning sarfiga avval *2* quvur sarfini, so`ng *3* quvur sarfini qo`shish yo`li bilan murakkab quvurning xarakteristikasini tuzamiz. n ta parallel quvurdan tuzilgan murakkab quvurning xarakteristikasi ham xuddi shu usulda hosil qilinadi.

9.5 Murakkab quvurlar

Murakkab quvurlar quvurlar xilma-xil usullarda tutashtirilgan bo`b, ular ketma-ket, parallel ulangan va tarmoqlarga ajralgan bo`laklardan tashkil topgan bo`ladi. Biz yuqorida ketma-ket va parallel ulangan quvurlardan tashkil topgan bo`laklarni ko`rdik. Endi quvurning tarmoqlangan bo`lagini ko`ramiz. Asosiy quvur A nuqtadan uchta *1, 2, 3* tarmoqlarga ajralsin (9.21 - rasm). Ularning oxirgi

nuqtalarining balandliklari z_1, z_2, z_3, bosimlari p_1, p_2, p_3, sarflari Q_1, Q_2, Q_3 bo`lsin U holda bu sarflarning yig`indisi asosiy quvurdagi sarfga to`g`ri keladi:

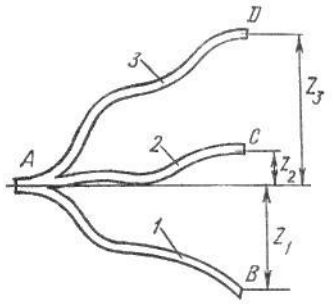
$$Q = Q_1+Q_2+Q_3$$

Har bir tarmoq uchun Bernulli tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{p_A}{\gamma} = z + \frac{p_1}{\gamma} + H_1$$

$$\frac{p_A}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + H_2$$

$$\frac{p_A}{\gamma} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + H_3$$



9.21 - rasm.Quvurlarning tarmoqlarga bo`linishi.

Bu tengliklarda p_1, p_2, p_3, larni atmosfera bosimiga teng deymiz va $\frac{p_A}{\gamma} = H_A$ ekanini hisobga olib hamda *1, 2, 3* quvurlar uchun (9.2) formuladan foydalanib, quyidagilarni yozamiz:

$$H_A = z_1 + \alpha_1 Q_1^2;\ \ H_A = z_2 + \alpha_2 Q_2^2;\ \ H_A = z_3 + \alpha_3 Q_3^2 \qquad (9.25)$$

Yoki $H_A - z_1 = H_1$ ekanligini hisobga olib va z_2 - z_1 = $z_{1\text{-}2}$, z_3 - z_1 = $z_{1\text{-}3}$ belgilashlarni kiritib, oxirgi tengliklarni o`zgartiramiz:

$$H_1 = \alpha_1 Q_1^2;\ \ H_1 - z_{1-2} = \alpha_2 Q_2^2;\ \ H_1 - z_{1-3} = \alpha_3 Q_3^2 \qquad (9.26)$$

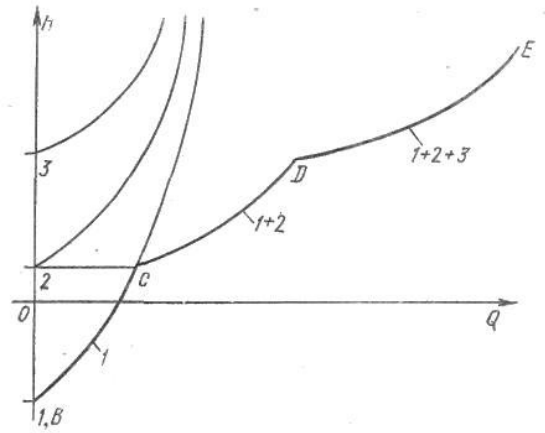
Bu tenglamalardan 1, 2, 3 quvurlardagi sarflarni topib va qo`shib umumiy harjni topamiz:

$$Q = \left(\frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{\sqrt{H_1 - z_{1-2}}}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{\sqrt{H_1 - z_{1-3}}}{\sqrt{\alpha_3}} \right) \qquad (9.27)$$

yoki

$$Q = \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{\sqrt{1 - z'_{1-2}}}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{\sqrt{1 - z'_{1-3}}}{\sqrt{\alpha_3}} \right) H_1 \qquad (9.28)$$

bu yerda: $z'_{1-2}=\frac{z_{1-2}}{H_1}, z'_{1-3}=\frac{z_{1-3}}{H_1}$ bo`lib, ular uchun $z'_{1-2}<1$, $z'_{1-3}<1$tengsizliklar o`rinlidir. Agar uchala quvurning ham ikkinchi uchi bir xil balandlikda bo`lsa ($z_1 = z_2 = z_3$), u holda $z'_{1-2} = 0$; $z'_{1-3} = 0$ va $H_1$, $H_2$, $H_3$ lar teng bo`ladi hamda sarf uchun quvurlar parallel ulangan hol uchun chiqarilgan munosabatini olamiz. Endi yuqorida keltirilgan formulalarga asosan tarmoqlangan quvur uchun xarakteristika hosil qilish mumkin (9.22 - rasm). Buning uchun ularning xarakteristikalarini quvurlarni parallel ulash dagi kabi qo`shamiz.



9.22 - rasm.Tarmoqlarga bo`lingan quvurning xarakteristikasi.

Natijada 9.22-rasmda tasvirlangandek siniq egri chiziq *BSDE* ni olamiz. Bu chiziq tarmoqlangan quvur uchun xarakteristika bo`lib, u *2* va *BSDE* ni olamiz. Bu chiziq tarmoqlangan quvur uchun xarakteristika bo`lib, u *2* va *3* quvurlarning ikkinchi uchi balandligida *C* va *D* nuqtalarda sinadi. Agar suyuqlik *A* nuqtadan *B, C, D* nuqtalarga qarab emas, teskari yo`nalishda oqsa unda *1, 2, 3* quvurlarning xarakteristikalari (sarflar $Q_1$, $Q_2$, $Q_3$ manfiy bo`lgani uchun) *H* o`qining chap tomonida (ya'ni *Q* o`qining manfiy yo`nalishida) qo`shiladi. Bordiyu, bu quvurlarning ba'zilaridan oqim o`nga, boshqalarida chapga bo`lganda ham o‘nga oqayotgan suyuqlik uchun xarakteristika H o‘qidan o‘ngga chapga oqayotganlari uchun esa xarakteristika chapga quriladi va so`ng qo`shiladi.

Quvur sistemasi bir qancha qismlardan iborat bo`lib, ular ketma-ket va parallel ulangan quvurlardan tashkil topgan bo`lsa, u holda bu qismlarning har biriga ketma-ket va parallel ulash qoidalarini qo`llab, xarakteristikalarni yoki tenglamalarni tuzib olamiz. So`ngra bu qismlarning har birini ayrim quvur sifatida qarab va parallel yoki ketma-ket ulash qoidasidan foydalanib sistema uchun xarakteristika yoki tenglama tuzamiz. Bu qoidaga asosan har qanday murakkab quvurlar sistemasini hisoblash mumkin.

9.6 Nasosdan ta'minlanuvchi quvur

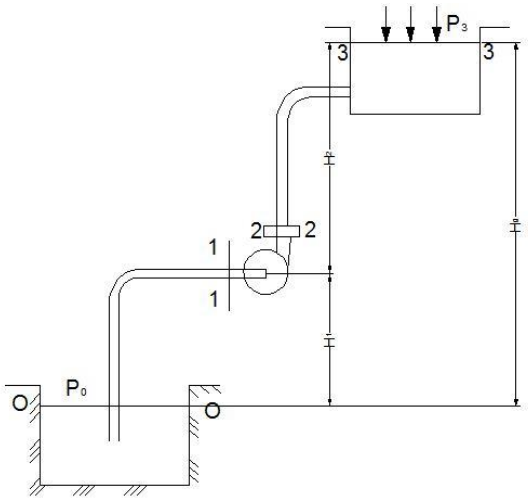
Yuqorida biz turli usulda ulangan quvurlar sistemasini ko`rdik, biroq ularning suv bilan ta'minlanishi qanday amalga oshirilishi haqida to`xtalib o`tmadik. Bunday hol balandlikka o`rnatilgan katta idishdan ta'minlanuvchi quvurlar sistemasi uchun yoki nasosdan ta'minlanuvchi sistemalarning qismlari

uchun o`rinli. Sanoat va qishloq xo`jaligida quvurlarni nasos orqali ta'minlash hollari ko`p uchrab turadi. Bu holda quvurlar sistemasidagi bosim ustiga nasos hosil qilgan bosimni ham qo`shish kerak bo`ladi. Shu maqsadda nasosdan ta'minlanuvchi sodda quvurlarni (9.23 - rasm) ko`ramiz.

Nasos pastki idishdan p_0 bosimli suyuqlikni so`rib, yuqoridagi $p_1$ bosimli idishga chiqarib bersin. Nasos o`qining pastki sathdan balandligi H_1 geometrik so`rish balandligi deyiladi va bu balandlikkacha suyuqlik harakat qilayotgan quvur so`rish quvuri deyiladi. Suyuqlikning yuqori sathining balandligi H_2 zo`riqish geometrik balandligi deyiladi va suyuqlikni bu balandlikka ko`tarishda qatnashuvchi quvur haydash (nagnetatelnaya ili napornaya) quvuri deyiladi.

So`rish quvuri uchun (*0 – 0* va *1 – 1* kesimlar uchun) Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{p_0}{\gamma} = H_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} + h_{0-1}$$



9.23 - rasm. Nasosdan ta'minlanuvchi quvurga oid chizma.

Bu tenglamadan ko`rinadiki, nasosning suyuqlikni $H_1$ balandlikka ko`tarish, unga kinetik energiya berishi va gidravlik qarshiliklarni yengishi birinchi idishdagi p_0 bosimdan foydalanish hisobiga amalga oshiriladi. Shuning uchun bu bosimdan shunday foydalanish kerakki, nasosga kirish oldidan suyuqlikda kavitatsiya hodisasini vujudga keltirmaydigan darajadagi chegirma bosim (p_1) saqlanib qolsin. Bu nasoslarning so`rish quvurlarini nihoyatda aniq va puxta hisoblash kerak. (9.29) tenglama so`rish quvurlarini hisoblashda asosiy tenglama hisoblanadi. Bunda hal qilinishi kerak bo`lgan masalalar sifatida quyidagilarni keltirish mumkin.

1) barcha o`lchamlar va sarf berilgan. Suyuqlikning nasosga kirish oldidagi bosimni hisoblash kerak.

Bu masalani yechishda nasosga kirishdagi suyuqlik bosimini (p_1) hisoblab, uni kavitatsiya hosil qilmaydigan minimal bosim bilan taqqoslash yo`li bilan bajariladi.

2) eng kichik (kavitatsiya hosil qilmaydigan) joiz bosim berilgan. Boshqa parametrlarning eng katta joiz qiymatlari ($H_{1\ max}$, Q_{max}, d_{min}) ni hisoblash talab qilinadi.

Agar p_0 atmosfera bosimiga teng bo`lsa, u holda so`rish quvuridagi bosim atmosfera bosimidan kichik bo`ladi. $p_0$ bosimning ortishi bilan so`rish quvuridagi bosim ortadi. Bu esa geometrik so`rish balandligining ortishiga yordam beradi.

Haydash quvuridagi suyuqlikning harakati (*2 – 2* va *3 – 3* kesimi uchun ham Bernulli tenglamasini yozish mumkin.

$$\frac{p_2}{\gamma}+\frac{\alpha_2\vartheta_2^2}{2g}=H_2+\frac{p_3}{\gamma}+\frac{\alpha_3\vartheta_3^2}{2g}+h_{2-3} \qquad (9.30)$$

Agar haydash quvurining ikkinchi uchidan biror idish bo`lsa, u holda (9.30) tenglamaning o`ng tomonida tezlik bosim bo`lmaydi, lekin bunday harakat vaqtida bosimning kengayishga sarf bo`lishini hisobga olish kerak. (9.30) tenglamaning chap tomoni nasosdan chiqishdagi solishtirma energiyani ko`rsatadi. Nasosga kirishdagi solishtirma energiyani (9.29) tenglama yordamida hisoblash mumkin:

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{\alpha_1\vartheta_1^2}{2g}=\frac{p_0}{\gamma}-H_1-h_{0\div1^*}. \qquad (9.31)$$

Bu oxirgi tenglama va (9.30) dan foydalanib suyuqlikning nasosdan o`tganda oladigan energiyasini hisoblash mumkin. Bu energiya suyuqlikka nasos orqali beriladi va u suyuqlikni tegishli balandlikka ko`tarish uchun sarflangan energiyani ifodalab, H_{nas} ko`rinishida belgilanadi va quyidagicha hisoblanadi:

$$H_{nac}=\left(\frac{p_2}{\gamma}+\frac{\alpha_2\vartheta_2^2}{2g}\right)-\left(\frac{p_1}{\gamma}+\frac{\alpha_1\vartheta_1^2}{2g}\right)=H_1+H_2+\frac{p_3-p_0}{\gamma}+\frac{\alpha_3\vartheta_3^2}{2g}+h_{0-1}+h_{2-3}$$

yoki

$$H_{nac}=H_g+\frac{p_3-p_0}{\gamma}+cQ^2+\alpha Q^2 \qquad (9.32)$$

bu yerda: H_{g} - suyuqlikning pastki sathdan yuqori sathga ko`tarilish balandligi; $sQ^2$ – yuqori sathdagi tezlik bosimi; $\alpha Q^2$ – so`rish va haydash quvurlardagi qarshiliklar yig`indisi;$V_3$ – yuqori sathdagi tezlik. Agar pastki va yuqori sathlardagi bosimlar $p_0$ va $p_3$ atmosfera bosimiga teng bo`lsa, u holda

$$H_{nac}=H_g+cQ^2+\alpha Q^2=H_g+\frac{\alpha_3\vartheta_3^2}{2g}+\alpha Q^2$$

bo`ladi. Bu formuladan ko`rinadiki, suyuqlikka nasosning bergan bosimi suyuqlikni yuqori sathda harakat qildirish uchun zarur bo`lgan bosim $H_3$ ga teng bo`ladi:

$$H_{nac}=H_3. \qquad (9.33)$$

Bu qoidani nasoslar barqaror ish tartibining hamma hollari uchun qo`llash mumkin. Nasosning ishlash xarakteristikasi uning aylanish soniga bog`liq bo`lib, bu son nasosning quvvatiga bog`liq bo`lmagan hollar uchun to`g`ridir. Agar nasos yopiq sistemada ishlasa, ya'ni pastki va yuqori idishlar bo`lmay, so`rish va haydash quvurlari tutashtirilgan bo`lsa, u holda (9.32) formula o`rnida quyidagi formulaga ega bo`lamiz:

$$H_{nac}=H=\frac{p_2-p_1}{\gamma}=H_3.$$

ya'ni zarur bosim bilan nasos hosil qilgan bosim teng bo`ladi. Bu holda yopiq sistemada albatta qo`shimcha kengayuvchi kesim va tenglashtiruvchi idishlar bo`lib, ular odatda suyuqlikning nasosdan chiqish kesimi bilan tutashtirilgan bo`ladi.

9.7 Elektrogidravlik o`xshashlik (analogiya) haqida tushuncha

Biz yuqorida quvurlarni hisoblash uchun (9.4) va (9.5) tenglamalarni chiqardik va ularni quyidagi ko`rinishlarda ifodaladik:

$$H = \lambda \frac{8(l + l_{ekv})}{g\pi^2 D^5} Q^2 \tag{9.34}$$

$$Q = \sqrt{\frac{g\pi^2 D^5}{8\lambda(l + l_{ekv.})}} H. \tag{9.35}$$

Laminar harakat vaqtida bu formulalarda qovushqoqlik ishqalanish koeffitsiyenti λ quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}} = \frac{64\nu}{\vartheta D} = \frac{16\nu\pi D}{Q},$$

u holda

$$H = \frac{128\nu}{gD^2} = \frac{l + l_{ekv}}{\pi D^2} Q$$

yoki

$$H = \alpha \frac{L}{\omega} Q = BQ \tag{9.36}$$

bu yerda: $L = l + l_{e3kv}$; $\omega = \frac{\pi D}{4}$; $\alpha = \frac{32\nu}{gD^2}$.

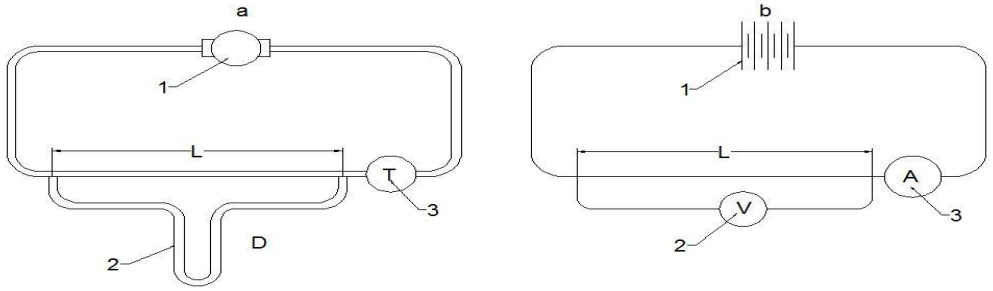
B - hisoblash yo`li bilan aniqlanadigan koeffitsiyent. (9.36) tenglama fizikaning elektr bo`limida o`tkazgichlarning bir qismi uchun Om qonuniga juda o`xshab ketadi. Agar bosim *H* ni kuchlanish *U* ga, α ni solishtirma qarshilik ρ ga, sarf *Q* ni tok kuchi I ga qiyoslasak, u holda (9.36) ni Om qonuni

$$U = \rho \frac{L}{S} l = Rl \tag{9.37}$$

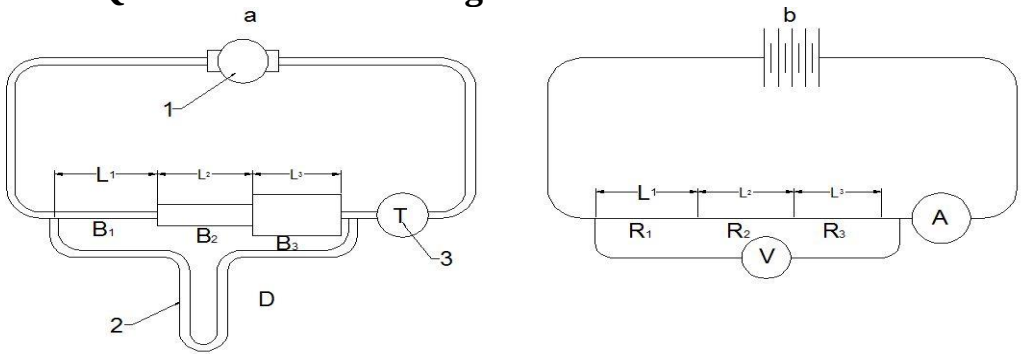
ga qiyoslash mumkin.

(9.36) bilan (9.37) ning o`xshashligidan foydalanib elektrogidravlik o`xshashlikni tuzish mumkin. Bu o`xshashlikka asosan o`tkazgichlardan tok o`tkazib, uning kuchlanishi *U* ni voltemetr va tok kuchi *I* ni ampermetr yordamida aniqlash mumkin. Bunda voltmetr quvurlardagi difmanometrni, ampermetr esa sarf o`lchash asbobi o‘rnini bosadi (9.24 - rasm). Tok manbai sifatida esa energiya manbai nasosni ifodalash mumkin.

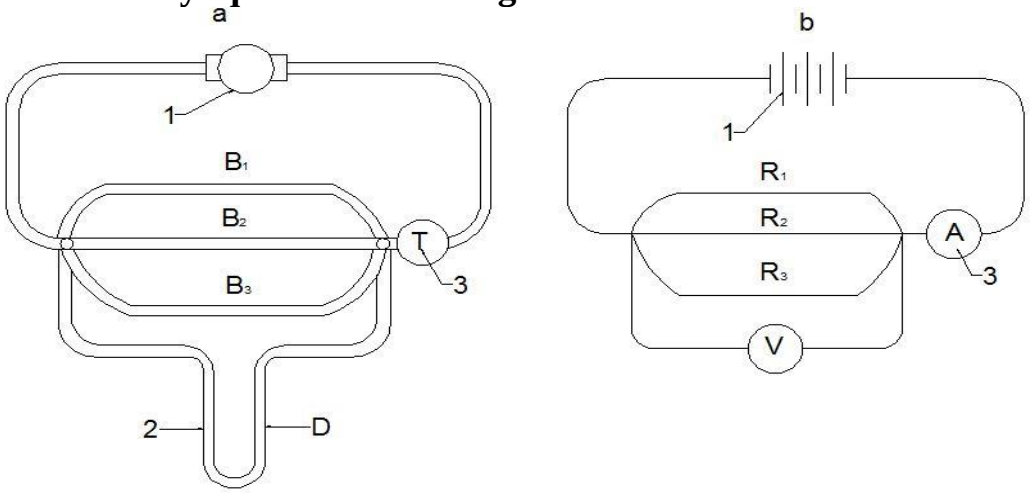
9.24 - rasmda 1-manba (*a* - rasmda nasos, *b* - rasmda batareya), 2 - (*a* - rasmda difmanometr, *b* - rasmda voltmetr, 3 - (*a* - rasmda sarf o`lchash asbobi, *b* - rasmda ampermetr) ifodalangan bo`lib, quvur va o`tkazgich uzunliklari *L* orqali ifodalangan. Shu usul bilan quvurlarni ketma-ket (9.24 - rasm) va parallel (9.25-rasm) ulashni o`tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash bilan taqqoslash mumkin. Quvurlarni ketma-ket ulashda (9.24 - rasm) umumiy qarshilik.



9.24. - rasm.Quvurlar va tok o`tkazgichlarni ketma-ket ulashda o`xshashlik.



9.25 - rasm. Suyuqlik va tok o`tkazgichlarda o`xshashlikka doir chizma.



9.26 - rasm.Quvurlar va tok o`tkazgichlarni parallel ulashdagi o`xshashlik.

$$H_k = B_k Q$$

$$H_k = H_1 + H_2 + H_3 \qquad (9.38)$$

va

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

bo`lib, (9.38) da

$$B_k = B_1 + B_2 + B_3$$

O`tkazgichlar uchun esa

$$U_k = R_k$$

$$U_k = U_1 + U_2 + U_3 \qquad (9.39)$$

va

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

bo`lib, (9.39) da

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3$$

Quvurlarni parallel ulashda esa (1.99-rasm) umumiy qarshilik

$$H = B_n Q_n \qquad (9.40)$$
$$H = H_1 = H_2 = H_3$$

va

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

bo`lib, (9.40) da

$$\frac{1}{B_n} = \frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_3}$$

o`tkazgichlar uchun esa

$$U = R_n I_n \qquad (9.41)$$
$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

va

$$\frac{1}{I_n} = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} + \frac{1}{I_3}$$

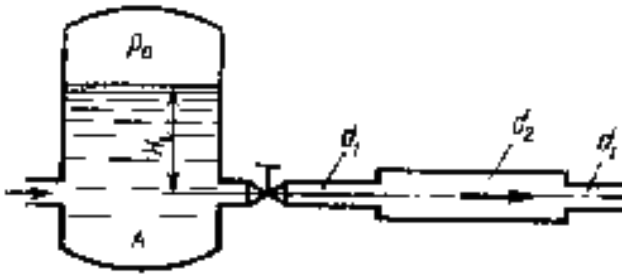
bo`lib, (9.41) da

$$\frac{1}{R_n} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Bu qonuniyatlar quvurlarni va o`tkazgichlarni parallel hamda ketma-ket ulashdagi o`xshashlikni ko‘rsatadi.

Amaliy mashg’ulotlarga doir ko‘rsatma:

Masala. Berilgan quvurlar tizimi orqali, rezervuardan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarfining miqdorini aniqlash lozim bo‘lsin (9.27-rasm).



9.27 - rasm.

Quvurlarning diametrlari, uzunligi va materiali (Δ;λ) ma’lum bo‘lib, quyidagi qiymatlarga ega bo‘lsin:

d_1 = 150 mm; d_2 = 200 mm; d_3 = 250 mm; l_1 =20 m $l_2 = l_3$ =15 m; $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$=0,02 H = 3,0 m;

Jo`mrakning qarshilik koeffitsiyenti ξ = 0,4;

Yechimi: Masalani yechish uchun Bernulli tenglamasidan foydalanamiz. Bernulli tenglamasidan foydalanish quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

1) Kesimlarni tanlaymiz:

I-I va II-II

2) Taqqoslash tekisligini o‘tkazamiz:

0-0,

3) Oqim uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \upsilon_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \upsilon_2^2}{2g} + hf$$

4) Tenglamalardagi hadlarni aniqlaymiz:

$$z_1 = H; \mathrm{P}_1 = P_a; \mathrm{V}_1 = 0; \alpha_1 = \alpha_2 = 1$$
$$z_2 = 0; \mathrm{P}_2 = P_a; \mathrm{V}_2 = ?$$

5) Aniqlangan hadlarni tenglamaga qo‘yamiz:

$$H + \frac{P_a}{\gamma} + 0 = 0 + \frac{P_a}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \mathrm{hf}$$

bu yerdan:

$$H = \frac{V_2^2}{2g} + \mathrm{hf}$$

Endi quvurlar tizimida yo‘qolgan dam – h_f miqdorini aniqlaymiz:

Ma’lumki,

$$\mathrm{hf} = \sum h_e + \sum h_M$$

Quvur uzunligi bo‘ylab yo‘qolgan dam Darsi-Veysbax formulasi bo‘yicha:

$$\sum h_e = h_{l1} + h_{l2} + h_{l3} = \frac{\lambda l_1}{d_1}\frac{V_1^2}{2g} + \frac{\lambda l_2}{d_2}\frac{V_2^2}{2g} + \frac{\lambda l_3}{d_3}\frac{V_3^2}{2g}$$

Uzilmaslik tenglamasidan

$$V_1\omega_1 = V_2\omega_2 = V_3\omega_3$$
$$V_1 = \frac{\omega_3}{\omega_1}V_3; \mathrm{V}_2 = \frac{\omega_3}{\omega_1}V_3$$

ekanligidan foydalanib, hamda $\mathrm{V}_3 = \mathrm{V}_2$

$$\sum h_e = \left[\frac{\lambda_1 l_1}{d_1}\left(\frac{\omega_3}{\omega_1}\right)^2 + \frac{\lambda_2 l_2}{d_2}\left(\frac{\omega_3}{\omega_2}\right)^2 + \frac{\lambda_3 l_3}{d_3}\right]\frac{V_2^2}{2g}$$

yoki

$$\sum h_1 = \zeta_1 \frac{V_2^2}{2g}$$

Mahalliy qarshiliklarda damning yo‘qolishi ko‘rilayotgan misolda, quyidagi joylarda sodir bo‘ladi: quvurning kirish qismida – (ξ_1); keskin kengayishda – (ξ_2); keskin torayishda – (ξ_3); berkitgichda – (ξ_4) .

U holda

$$\sum h_M = \zeta_1 \frac{V_1^2}{2g} + \zeta_2 \frac{V_2^2}{2g} + \zeta_3 \frac{V_3^2}{2g} + \zeta_4 \frac{V_4^2}{2g}.$$

Uzilmaslik tenglamasidan va $V_3 = V_2$ ekanligidan foydalanib

$$\sum h_M = \zeta_1 \frac{V_1^2}{2g} + \zeta_2 \frac{V_2^2}{2g} + \zeta_3 \frac{V_3^2}{2g} + \zeta_4 \frac{V_4^2}{2g}.$$

Yoki

$$\sum_1^1 h_M = \zeta_M \frac{V_2^2}{2g}.$$

Jadvaldan mahalliy qarshilik qiymatlarini olib, ξ_M ni hisoblaymiz. Tizimda yo‘qolgan dam uchun quyidagi ifodani olamiz.

$$h_f = \xi_M \frac{V_2^2}{2g} + \xi_1 \frac{V_2^2}{2g} = (\xi_M + \xi_1) \frac{V_2^2}{2g}$$

Yoki

$$h_f = \xi_S \frac{V_2^2}{2g} \tag{5}$$

bu yerda: ξ_S – tizimning qarshilik koeffitsiyenti.

(5) ifodani (2) ga qo‘yib

$$H = \frac{V_2^2}{2g} + \zeta_s \frac{V_2^2}{2g}$$

bu yerdan

$$V_2 = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta_s}} \sqrt{2gH}$$

Yoki

$$V_2 = \varphi \sqrt{2gH};$$

bu yerda φ – tezlik koeffitsiyenti.

U holda quvurlar tizimi orqali oqib chiqayotgan sarf

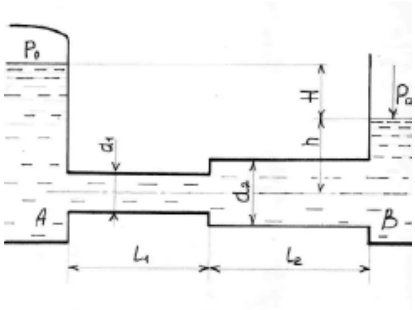
$$Q = \mu \omega_3 \sqrt{2gH} = 0{,}17 \cdot \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 3} = 0{,}06 m^3/s$$

bu yerda: μ – sarf koeffitsiyenti.

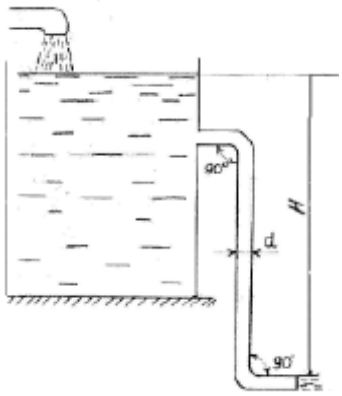
Mustaqil yechishga doir masalalar

1. Suv bir rezervuardan ikkinchisiga ketma-ket ulangan ikkita quvurlar orqali uzatiladi. Quvurlarning diametri va uzunligi mos ravishda d_1 = 150 mm; l_1=25 m; d_2 = 200 mm; l_2=35 m; gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti $\lambda_1 = \lambda_2 = 0{,}03$. Agar H_1 = 3,0 m; H_2 = 10 m; P_M = 20 kPa bo‘lsa, quvurdagi suv sarfi – Q ni aniqlang. Pezometrik va dam (napor) chiziqlarini chizing (9.28-rasm).

2. Rezervuarga quyilayotgan sarf Q = 0,05 m^3/s. Rezervuarda o‘zgarmas suv sathini aniqlash uchun quvur orqali suv atmosferaga oqib chiqadi. Agar quvur uzunligi $\lambda = 0{,}025$ bo‘lib, rezervuarga kelayotgan va chiqayotgan sarf bir xil bo‘lishi uchun H-miqdorni aniqlang (9.29-rasm).

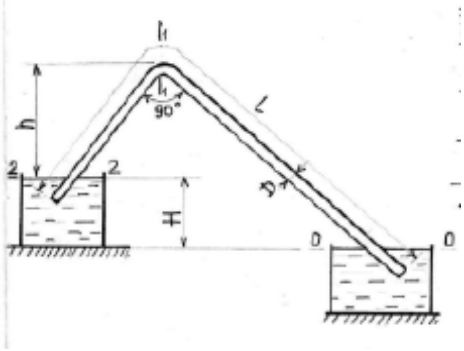


9.28 - rasm.



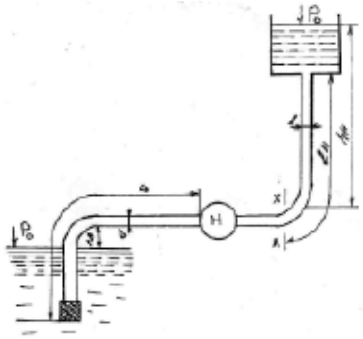
9.29 - rasm.

3. Magistral kanaldan novga harorati $t = 20°C$ suv po‘lat sifon orqali uzatiladi. Sifonning diametri $D = 30$ mm: uzunligi m, sarfi $Q = 0,5$ l/s, $h = 4,0$ m bo‘lsa, kanal va novdagi suvlar sathining farqini aniqlang (9.30-rasm).



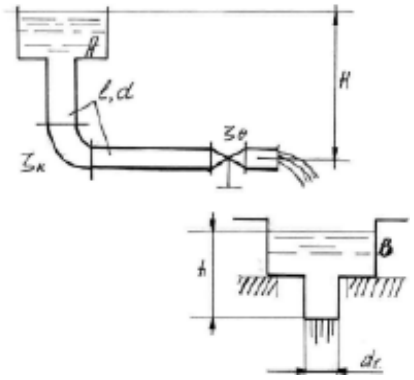
9.30 - rasm.

4. Markazdan qochma nasos harorati $t = 20°C$ suvni diametri $d = 100$ mm va uzunligi m li po‘lat quvur orqali $N = 30$ m balandlikka uzatmoqda. Agar x-x kesimdagi bosim $P_x = 0,2$ mPa bo‘lsa quvurdagi suv sarfini aniqlang (9.31-rasm).



9.31 - rasm.

5. Suv A-rezervuardan B-rezervuarga diametri $d = 80$ mm va uzunligi l=10 m quvur orqali uzatiladi. B-rezervuardan suv naycha orqali (sarf koeffitsiyenti μ=0,82) atmosferaga oqib chiqmoqda. Agar B-rezervuardagi suyuqlik sathi $h = 2,0$ m bo‘lsa, gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti $\lambda = 0,03$; burilish va jo‘mrakning qarshilik koeffitsiyentlari: $\xi_1 = 0,4$; $\xi_2 = 3,0$ bo‘lsa, A-rezervuarda qanday dam (napor) H bo‘lishi kerak (9.32-rasm)



9.32 - rasm.

9. bo‘yicha nazorat savollari

1.Sodda quvurni hisoblashning asosiy tenglamasi
2.Quvurlarni ketma-ket va parallel ulash
3.Murakkab quvurlar
4.Quvurlarning tarmoqlarga bo`linishi.
5.Nasosdan ta'minlanuvchi quvur.

I k k i n ch i q i s m. GIDRAVLIK MASHINALAR

Gidromashinalarda harakatlanuvchi turli ish qismlari yordamida suyuqliklarga energiya beriladi va bu energiyadan turli maqsadlarda foydalaniladi yoki suyuqlik energiyasi boshqa mexanizmlarning ish qismlarini harakatga keltiradi.

Gidromashinalar texnikaning suyuqlik bilan ishlaydigan turli qismlarida keng qo’llaniladi. Bular to’g’risida ushbu kitobninng kirish qismida to’xtalib o’tgan edik.

1. bo’lim. KURAKLI NASOSLAR

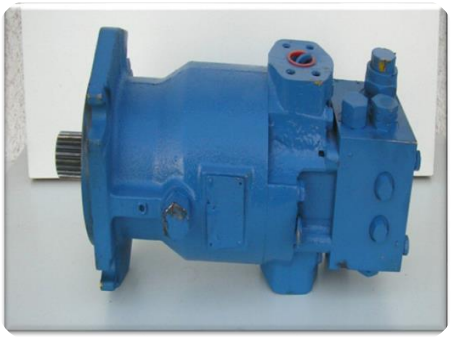
1. GIDROMASHINALAR HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR

2.1 Nasoslar va gidrodvigatellar

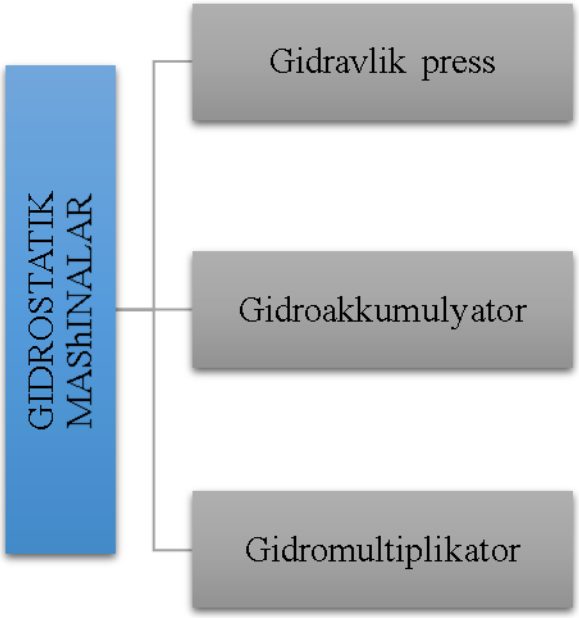
Gidravlik mashinalar Suyuqliklarga energiya beruvchi yoki suyuqlik energiyasidan foydalanuvchi mexanizmlar gidravlik mashinalar deyiladi.

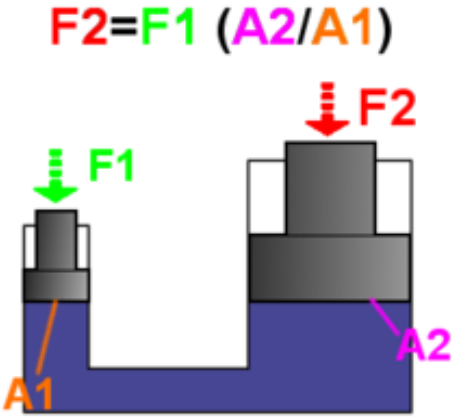
Gidrostatik mashinalar ular suyuqlikning muvozanat holatidan foydalanib, mexanik kuchni suyuqlikning energiyasiga aylantirish usuli bilan kuchaytirib yoki susaytirib beradi. Gidropress, Gidroakkumulator va xokazolar

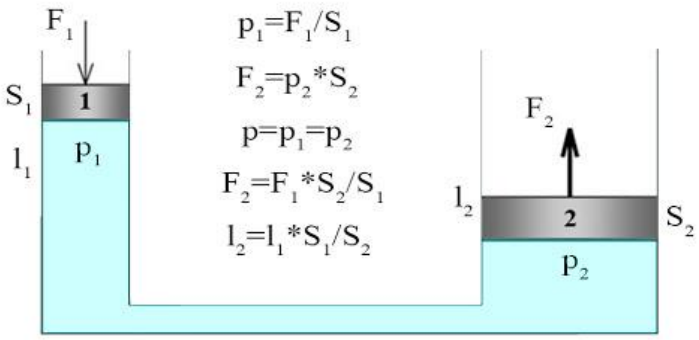
Nasoslar Mexanik energiyani suyuqlik energiyasiga aylantirib beradi.



Gidrodvigatellar Suyuqlik energiyasini mexanik energiyasiga aylantirib beradi. (GES).



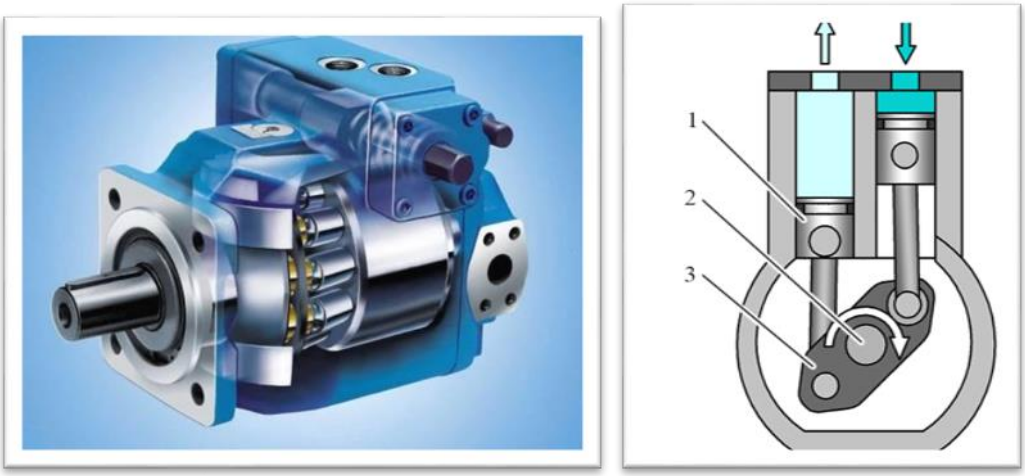




$$Э = Z\frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha\vartheta^2}{2g}$$

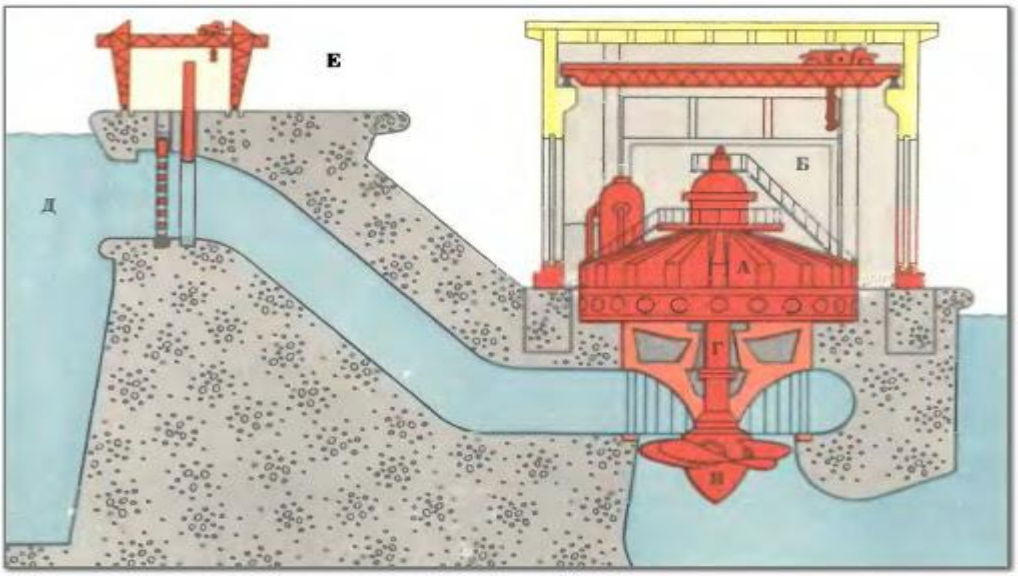
GIDRODVIGATELLAR

- Suyuqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beruvchi mexanizmlar **gidrodvigatellar** deb ataladi.
- Gidravlik dvigatellar asosan dinamik va hajmiy gidrodvigatellarga ajratiladi.
- Hajmiy gidrodvigatellarga ilgarilanma-qaytma harakatlanuvchi va burilma porshenli kabi gidrosilindrlar kiradi va h.k.
- Dinamik gidrodvigatellerga gidromotorlar va gidrotrubinalar kiradi.



GIDROTURBINA

Gidroturbina (GT) – suv oqimining mexanik energiyasini valning energiyasiga aylantiradi va shu orqali elektr energiya xosil qiladi (GES).



Nasoslar va gidrodvigatellar gidromashinalarning shunday turlariga kiradiki, ularda suyuqlik energiya qabul qilib oluvchi yoki energiya bilan ta’minlovchi ish jismi vazifasini bajaradi. Bunda gidromashinaning ish qobiliyati u orqali o’tgan suyuqlik energiyasining o’zgarish miqdoriga bog’liq. Shuning

uchun ishlab chiqarish talabiga qarab gidromashinalarni suyuqlik bilan ko'proq yoki kamroq miqdorda energiya almashadigan qilib quriladi va ular o'zining tuzilishi, turli parametrlarining katta-kichikligi va parametrlarini qanday chegarada o'zgartirish mumkinligiga qarab ishlab chiqarishning tegishli sohalarida foydalaniladi.

Nasoslar suyuqliklarga energiya beruvchi mashinalar turiga kiradi va odatda, suv, neft, benzin, kerosin, turli moylar va boshqa suyuqliklarni chuqurlikdan tortish, yuqoriga ko'tarish, bir yerdan ikkinchi yerga uzatish, ular yordamida boshqa jismlarni ko'chirish, tashish ushun ishlatiladi. Bunda suyuqliklar nasos orqali o'tganida ularning energiyasi ortadi. Bu energiya yordamida suyuqlik ustida aytilgan ishlarni bajarish mumkin bo'ladi. Nasoslar suyuqlikka bergan energiyasiga yoki o'zidan qancha suyuqlik o'tkaza olishiga qarab turli gruppalarga bo'linadi va bajargan vazifasini qaysi usulda amalga oshirishiga qarab turlicha nomlanadi.

Nasoslarning ba'zi turlaridan suyuqlik yoki gazni boshqa joyga ko'chirish yo'li bilan siyraklanish hosil qilish uchun foydalaniladi. Bunday nasoslarda suyuqlikka energiya berish kabi asosiy vazifadan ko'ra vakuum hosil qilish xossasi muhim bo'lib, ular vakuum nasoslar deyiladi.

Ventilyatorlarning ishlash prinsiplari markazdan qochma nasoslarga o'xshagan bo'lib, ular havoni harakatga keltirish, turli narsalarni havo yordamida tashish (pnevmotransport), ifloslangan havoni toza havo bilan almashtirish, qizdirilgan havoni issiqlik zarur bo'lgan yerga uzatish (quritish ishlari) va boshqa vazifalarni bajaradi. Bunda ventilyator havoning energiyasini ko'p oshirmasa ham, o'zidan juda ko'p miqdorda havo o'tkaza oladi. Sanoatda va qishloq xo'jaligida ularning ana shu xususiyatidan foydalaniladi. Nasoslarga teskari ish bajaruvchi, ya'ni suyuqlikdan energiyani olib uni harakat ko'rinishida boshqa mexanizmlarga uzatuvchi mashinalar *gidrodvigatellar* deyiladi. Gidrodvigatellardan suyuqlik o'tganda uning energiyasi kamayadi. Bu kamaygan energiya hisobiga gidrodvigatelning ish qismi harakatga kelib, bu harakat boshqa mexanizmga beriladi va biror ish bajaradi yoki elektr energiyasi hosil qilishda foydalaniladi. Bir xil turga kirgan nasoslar va gidrodvigatellarning harakatlanuvchi qismlari asosan turlicha bo'lib, ba'zi hollarda bir xil bo'lishi mumkin. Bunda bitta qurilmaning o'zi, qo'yilgan talabga qarab, nasos yoki gidrodvigatel sifatida ishlashi mumkin. Bunda albatta nasos yoki gidrodvigatel teskari vazifa bajarganida uning foydali ishi kamayadi. Suvning energiyasini elektr energiyasiga aylantirishda ishlatiladigan gidrodvigatellar *turbinalar* deb atalib, ular ayrim mustaqil gruppaga ajraladi. Bu mashinalar juda katta miqdordagi energiyani qabul qilib va uni harakatga aylantirib generatorga berishi bilan farq qiladi. Hozirgi zamon turbinalari ichida o'zidan juda ko'p miqdorda suv o'tkazishga mo'ljallangan turlari mavjud bo'lib, ularning quvvati 700 mVt dan ortadi.

Gidrotexnika, energetika tog' sanoati va boshqa sohalarida nasoslar va gidrodvigatellar juda ko'p qo'llaniladi. Ulardan nasos stansiyalari va elektrostansiyalar tashkil qilinadi. Bu stansiyalarda bir nesha nasos yoki gidrodvigatellar birga ishlatiladi.

2.2 Nasoslarni guruhlash

Nasoslarni guruhlash turlicha bo'lib, ularni tuzilishi, turli parametrlari, suyuqlikka energiya berish usuli va boshqalarga qarab guruhlash usullari mavjud. Eng ko'p tarqalgan usul ishlash prinsipiga qarab guruhlashdir. Bunda nasoslar asosan ikki katta guruhga bo'linib, ular kurakli va hajmiy nasoslar bo'ladi. Bu nasoslar deyarlik barcha nasoslarni o'z ichiga oladi, bir qancha boshqacha prinsipda ishlaydigan nasoslar bu ikki guruhga kirmay qoladi. Bularga oqimchali nasoslar (uchinchi klass sifatida ajratish mumkin) va boshqa ko'targichlar (montejyu, erliftlar va boshqalar) kiradi.

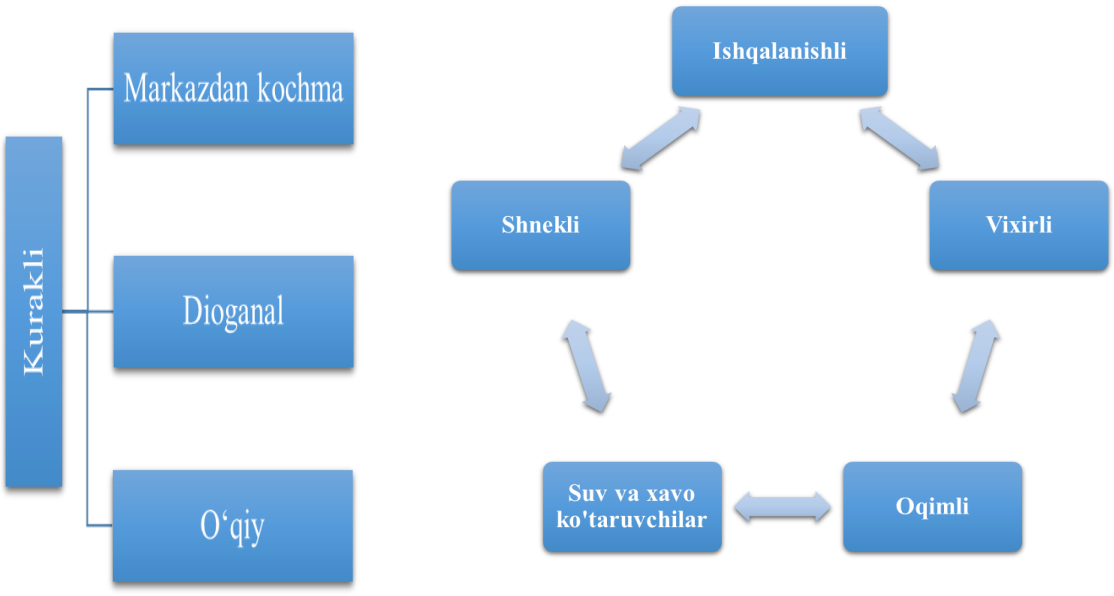
Kurakli nasoslar markazdan qoshma, o'qiy, propellerli, buyurtma asoslarga bo'linadi. Tuzilishi va ishlash prinsipi bir xil bo'lgani uchun ventilyatorlarni ham kurakli nasoslar guruhiga kiritish mumkin. Ventilyatorlarning ham markazdan qochma, o'qiy, propellerli turlari mavjud. Kurakli nasoslarni bitta valda yoki bir yoki necha ish g'ildiragi o'rnatilishiga qarab, bir pog'onali va ko'p pog'onali nasoslarga ajratish mumkin. Markazdan qoshma nasoslar so'rish usuliga qarab bir tomonlama so'ruvchi va ikki tomonlama so`ruvchi nasoslarga bo'linadi.

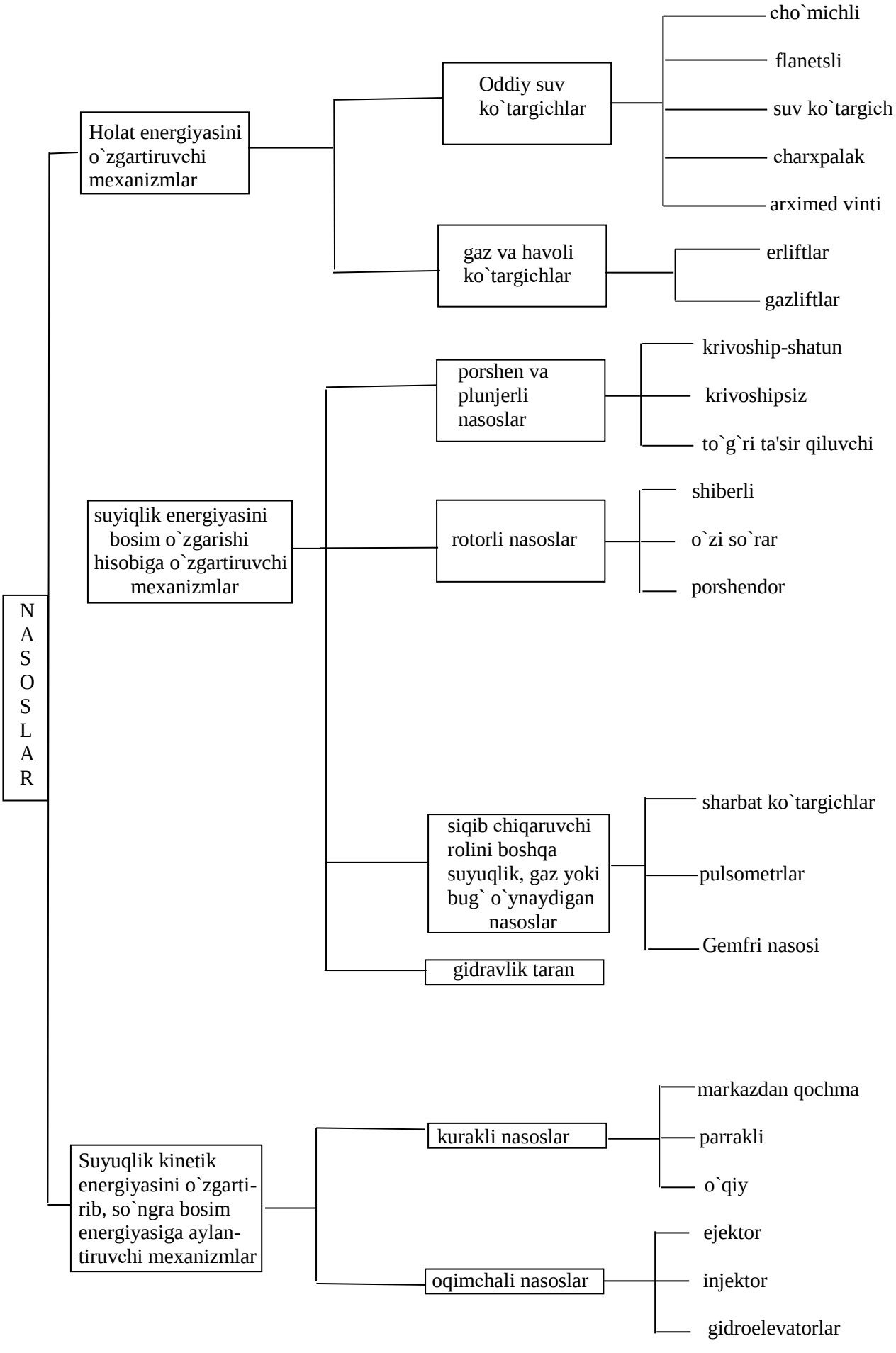
Hajmiy nasoslar ikki katta guruhga bo'linib, ular porshenli va rotorli nasoslar deyiladi. Bular yana bir qancha kichik guruhchalarga bo'linadi (ular to'g'risida tegishli bo'limda to'xtalamiz).

Oqimchali nasoslar esa ejektor, injektor va gidroelevatorlarni o'z ichiga oladi. Nasoslarni bunday guruhlashga ishlab chiqarishda eng ko'p tarqalgan ikki tur (markazdan qochma va porshenli) nasoslar atrofida barcha nasoslarni guruhlashga intilish asos bo'lgan bo'lsa kerak.

Nasoslarni suyuqlikka bergan bosimining katta-kichikligiga qarab, past bosimli (20 m suv ust. gacha), o'rtacha bosimli (20 ÷ 60 m suv ust. ga teng), yuqori bosimli (60 m suv ust. yuqori) nasosga ajratish mumkin. Ularni bergan sarfiga qarab past, o'rta va yuqori sarfli nasoslarga guruhlash mumkin.

Suyuqlikka ta'sir kuchi bo'yicha




NASOSLAR
Holat energiyasini o`zgartiruvchi mexanizmlar
Oddiy suv ko`targichlar
cho`michli
flanetsli
suv ko`targich
charxpalak
arximed vinti
gaz va havoli ko`targichlar
erliftlar
gazliftlar
suyiqlik energiyasini bosim o`zgarishi hisobiga o`zgartiruvchi mexanizmlar
porshen va plunjerli nasoslar
krivoship-shatun
krivoshipsiz
to`g`ri ta'sir qiluvchi
rotorli nasoslar
shiberli
o`zi so`rar
porshendor
siqib chiqaruvchi rolini boshqa suyuqlik, gaz yoki bug` o`ynaydigan nasoslar
sharbat ko`targichlar
pulsometrlar
Gemfri nasosi
gidravlik taran
Suyuqlik kinetik energiyasini o`zgarti-rib, so`ngra bosim energiyasiga aylan-tiruvchi mexanizmlar
kurakli nasoslar
markazdan qochma
parrakli
o`qiy
oqimchali nasoslar
ejektor
injektor
gidroelevatorlar

Energiyaning nasosga qanday berilishiga qarab guruhlashga intilish ham bo'lgan. Bu aytilgan oxirgi uch tur guruhlashning har biriga ham barcha mavjud nasoslarni kiritish mumkin bo'lgani bilan bu uch usulda juda katta kamchilikka ega. Chunki bu usullarda bir guruhga porshenli, markazdan qochma, rotorli, propellerli va ishlash prinsipi tamoman bir-biridan farqlanuvchi boshqa nasoslar kirishi mumkin. Suyuqlikka berilgan energiya turiga qarab guruhlash ancha qulay bo'lsa kerak. Nasosdan o`tayotgan suyuqlikka berilgan energiya uch xil bo'lishi mumkin: holat energiyasi *z*, bosim energiyasi $\left(\frac{p}{\gamma}\right)$, kinetik energiya $\left(\frac{v^2}{2g}\right)$.

Faqat holat energiyasi beruvchi mashinalar *suv ko'targchlar* deyiladi. Agar ko'tarilayotgan suyuqlik faqat suv bo'lmay, neft, turli moylar va boshqa xil suyuq-liklar bo'lishi mumkinligini xisobga olsak, bu mashinalarni suyuqlik ko'targichlar deyish kerak bo'ladi. Bu guruhga suv ko'tarish uchun ishlatilgan barcha qurilmalar: charxpalak, chig'ir, arximed vinti va boshqalar kiradi. Zamonaviy qurilmalardan bu guruhga kiradiganlari qatoriga kam debitli (kam sarfli) quduqlardan neft chiqaruvchi tortish qurilmalari, chuqur quduqlardan gaz va havo yordamida suyuqlik (suv, neft) ko'taruvchi ko'targichlar kiradi.

Ikkinchi guruhga suyuqlikka bosimni orttirish yo'li bilan energiya beruvchi nasoslar kiradi. Suyuqlikni porshen bosimi (porshenli nasoslar), aylanuvchi qismlar (rotorli nasoslar), siqilgan havo, gaz yoki bug' (pnevmatik suv ko'targichlar, Gemfri nasosi va h.) yordamida siqib chiqarish mumkin. Bularga suyuqlikka gidravlik zarba orqali impuls beruvchi mexanizmlar, gidravlik taran ham kiradi. Ushinchi guruh nasoslarda suyuqlikka kinetik energiya berilib, so'ngra u bosim energiyasiga aylantiriladi. Bularga birinchi galda kurakli (markazdan qochma, parrakli, o'qiy) nasoslar kiradi (ularda ish qismi valda aylanuvchi kurakli g'ildiraklardir). Ikkinchidan, oqimchali nasoslar (ejektorlar, injektorlar, gidravlik elevatorlar) kiradi (ularda suyuqlikka energiya beruvchi boshqa suyuqlik, gaz yoki bug'dir). Nasoslar va suv ko'targichlarning uch gruppaga taqsimlanishini sxema ko'rinishida tasvirlanishi mumkin.

Nasoslarda suyuqlik qaysi tipdagi kuchlardan (dinamik kuchlar yoki statik kuchlar) foydalanib so'rilishiga qarab, ular dinamik yoki hajmiy nasoslarga bo'linadi. Bunda yuqoridagi klassifikasiyaga kirgan nasoslarning porshenli va rotoriy turlari hajmiy nasoslarga, qolganlari esa dinamik nasoslarga kiradi.

2.3 Dinamik va hajmiy nasoslarning ishlash prinsiplari

Dinamik nasoslar o'zidan o'tkazayotgan suyuqlikning kinetik energiyasini orttiradi, so'ngra bu energiyaning ko'proq qismini bosim energiyasi (potensial energiya) ga aylantiradi. Suyuqlikka dinamik nasoslar yordamida kinetik energiya berish ikki bosqichda amalga oshiriladi. Birinchidan, nasosning ish bo'lmasiga yoki ish g'ildiragiga kirishdan oldin siyraklanish hosil bo'lib, siyraklanish bosimi bilan ta'minlovchi idishdagi bosimlar farqi hisobiga suyuqlikning tezligi (ya'ni kinetik energiyasi) ortadi. Ikkinchidan, ish kamerasi yoki ish g'ildiragida mexanik harakat yordamida kinetik energiya beriladi. Kurakli nasoslarda katta tezlik bilan aylanayotgan ish g'ildiragi suyuqlikni aylanma harakat qildiradi, natijada suyuqlikning tezligi avvalo aylanma tezlik hisobiga ortadi. Bundan tashqari, aylanma harakat qilayotgan suyuqlikka albatta markazdan qochma kuch ta'sir

qilib, uning markazdan qochma tezligini oshiradi. Shunday qilib, suyuqlikning tezligi yana ortadi. Shu usul bilan nasos berayotgan energiyani kinetik energiya ko'rinishida qabul qiladi. Tabiiyki, markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlik nasos korpusiga borib taqalishi (markazdan qochma tezlikning kamayishi) natijasida potensial energiya (bosim) ham qisman ortadi, lekin bu nasoslarda suyuqlikka asosan kinetik energiya beriladi. Nasosdan chiqishda esa avval spiral yo'l yoki yo'naltiruvchi apparat yordamida, so'ngra esa diffuzor yordamida suyuqlikning kesimini oshirib boriladi. Natijada suyuqlik olgan kinetik energiyaning ko'pchilik qismi potensial energiyaga aylanadi. Suyuqlikning qolgan kinetnk energiyasi uni inersiya bo'yicha harakat qildiradi. Potensial energiyadan esa zaruratga qarab turli maqsadlarda foydalaniladi (masalan, so'rilgan suyuqlikni transport qilish, boshqa biror mexanizmni gidrodvigatellar yordamida harakatga keltirish va hk).

Oqimchali nasoslarda suyuqlikka nasos korpusidan katta tezlik bilan o'tayotgan ish suyuqligi yordamida energiya beriladi. Bunda ham avval oqimchaning katta tezlik bilan o'tishi hisobiga hosil bo'lgan siyraklanish yordamida energiya beriladi. So'ngra ish bo'lmasida ikki suyuqlikning aralashuvidan energiyasi ko'p suyuqlik bilan energiyasi kam suyuqlik zarrachalari orasida energiya almashinuvi vujudga keladi. Shunday qilib, so'rilayotgan suyuqlikka, ish suyuqligi yordamida energiya beriladi.

Suyuqlikka gidravlik zarba yordamida hosil qilingan qo'shimcha bosim hisobiga energiya berib, so'ngra uni o'z inersiyasi hisobiga ko'taruvchi gidravlik taranlarni ham dinamik nasoslar guruhiga kiritish mumkin. Bunday qurilmalarning tuzilishi va ishlash prinsipi haqida gidravlika bo'limida to'liq ma'lumot berilgan.
Hajmiy nasoslarda esa nasosdan o'tayotgan suyuqlikka potensial energiya ish bo'lmasining o'zida berilgani uchun dinamik nasoslardagi kabi uning chiqishida ham maxsus qurilmalar qo'llashga hojat qolmaydi. Bu nasoslarda suyuqlikka qisman kinetik energiya ham beriladi, lekin unga berilgan energiyaning asosiy qismi potensial energiyadan iborat.

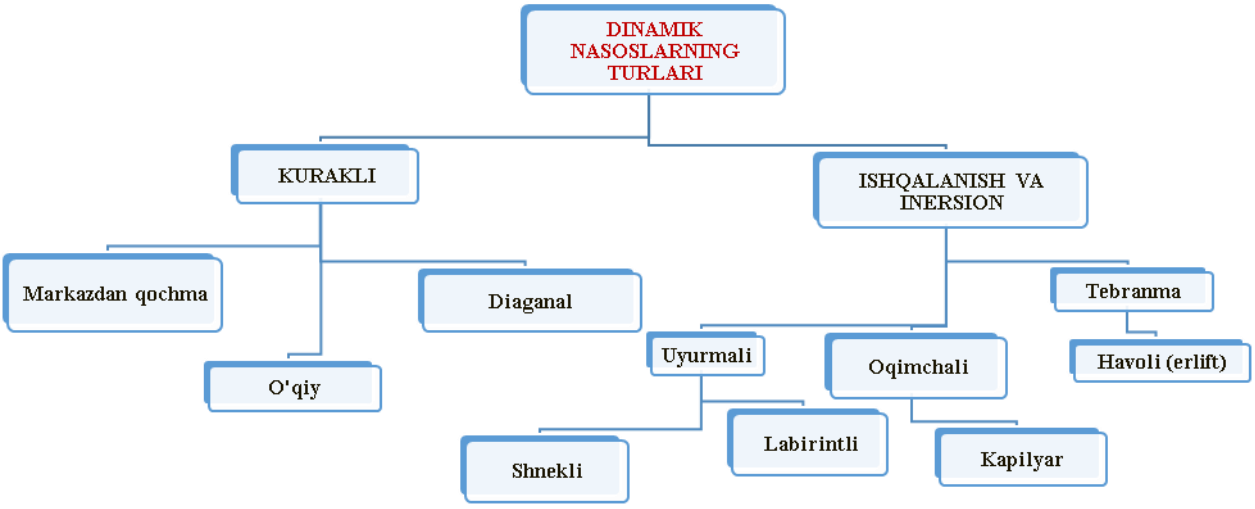
Bu ish porshenli nasoslarda porshenni ilgarilama-qaytma harakat qildiruvchi kuchi yordamida avval ish bo'lmasining hajmini oshirib, suyuqliknn so'rilish teshigi va so'rilish klapani orqali bo'lmaga kiritish, so'ngra uning hajmini kamaytirish hisobiga haydash teshigi va klapani orqali siqib chiqarish yo`li bilan amalga oshiriladi. Xuddi shu prinsip porshen rotorli nasoslarda ham qo'llaniladi. Porshenli nasoslarda bir vaqtda bir necha porshen ishlashi mumkin. Bu holda nasos ko'p karra harakatli yoki qisqacha ko'p harakatli nasoslar deyiladi. (Masalan, ikki harakatli, uch harakatli, va hokazo nasoslar.) Shiberli yoki plastinkali nasoslarda esa suyuqlikka potensial energiya berish hajmi kamayib boruvchi bo'lmada ikki tomonidan plastinkalar bilan chegaralangan hajmning avval bo'lmaning tor qismidan keng qismiga so'ngra keng qismidan tor qismiga aylanma harakat yordamida siljitish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bunday harakatni porshenli nasosdagi ilgarilama-qaytma harakatga qiyoslash mumkin. Ikki plastinka bilan chegaralangan hajm bo'lmaning tor qismidan keng qismiga siljiganda so'rish, keng qismidan tor qismiga siljiganida esa haydash prosessi vujudga keladi.

Kolovorotli, shesternyali va vintli nasoslarda esa bu ish so'rish bo'lmashasidagi suyuqlik bilan ikki tomonidan (shesternya tishlari, vintning bo'rtmalari va boshqalar bilan) chegaralangan hajmni to'ldirish va katta aylanma tezlik yordamida haydash bo'lmachasi keltirib tushirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bunda suyuqlik haydash bo'lmachasi bir shesternya yoki vintdagi chegaralangan hajmga ikkinchi shesternyaning tishi yoki vintdagi bo'rtmasi siqilib kirishi natijasida siqib chiqariladi. Bo'shagan hajm esa so'rish bo'lmachasida yana

suyuqlikka to’ldiriladi. Dinamik va hajmiy nasoslarning barcha turlari ustida to’liq to’xtashga imkoniyat bo’lmagani uchun bu yerda ularning eng ko’p tarqalganlarining ishlash prinsiplari haqida ma’lumot berish bilan chegaralanamiz.

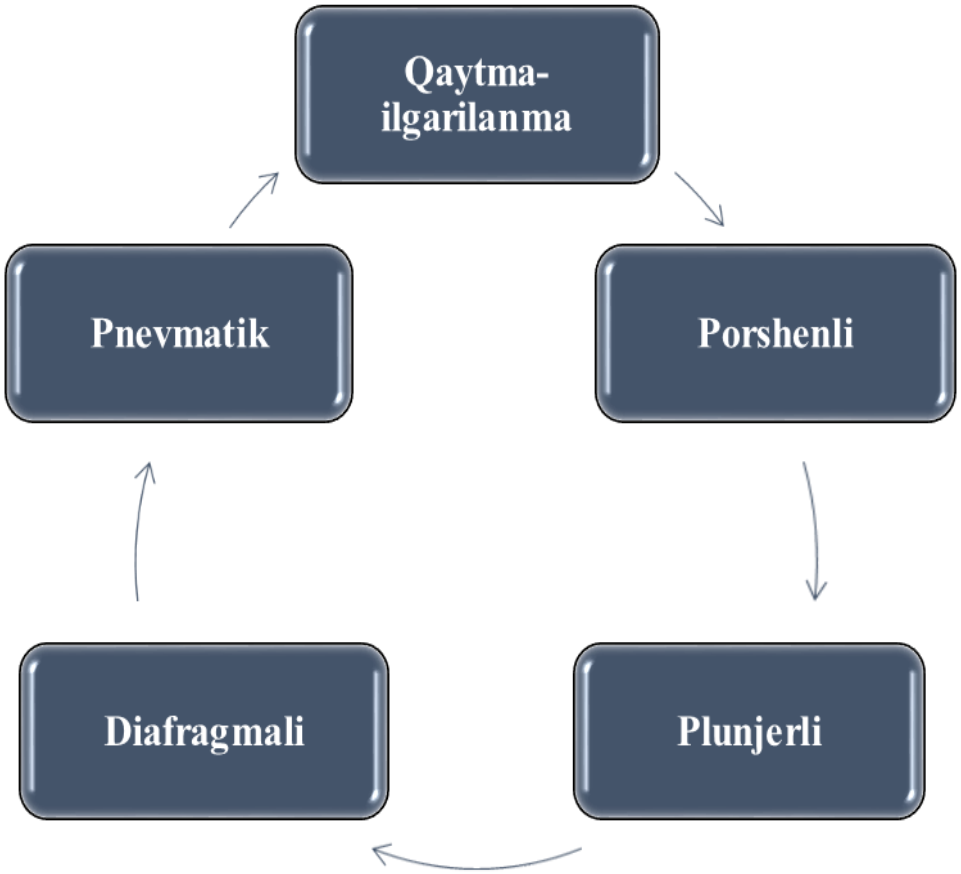
DINAMIK NASOSLAR VA ULARNING XARAKTERISTIKALARI

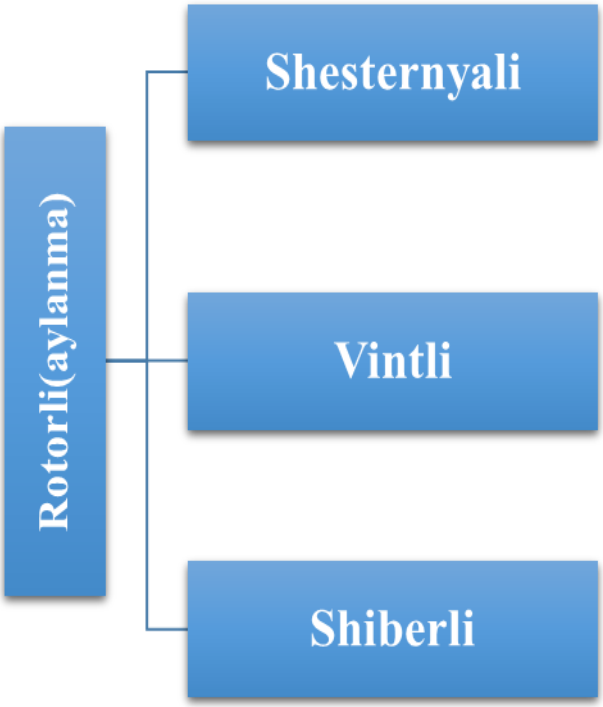
Nasoslarning qo‘llanilishi



NASOSLAR TASNIFI XAJMIY NASOSLAR

Ishchi kismlarining xarakati bo’yicha





2.4 Nasoslarning asosiy parametrlari

Nasoslardan ishlab chiqarishda foydalanishda uning qayerda va qanday sharoitlarda ishlatilishi mumkinligini aniqlaydigan eng muhim parametrlari asosiy parametrlar deyiladi. Bularga nasosning so'rishi (sarfi), hosil qiladigan bosimi, quvvati va foydali ish koeffisiyenti kiradi.

1. Nasos vaqt birligida so'rgan suyuqlik hajmi Q uning *so'rishi* yoki *sarfi* deb ataladi. So'rish m^3/s, *l*/s va boshqa birliklarda o'lchanadi.

Markazdan qochma nasoslarning sarfi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$Q = w_1(\pi d_1 - \delta z)b_1 \sin\beta_1$$

Yoki

$$Q = w_2(\pi d_2 - \delta z)b_2 \sin\beta_2 \qquad (12.1)$$

bu yerda w_1, w_2-ish g'ildiragiga kirish va chiqishdagi nisbiy tezliklar; d_1,d_2 – ish g'ildiragining ichki va tashqi diametrlari; δ – nasos kuraklarining qalinligi; z – kuraklar soni; b_1,b_2 – kuraklarning kirish va chiqishdagi eni; β_1, β_2 - kuraklarning kirish va chiqishdagi egrilik burchaklari.

Boshqa turdagi nasoslarning sarfi to'g'risida tegishli nasos ustida to'xtalganda gapiriladi.

2. Nasosdan o'tayotgan suyuklikning birlik og'irlikdagi miqdoriga berilgan energiya (boshqacha aytganda nasosdan o'tayotgan suyuqlik oqimi olgan solishtirma energiyasiga) *nasosning bosimi* deb ataladi va suyuqlik ustunining metrlari hisobida o'lchanadi.

Bosim ikki xil usulda aniqlanadi:

1) Nasos qurilmasining o'lchov asboblari ko'rsatuvi bo'yicha (nasos ishlab turganda);

2) suyuqlikka nasos qurilmasi qismlarida berilgan solishtirma energiyalar yig'indisi bo'yicha.

B i r i n c h i u s u l d a bosim quyidagicha hisoblanadi. Avval nasosga kirishdagi energiya hisoblanadi:

$$e_1 = H_c + H_o + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}, \qquad (12.2)$$

bu yerda H_s, P_1, v_1 - so'rish balandligi bosimi va tezligi.

So'ngra nasosdan chiqishdagi energiyani hisoblanadi.

$$e_2 = H_c + H_o + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{v_x^2}{2g} \qquad (12.3)$$

bu erda: H_0 – kirishdagi vakuummetr bilan chiqishdagi manometrlar o'rnatilgan sathlar farqi; P_x, v_x – haydash bosimi va tezligi.

Oxirida chiqish va kirishdagi solishtirma energiyalar farqini hisoblab, nasosdan o'tayotganda suyuqlik olgan energiya topiladi. Bu farq nasosning bosimiga teng bo'ladi:

$$H = e_2 - e_1 = \left(H_c + H_0 + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{v_x^2}{2g} \right) - \left(H_e + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g} \right) = H_0 + \frac{p_x - p_c}{\gamma} + \frac{v_x^2 - v_c^2}{2g} \qquad (12.4)$$

Surish bosimini vakuummetr ko'rsatkichi bo'yicha topish mumkin:

$$p_c = p_a = p_{вак}$$

Haydash bosimini esa manometr ko'rsatuvidan aniqlanadi:

$$p_x = p_a + p_м$$

Bu munosabatlardan foydalanib va vakuummetrik hamda manometrik bosimlarni tegishli bosim miqdorlari orqali ifodalab nasosning bosimi uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$H_{vak} = \frac{p_{vak}}{\gamma}; H_m = \frac{p_m}{\gamma}$$

$$H = H_m H_{vak} + H_0 + \frac{v_x^2 - v_c^2}{2g} \qquad (12.5)$$

Ko'pincha, tezlik bosimlarining ayirmasi kichik miqdor bo'lgani uchun ularni hisoblashlarda nazarga olinmaydi.

I k k i n c h i u s u l bilan bosimni hisoblash uchun avval ta'minlovchi idishdagi suyuqlik sathidagi kesim (1—1) va nasosga kirishdagi kesim (2—2) uchun Bernulli tenglamasi yoziladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g} + h_c.$$

So'ngra nasosdan chiqishdagi kesim (3–3) va suyuqlikning eng yuqori ko'tarilgan sathidagi kesim (4–4) uchun Bernulli tenglamasi yoziladi:

$$z_3 + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{v_x^2}{2g} = z_4 + \frac{p_4}{\gamma} + \frac{v_4^2}{2g} + h_x$$

bu tengliklarda: z_1, z_2, z_3, z_4 – tegishli kesimlarning geometrik balandligi; h_c,h_x - so'rish va haydash trubalaridagi gidravlik qarshiliklar. Eng yuqori kesim (4 — 4) qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik sathida desak, idishlarning kesimi trubalar kesimiga qaraganda katta bo'lgani uchun v_1 va v_4 larni v_c va v_x larga nisbatan kichik miqdor deb tashlab yuboramiz. Oxirgi ikki tenglamaga $z_2 - z_1 = H_1$, $z_4 - z_2 = H_2$ belgilashlarni kiritib, ulardan so'rish va haydash bosimlarini topamiz:

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

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

Olingan miqdorlarni (12.3) tenglamaga qo'yib, ushbu tenglikni olamiz:

$$H = \frac{p_4 - p_1}{\gamma} + H_0 + H_2 + H_1 + h_c + h_x \qquad (12.6)$$

Nasos qurilmasidan (113 va 130-rasmlar) dan ko'rinadiki $H_o + H_z = H_x$, $H_1 = H_c$. Bunga asosan

$$H_0 + H_2 + H_1 = H_x + H_c = H_{st}$$

Ta'minlovchi va qabul qiluvchi idishlarda bosim, odatda, atmosfera bosimiga teng bo'ladi: ($p_1 = p_a; p_4 = p_a$). Shunga asosan bosim uchun yozilgan oxirgi tenglama quyidagi ko'rinishga keladi

$$H = H_{st} + h_c + h_x \qquad (12.7)$$

Bu tenglikdan ko'rinadiki, ochiq idishlarda nasosning bosimi suyuqlikni ko'tarish hamda so'rish va haydash trubalaridagi qarshilikni yengishga sarflanadi.

3. Nasosning vaqt birligida bajargan ishi uning *quvvati* deyiladi. Quvvat kgm/s, o.k, kVt va boshqa birliklarda o'lchanadi. Nasosning biror vaqtda ko'targan suyuqligi Q kg, bosimi H bo'lsa, uning bajargan ishi quyidagiga teng:

$$A = GH$$

Yuqorida aytilganga asosan

$$N = \frac{GH}{t}$$

lekin $$\frac{G}{t} = \gamma Q$$

shunga asosan quvvat quyidagicha topiladi:

$$N_f = \gamma QH \ \ kgm/s \qquad (12.8)$$

Quvvatni o. k. larda ifodalasak:

$$N_f = \frac{\gamma QH}{75} \qquad (12.9)$$

kVt larda ifodalasak $$N_f = \frac{\gamma QH}{102} \qquad (12.10)$$

Bu olingan quvvat formulalari nasosning suyuqlikka bergan energiyasini ifodalovchi foydali quvvatni beradi. Amalda esa dvigatelning valni aylantirishga sarflagan quvvati bu formulalar bo'yicha hisoblangan miqdoridan ancha ko'p bo'ladi. Dvigatelning valga bergan quvvati bilan foydali quvvatning farqi suyuqlikni ko'tarishda turli qarshiliklarni yengishga sarf bo'ladi.

4. Foydali quvvatning valga berilgan quvvatga nisbati nasosning foydali ish koeffisienti (FIK) deb ataladi:

$$\eta = \frac{N_f}{N} \qquad (12.11)$$

Buni nazarga olganda suyuqlikni so'rish uchun sarf bo'lgan umumiy quvvat dvigatel sarflagan quvvatga teng ekanligini tushunish qiyin emas. Umumiy quvvat quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$N = \frac{\gamma QH}{\eta} kgm/s$$

$$N = \frac{\gamma QH}{75\eta} o.k \qquad (12.12)$$

$$N = \frac{\gamma QH}{102\eta} kVt$$

Yuqoridagilarga asosan aytish mumkinki, FIK suyuqlikni ko'tarishdagi barcha energiya yo'qotishlarini ifodalovchi miqdordir. Bu yo'qotishlar uch xil turga bo'linadi: gidravlik, mexanik va hajmiy.

1. Gidravlik yo'qotishlar – nasosdagi gidravlik qarshiliklar (gidravlik ishqalanish, nasosga kirish va chiqishda, uyurmalar hosil bo'lishida va h.) ni yengishga sarflanadigan energiyadir. Bu yo'qotishlarni gidravlik FIK hisobga oladi;

$$\eta_g = \frac{H}{H + \sum h_{\omega nas}}$$

Bunda $\sum h_{\omega nas}$ n – nasosdagi yo'qotishlar yig'indisi. Gidravlik FIK nasos ish g'ildiragi va kurakchalari, umuman nasosning tayyorlanish sifatiga bog'liq.

2. Mexanik yo'qotishlar – nasosning podshipnik va maydonlaridagi ishqalanishga, krivoship-shatunli mexanzmlarga sarflangan quvvat yo'qotishlari bo'lib, uni mexanik FIK hisobga oladi:

$$\eta_m = \frac{N_n}{N_v}$$

bu yerda: N_n – nasosning indikator quvvati bo'lib, nasos validagi quvvat va mexanik yo'qotishlarga sarflangan quvvatlarning ayirmasiga teng.

Mexanik FIK podshipnik, maydon va ishqalanish ro'y beradigan boshqa qismlarning tayyorlanish sifatini va moslanganligini xarakterlaydi.

3. Hajmiy yo'qotishlar-suyuqlikning nasosdagi zichlagichlar, klapanlar orqali sirqib ketishi va nasos ish kameralarini yetarli to'ldirmasligi natijasida ro'yobga keladi.

Hajmiy FIK η_v – quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta_v = \frac{Q}{Q + \Delta Q},$$

bunda ΔQ – nasosdagi suyuqlikning hajmiy yo'qotishlari.

Hajmiy FIK nasosning geormetiklik darajasini va ishlash sharoitini xarakterlaydi.

To'liq FIK yuqoridagi ush FIK larning ko'paytmasiga teng:

$$\eta = \eta_g \eta_V \eta_M \qquad (12.13)$$

Porshenli nasoslarda η = 0,7 ÷ 0,9, markazdan qochma nasoslarda esa η = 0,6 — 0,8.

Nasos dvigateliga kerakli quvvat N_{dv} ushbu formula bilan aniqlanadi

$$N_{dv} = \frac{N_v}{\eta_{uzat}} a$$

bu erda: η_{uzat} – uzatish FIK; a – dvigatelning tasodifiy o'ta zo'riqishiga qarshi zapas koeffisientidir, u dvigatel quvvatiga qarab 1,1 – 1,5 chegarasida bo'ladi.

2. KURAKLI NASOSLAR NAZARIYASINING ASOSLARI

2.5 Markazdan qochma nasoslar

Markazdan qochma nasoslarda suyuqlikka energiyani nasos korpusida aylanuvchi ish g'ildiragi kuraklari yordamida beriladi. Bunda parraklar orasidagi suyuqlik zarrachasi markazdan qochma kuch ta'sirida nasos kamerasiga intiladi. Bunday harakat natijasida ish g'ildiragi markazida bosim kamayib, ta'minlovchi idishdagi suyuqlik so'rish trubasi orqali ko'tariladi va ish g'ildiragi kuraklari orasidan chiqib ketgan suyuqlik o'rniga yangi suyuqlik keladi. Nasos kamerasiga markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlikning kelishi natijasida bosim ortib, suyuqlik nasos kamerasidan haydash trubasiga ko'tariladi. Markazdan qochma nasoslarning ishlashi shu prinsipga asoslangan bo'ladi.

Markazdan qochma nasoslarning asosiy qismlari korpus, valga o'rnatilgan aylanuvchi ish g'ildiraklari bo'lib, valga bir yoki bir necha ish g'ildiragi o'rnatish mumkin. Birinchi holda nasos bir g'ildirakli yoki bir bosqichli deyiladi. Ikkinchi holda esa u ko'p bosqichli deyiladi. Bir bosqichli markazdan qochma nasoslar kichik bosimli nasoslar gruppasiga taaluqli bo'lib, bosimni oshirish uchun valga bir necha ish g'ildiragi o'rnatiladi. Bu holda bosim ish g'ildiraklari nechta bo'lsa, taxminan shuncha ortadi. Odatda, markazdan qochma nasoslarning bosqichlarni soni o'n ikkitadan oshmaydi.

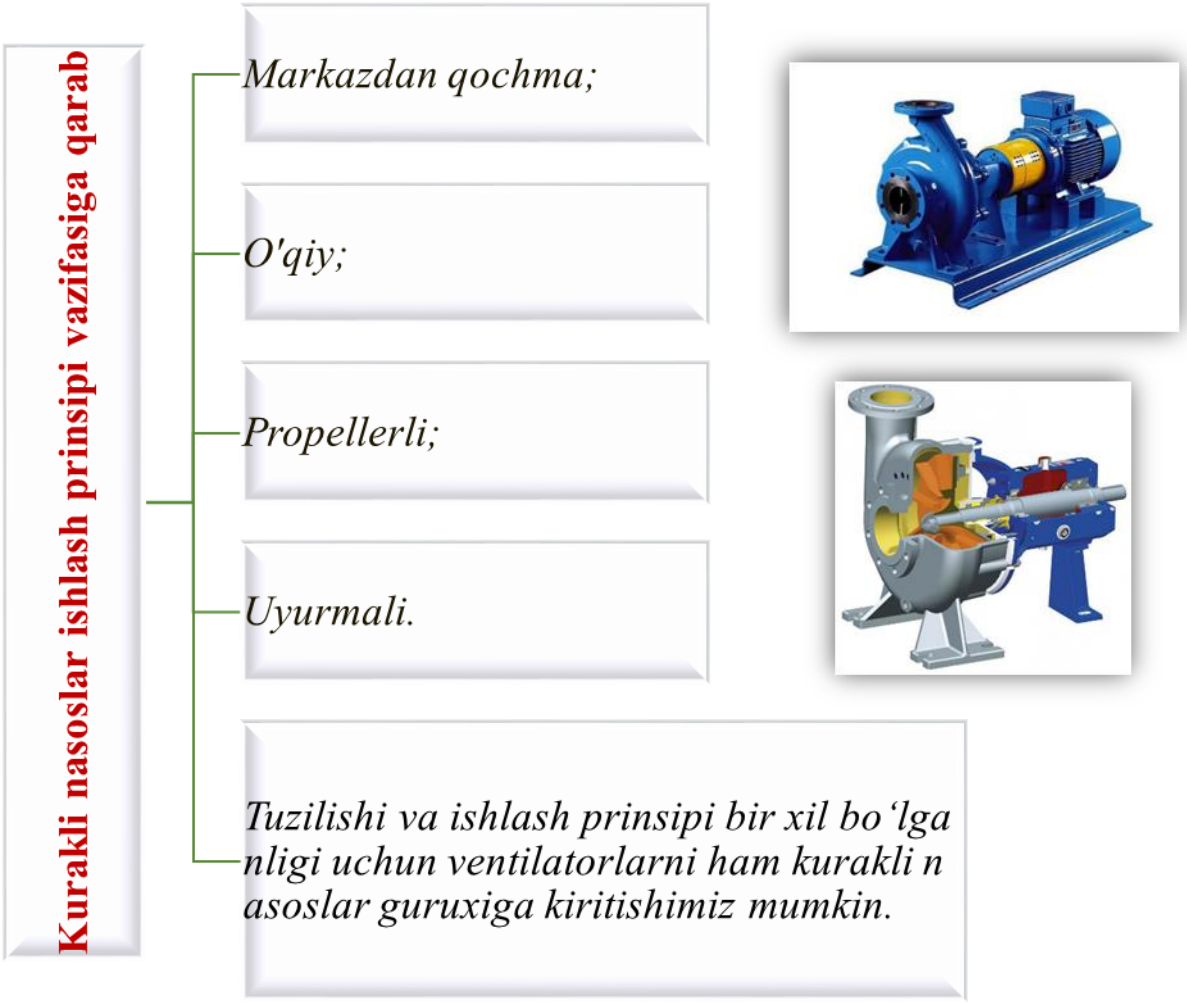
Ish g'ildiragi suyuqlikning oqishi uchun kanallar hosil qiluvchi kuraklar o'rnatilgan disk va qopqoqdan iborat. Kuraklar, odatda turli (oldinga etilgan, orqaga egilgan va radial) shakllarda bo'ladi. Markazdan qochma nasoslarda hosil bo'lgan bosim ish g'ildiragining aylanish tezligiga bog'liq. Ish g'ildiragi bilan korpus orasida kattagina tirqish bo'lib, agar korpus suyuqlik bilan to'ldirilmasa, g'ildirak aylanishidan hosil bo'lgan siyraklanish suyuqlikni ko'tarishga yetarli bo'lmaydi. Shuning uchun markazdan qochma nasoslarni ishga tushirishdan oldin uning korpusi suyuqlik bilan to'ldiriladi. Nasosni to'ldirishda yoki qisqa vaqtga to'xtaganida suyuqlik oqib ketmasligi uchun so'rish trubasining suvga botirilgan qismida klapan o'rnatilgan bo'ladi.

Markazdan qochma nasoslarning boshqa turdagi nasoslardan asosiy ustunligi ularning ixchamligidir. Bu nasoslarda turli inersiya kuchlarini vujudga keltiradigan ilgarilama-qaytma harakatning yo'qligi sababli ularning poydevori ham ixcham bo'ladi. Natijada nasos va unga tegishli asosning, xizmat va remont ishlarining qiymati kam bo'ladi.

Ikkinchidan, nasosning tez-tez buzilib turishga sabab bo'ladigan klapanlar va boshqa turli detallar bo'lmaydi.

Uchinchidan, harakat bitta val orqali berilib, murakkab uzatuvchi mexanizmlarning hojati bo'lmaydi.

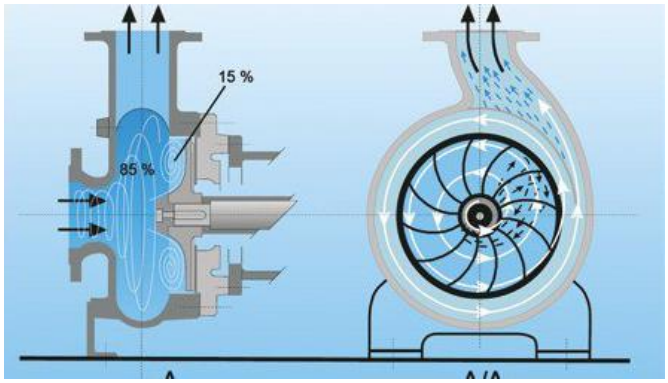
Markazdan qochma nasoslar bosim juda katta bo'lmasa ham, sarf katta bo'lishi zarur bo'lgan hollarda ishlatiladi.

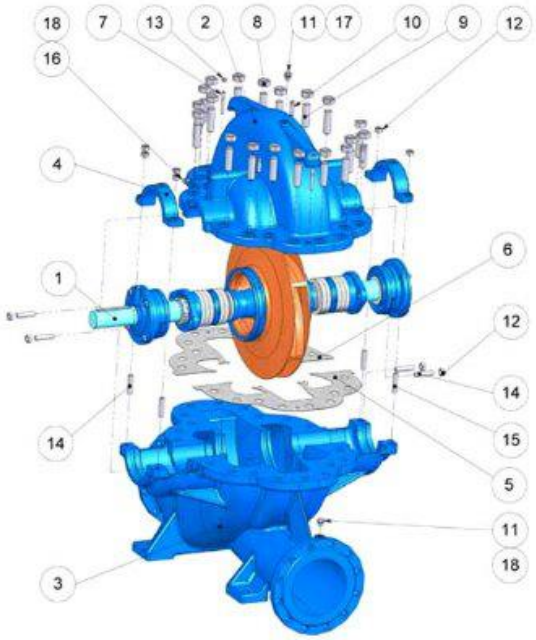


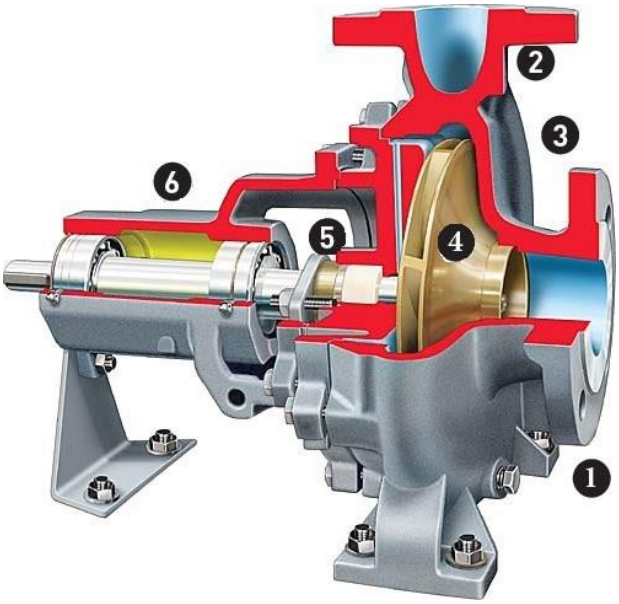
Bu turdagi nasoslar suyuqlikka kinetik energiya beradi.

Markazdan qochma nasosining tuzilishi va ishlash prinsipi

Markazdan qochma nasosning ish g‘ildiragi atrofidagi bo‘shliqdan suyuqlik o‘tib, o‘qdan radius bo‘yicha uzoqlashadi. Bu nasoslarning tuzilishi va turi har xil bo‘lishi mumkin.







Kamchiligi: nasosni ishlatish uchun oldindan ishchi g‘ildirakni suyuqlik bilan to‘ldirish kerak, f.i.k. pastroq (η=0,6-0,7), hosil qilinadigan bosim past.

Afzalligi: suyuqlik bir me’yorda uzatiladi, vazni yengil, tuzilishi sodda, ixcham, o‘rganish va ishlatish qulay.

NASOSLARNING ASOSIY PARAMETRLARI. KURAKLI NASOSLAR

Sarf. Nasos vaqt birligida so‘rgan suyuqlik hajmi **Q** uning so‘rishi yoki sarfi deb ataladi. So‘rish m^3/s, l/s va boshqa birliklarda o‘lchanadi.

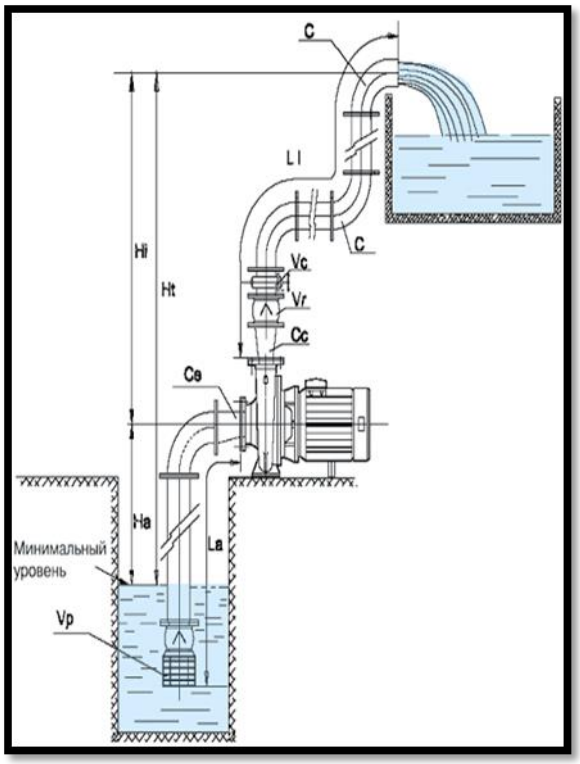
$$Q = \omega_1(\pi d_1 - \delta z)b_1 sin\beta_1;$$

$$Q = \omega_2(\pi d_2 - \delta z)b_2 sin\beta_2;$$

bu yerda: ω_1,ω_2 – ish g‘ildiragiga kiris va chiqishdagi nisbiy tezliklar;
d_1,d_2 – ish g‘ildiragining ichki va tashqi diametrlari;
δ-nasos kuraklarining qalinligi; z-kurvklar soni;
b_1,b_2-kuraklarning kirish va chiqishdagi eni;
β_1,β_2-kuraklarning kirish va chiqishdagi egrilik burchaklari;

NASOSLARNING ASOSIY PARAMETRLARI. KURAKLI NASOSLAR

NAPOR. Nasosdan o‘tayotgan suyuqlikning birlik og‘irlikdagi miqdoriga berilgan energiya (boshqacha aytganda nasosdan o‘tayotgan suyuqlik oqimi olgan solishtirma energiyasiga) nasosning napori (bosimi) deb ataladi va suyuqlik ustunining metrlari hisobida o‘lchanadi. Bosim ikki xil usulda aniqlanadi:
1) Nasos qurilmasining o‘lchov asboblari ko‘rsatuvi bo‘yicha (nasos ishlab turganda
2) Suyuqlikka nasos qurilmasi qismlarida berilgan solishtirma energiyalar yig‘indisi bo‘yicha.



$$E_1 = H_c + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\vartheta_0^2}{2g}$$

$$E_2 = H_c + H_0 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\vartheta_x^2}{2g}$$

$$H = E_2 - E_1 = H_м H_{вак} + H_0 + \frac{\vartheta_x^2 - \vartheta_0^2}{2g}$$

Bu erda: $H_м, H_{вак}$ – nasosning kirish va nasosning kirish va chiqish qismidagi naporlar.

QUVVAT. Nasosning vaqt birligi ichida bajargan ishi nasosning quvvati deyiladi:

$$N = \frac{A}{t};$$

$$A = GH;$$

$$N = \frac{mgH}{t} = \frac{\rho VgH}{t} = \rho gQH;$$

$$N_{\phi} = \gamma QH \quad ; \qquad [\kappa Bm]$$

bu erda: A –bajargan ish; t –vaqt; G –og'irlik; H –napor; m –massa; g –erkin tushish tezlanishi; ρ –zichlik; V –hajm; Q –sarf.

F.I.K. Foydali quvvatning nasos valiga berilgan quvvatiga(iste'mol quvvati) nisbati nasosning F.I.K. deyiladi.

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N}; \quad [\%]$$

bundan:

$$N = \frac{N_{\phi}}{\eta}, \quad \left[kg\frac{м}{s}\right];$$

$$N = \frac{N_{\phi}}{\eta} = \frac{\gamma QH}{75\eta}, \quad [otkuchi];$$

$$N = \frac{N_{\phi}}{\eta} = \frac{\gamma QH}{102\eta}, \quad [\kappa Bm];$$

ENERGIYA YO'QOTISHLAR

FIK suyuqlikni ko'tarishdagi barcha energiya yo'qotishlarini ifodalovchi miqdordir. Bu yo'qotishlar uch xil turga bo'linadi:

-gidravlik
-mexanik
-hajmiy.

GIDRAVLIK YO'QOTISHLAR – nasosdagi gidravlik qarshiliklar (gidravlik ishqalanish, nasosga kirish va chiqishda, uyurmalar hosil bo'lishida va h.k.) ni engishga sarflanadigan energiyadir. Bu yo'qotishlarni gidravlik F.I.K. hisobga oladi;

$$\eta_g = \frac{H}{H + \sum h_{\omega, nas}};$$

bunda $\sum h_{\omega, nas}$ - nasosdagi gidravlik yo'qotishlar yig'indisi. Gidravlik FIK nasos ish g'ildiragi va kurakchalari, umuman nasosning tayyorlanish sifatiga bog'liq.

MEXANIK YO'QATISHLAR – nasosning podshipnik va maydonlardagi ishqalanishga, krivoship-shatunli mexanizmlarga sarflangan quvvat yo'qotishlari bo'lib, uni mexanik FIK hisobga oladi:

$$\eta_m = \frac{N_n}{N_v};$$

bu erda: N_n – nasosning indicator quvvati bo'lib, nasos validagi quvvat va mexanik yo'qotishlarga sarflangan quvvatlarning ayirmasiga teng.

Mexanik FIK podshipnik, maydon va ishqalanish ro'y beradigan boshqa qismlarning tayyorlanish sifatini va moslanganligini xarakterlaydi.

HAJMIY YO'QOTISHLAR - suyuqlikning nasosdagi zichlagichlar, klapanlar orqali sirqib ketishi va nasos ish kameralarini yetarli to'ldirmasligi natijasida ro'yobga keladi.

Hajmiy FIK η_v – quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta_v = \frac{Q}{Q + \Delta Q};$$

bunda ΔQ – nasosdagi suyuqlikninig hajmiy yo'qotishlari.

Hajmiy FIK nasosning germetiklik darajasini va ishlash sharoitini xarakterlaydi.

TO'LIQ F.I.K

To'liq FIK yuqoridagi ush FIK larning ko'paytmasiga teng:

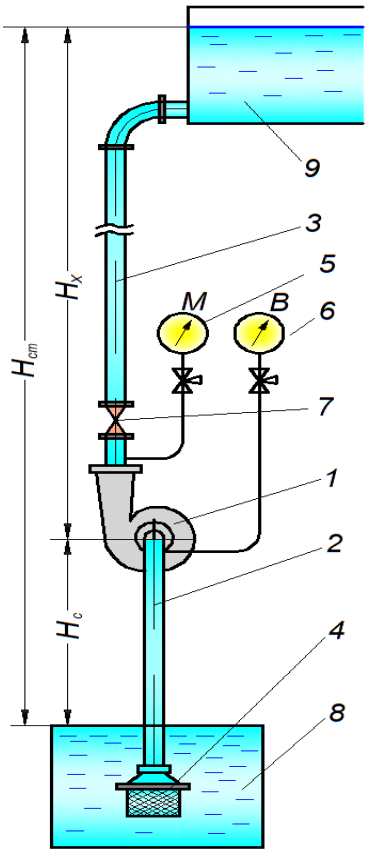
$$\eta = \eta_g \eta_v \eta_м;$$

Porshenli nasoslarda η = 0,7 - 0,9, markazdan qochma nasoslarda esa η = 0,6 - 0,8. Nasos dvigateliga kerakli quvvat N_{dv} ushbu formula bilan aniqlanadi.

$$\eta_{dv} = \frac{N_v}{N_{uzat}} a \ ;$$

bu erda: η_{uzat} – uzatish FIK; a – dvigatelning tasodifiy o'ta zo'riqishiga qarshi zapas koeffisientidir, u dvigatel quvvatiga qarab 1,1 – 1,5 chegarasida bo'ladi.

NASOS QURILMASI



1-nasos;

2-so'rish quvuri;

3-haydash quvuri;

4-setka;

5-manometr;

6-vakuummetr;

7-jumrak;

8-suv manbai;

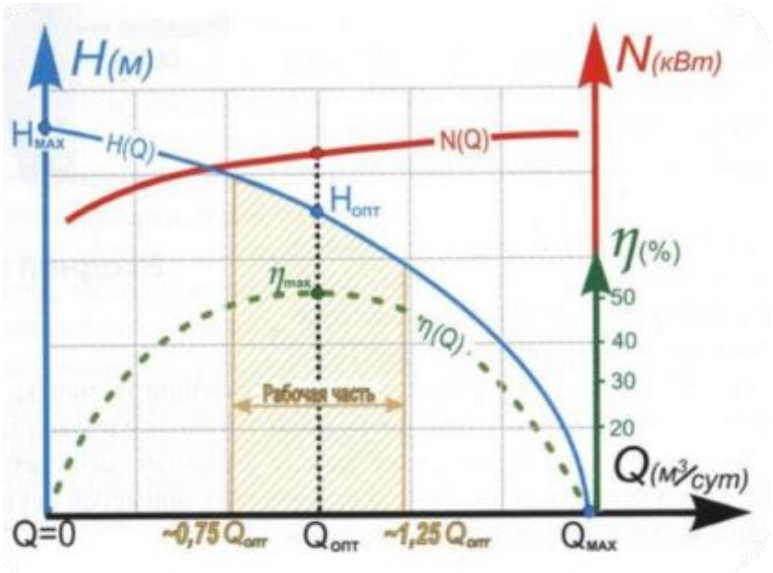
9-suv qabul qilish baki;

H_c-suv manbaidagi suv sathidan nasos o'qigacha balandlik (so'rish balandligi);

H_x-nasos o'qidan suv qabul qilish bakidagi suv sathigacha balandlik (haydash balandligi);

H_{cm}-statik napor.

MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING XARAKTERISTIKALARI



Odatda, xarakteristika nasosni sinash (tajriba) yordamida tuziladi. Buning uchun nasosning aylanish sonini o‘zgartirmasdan, haydash trubasiga o‘rnatilgan berkitkishni surish yo‘li bilan bosimni o‘zgartirsak, uning ishlash tartibi ham o‘zgaradi. Natijada quvvat va foydali ish koeffisienti ham o‘zgaradi.

(Q = 0) nasos ma'lum bosim hosil qiladi va u berkitgichning ochilishi bilan kamayib boradi (boshlanishda bosim bir oz ortib borib, maksimumga yetishi va so‘ngra kamayib ketishi mumkin). Quvvat esa ortib boradi va chiziqli ortishga yaqin bo‘ladi. Sarfning katta qiymatlarida bu ortish bir oz susayishi mumkin. FIK grafigi noldan boshlanadi va sarfning ma'lum bir miqdorlarida maksimumga ega bo‘ladi.

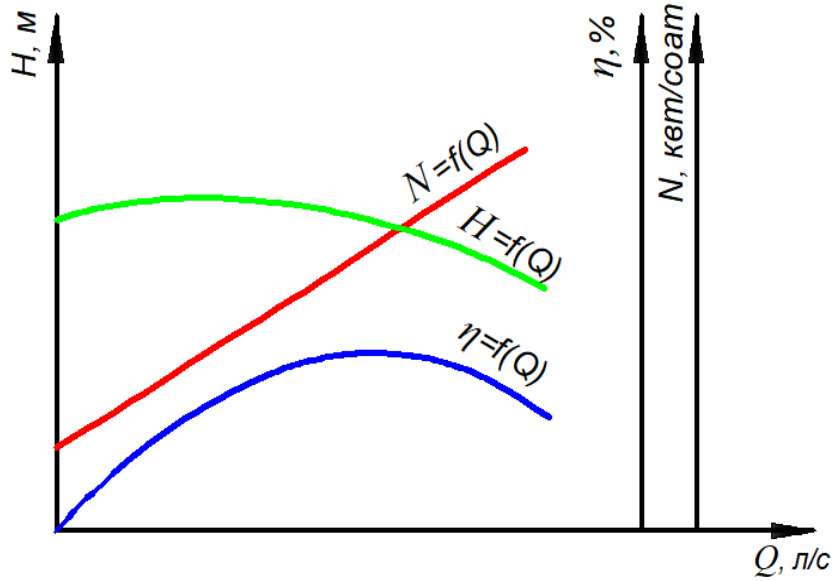
Napor, quvvat va foydali ish koeffisientlarining sarfga bog‘liqlik grafiklari nasosning xarakteristika grafiklari deyiladi:

Nasosning napor xarakteristikasi $H = f_1(Q)$;

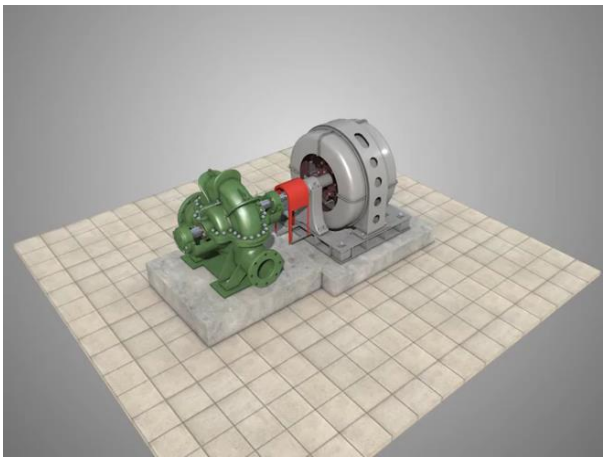
Nasosning quvvat xarakteristikasi $N = f(Q)$;

Nasosning FIK xarakteristikasi $\eta = f(Q)$;

NASOSNING XARAKTERISTIKALARI



DINAMIK NASOSLARNING TUZILIShI

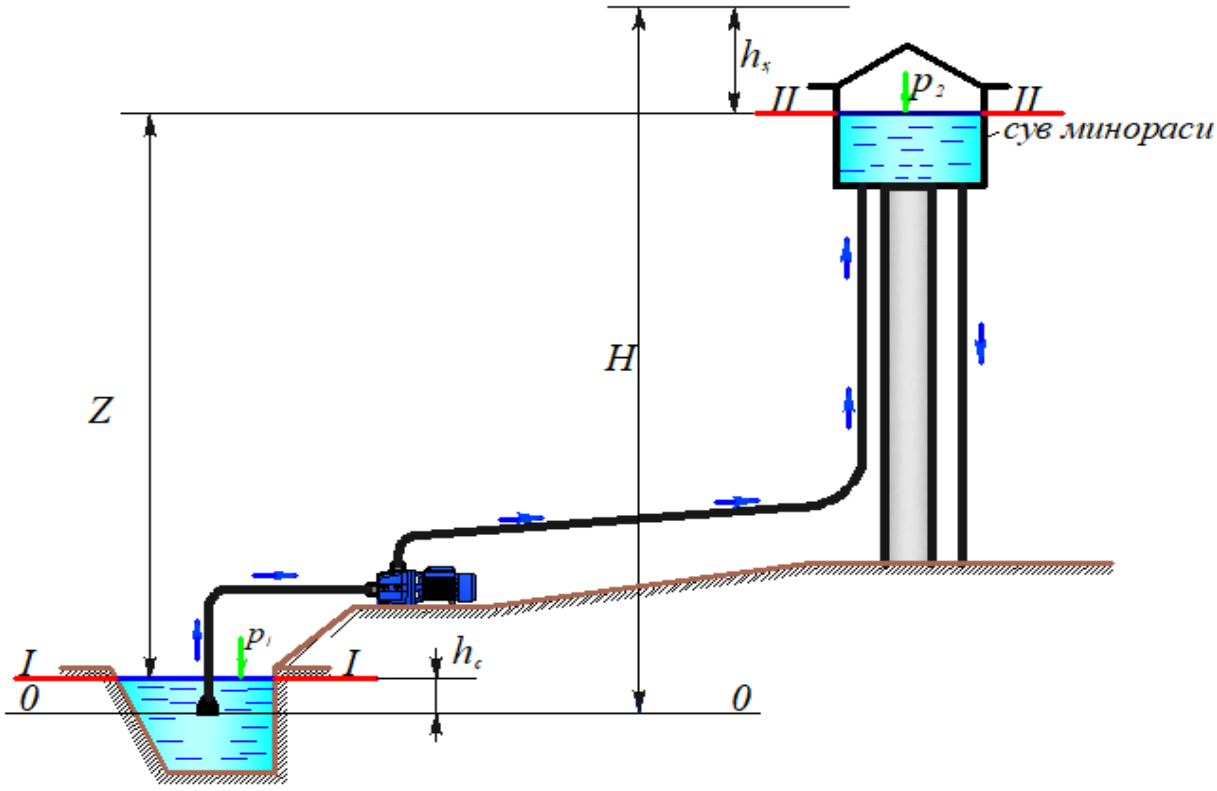


Takrorlash uchun savollar:

1. Nasoslarning asosiy parametrlari nimalar?
2. Nasosning quvvati va uning o‘lchov birligi.
3. Nasosning foydali ish koeffisienti deb nimaga aytiladi?
4. Nasosning xarakteristika grafiklari qaysilar va ular laboratoriya sharoitida qanday quriladi.?

NASOSNI QUVURGA ULASH. NASOS ISHINI BOSHQARISH

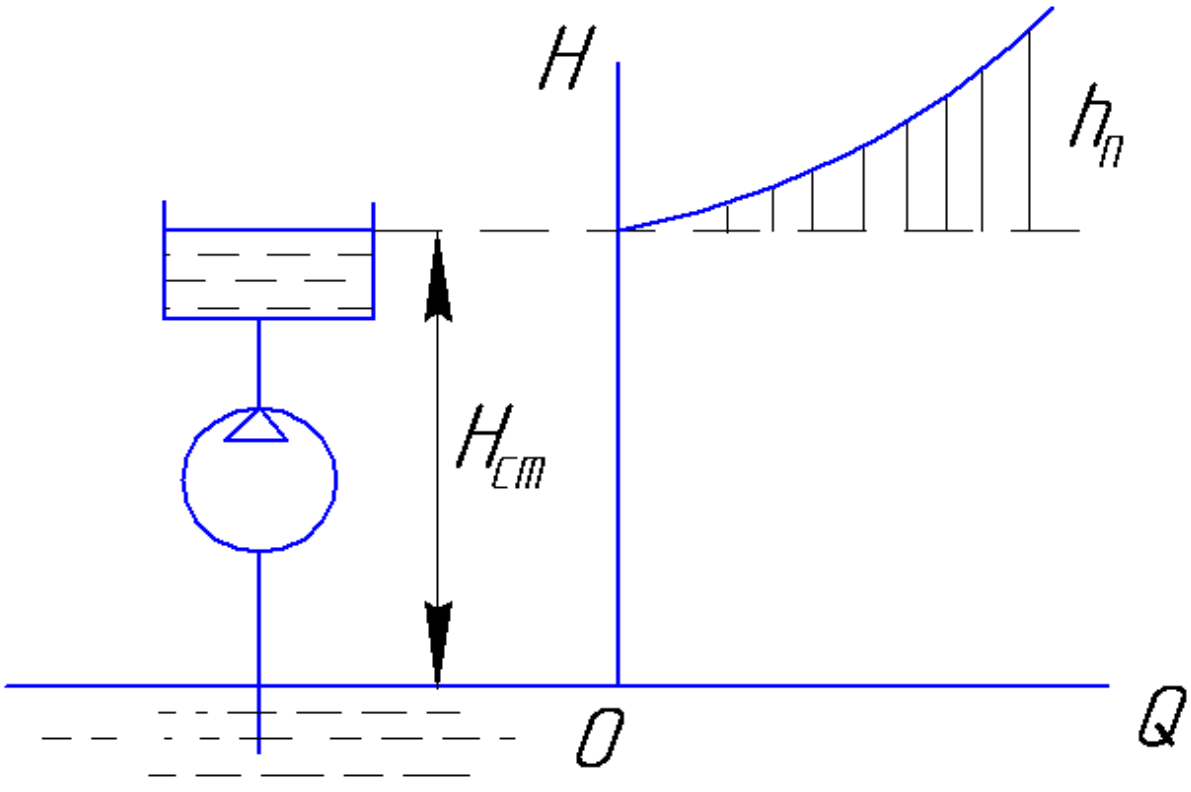
Nasos qurilmasining sxemasi



1-nasos; 2-nasosning so‘ruvchi quvuri; 3 - nasosning haydovchi quvuri.

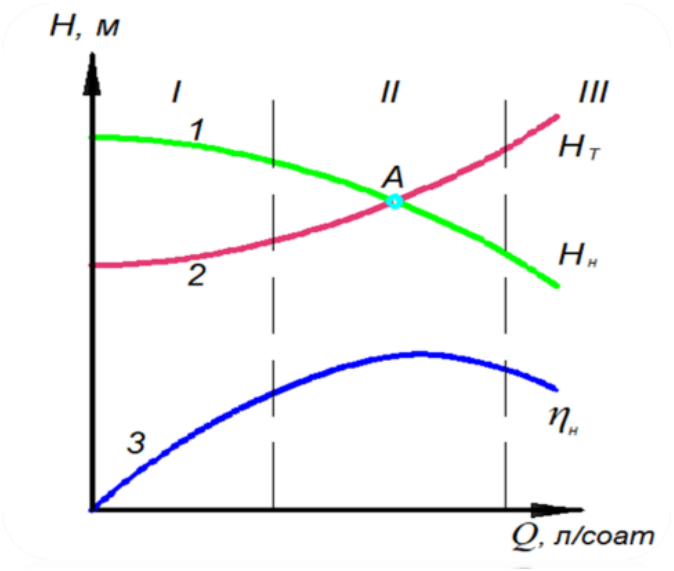
NASOSLARNI TURLARI

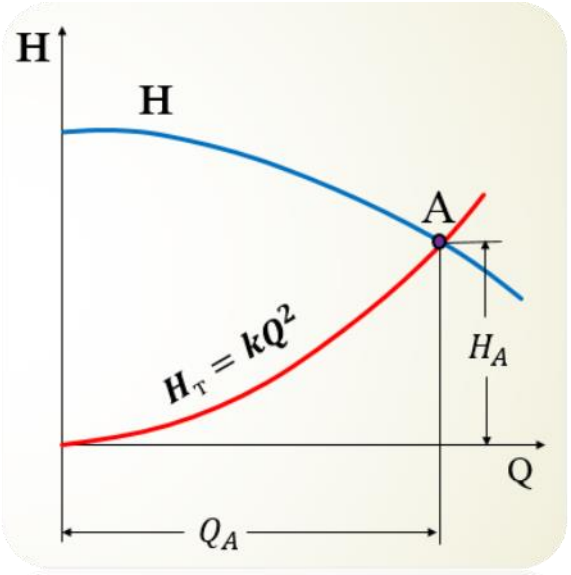
Nasos qurilmasining (quvurning) xarakteristikasi



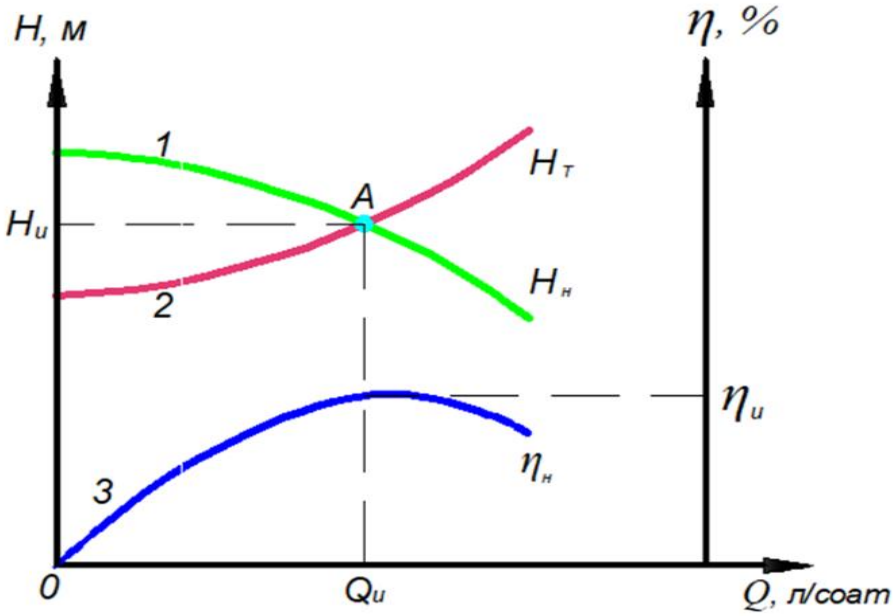
NASOS ISHCHI NUQTASINI ANIQLASH

Nasos ishchi nuqtasi (A) deb nasos napor xarakteristikasi va nasos qurilmasining xarakteristikasining kesishgan nuqtasiga aytiladi





NASOS ISHCHI PARAMETRLARINI ANIQLASH



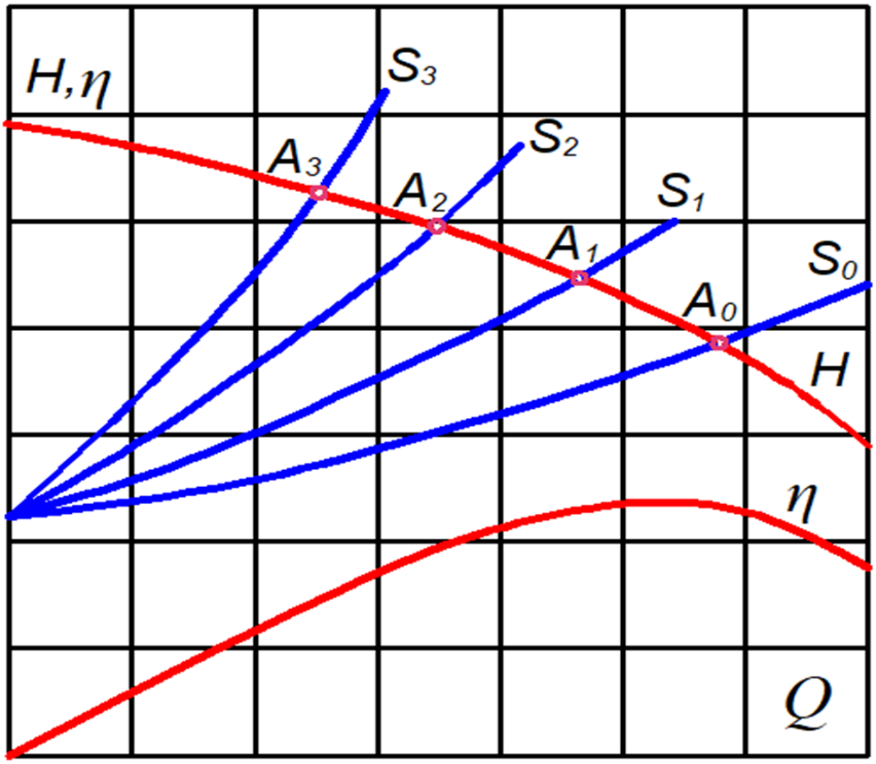
$$N_B = \frac{\rho g Q_u H_u}{\eta_u}, кт \quad ;$$

$H_н =$
$Q_н =$
$\eta_н =$

NASOS ISHINI BOSHQARISH

1. Drossellash.
2. Sarfning ma'lum qismini qaytarish.
3. Nasosning aylanishlar sonini o‘zgartirish.
4. Ish g‘ildiragi kuraklarining joylashish burchaklarini o‘zgartirish.
5. Ishlayotgan nasoslar sonini o‘zgartirish.

NASOSNING IShChI NUQTASINI BOShQARISh (DROSSELLASh USULI ORQALI)



Nasosni tanlash

- Nasosni tanlash asosan ikkita kattalik: uzatish kerak bulgan sarf - Q va berilishi kerak bulgan napor - H hamda aylanishlar chastotasi - P asosida amalga oshiriladi.
- Yuqorida keltirilgan kattaliklar asosida tezkorlik koeffisiyenti hisoblanadi va umumlashgan kataloglar yigma grafigida nasos tamg‘asi tanlanadi. Tanlangan tamg‘aga qarab, nasos katalogidan kerak bulgan nasos xarakteristikalari yozib olinadi.
-

Nasoslarni tamg‘alash (markasi).

Nasoslarni tamg‘alashda asosan uchta kattalik hisobga olinadi:

1.Nasoslar turi harflar bilan belgilanadi. Masalan K-konsolnay, 0- osevoy (o‘qiy), V-vertikalniy (vertikal) va hokazolar.

2.Sarfi, m^3/soat yoki m^3/s – katta nasoslar uchun.

3. Napori, m-da. Masalan: K 8/18 – Konsol nasos, sarfi Q = 8 m^3/s va dami H = 18m;NK 200/210 – N – neft nasos, K- konsoli, sarfi – Q = 200 m^3/ soat, dami H = 210m.

MASALA

Nasosni quvurga ulash va ishchi nuqtasinu aniqlash:

Berilgan:

Markazdan qochma nasos (К 20/18) suyuqlikni $H_г = 14$ м. balandlikka ko'tarmoqda. Nasos qurilmasining xarakteristikasi $H_к = H_г 160000\, Q^2$; tenglama orqali ifodalansa, nasos ishchi nuqtasini aniqlash talab qilinadi.

Masalani yechish tartibi:

I.Nasosning napor xarakteristikasi:

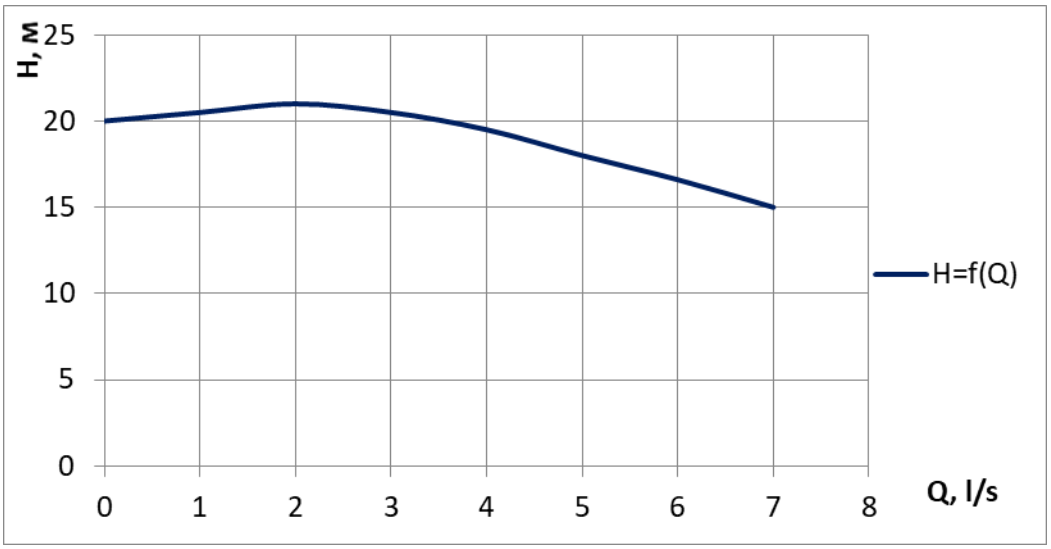
1.Nasoslar katalogidan foydalanib berilgan nasosni napor xarakteristikasini ko'chirib olamiz:

a) nasosning suv sarfini noldan maksimal qiymatgacha mos tushuvchi bosim qiymatlarini jadvalga yozamiz:

1-jadval

Q, l/s	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
H, м	**20**	**20.5**	**21**	**20.5**	**10.5**	**18**	**16.6**	**15**

1-jadval asosida quyidagi grafikni chizib olamiz.



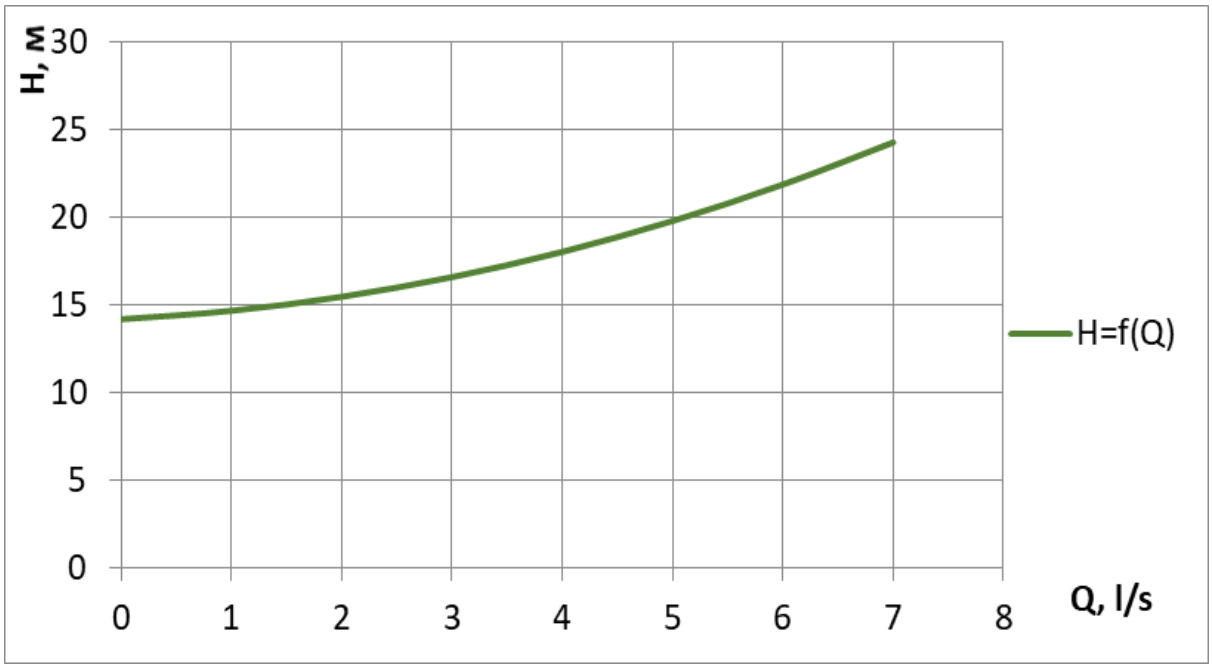
II Quvur xarakteristikasi:

a) $H_к = H_г + 160000\,Q^2$; tenglama asosida quyidagi jadval to‘ldiriladi:

2-jadval

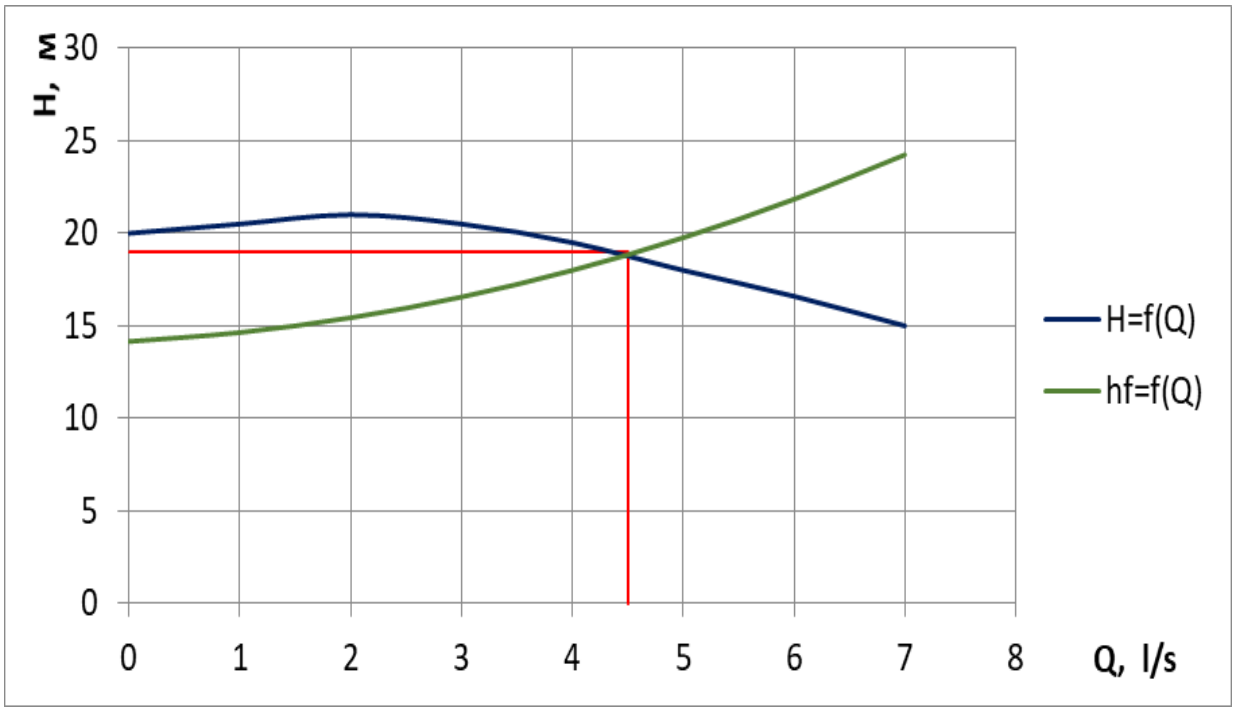
$Q, m^3/s$	$160000\,Q^2$	$H_к = H_г + 160000\,Q^2$
0,001	**0,16**	**14,16**
0,002	**0,64**	**14,64**
0,003	**1,44**	**15,44**
0,004	**2,56**	**16,56**
0,005	**4,00**	**18,00**
0,006	**5,76**	**19,76**
0,007	**7,84**	**21,84**
0,008	**10,24**	**24,24**

b) 2- jadval asosida quvur xarakteristikasi grafigini quramiz:



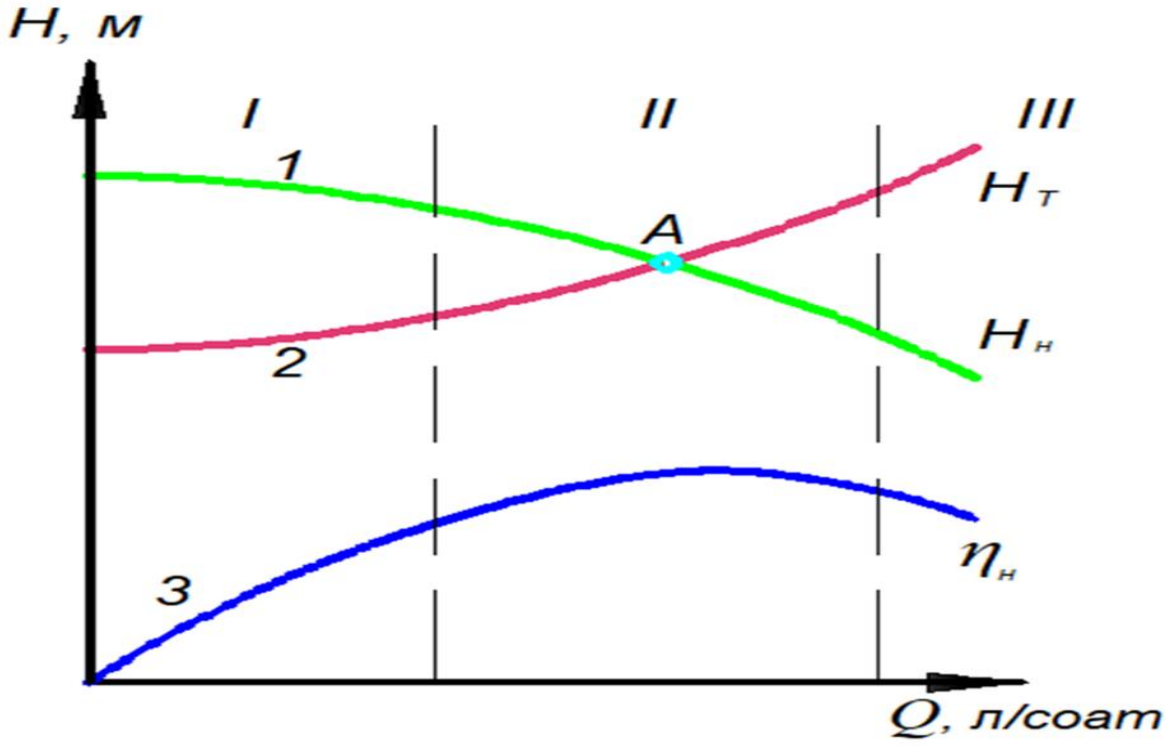
Nasosning ishchi nuqtasini aniqlash:

Yuqoridagi ikkala grafiklarni birlashtirib nasosning ishchi nuqtasini aniqlaymiz.

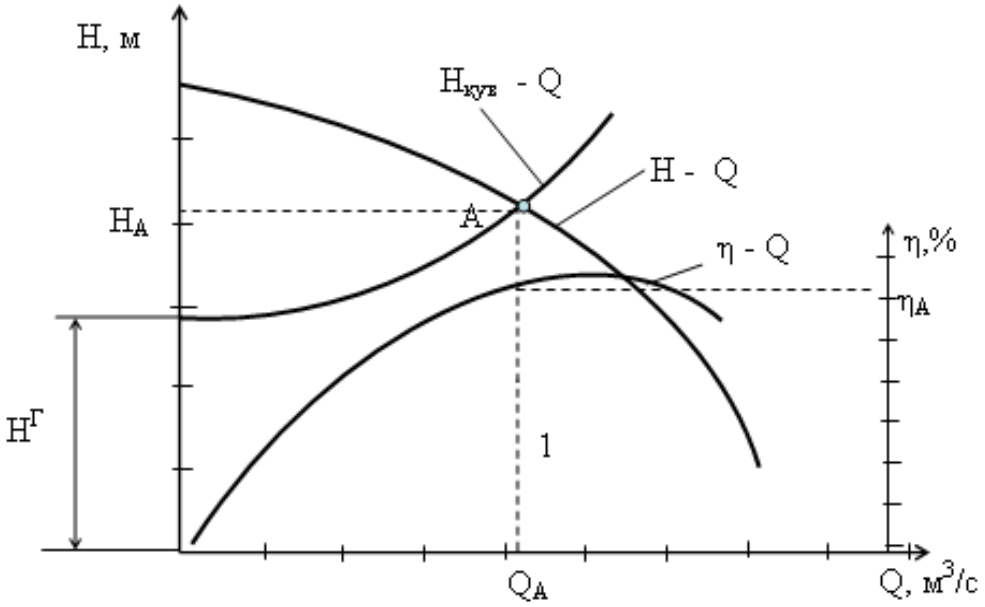


NASOSLARNI QUVURGA ULASH. NASOSLARNI KETMA-KET VA PARALLEL ULASH

NASOS ISHCHI NUQTASINI ANIQLASH



NASOSNING ISHCHI XARAKTERISTIKALARINI QURISH



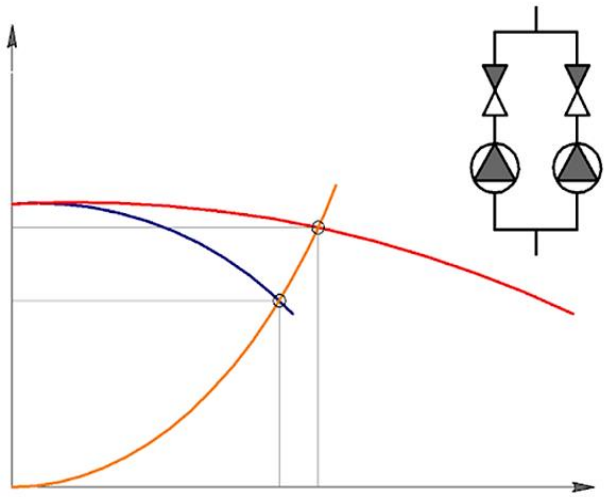
NASOSLARNING PARALLEL ISHLASHI

Bir nasos kerakli suv sarfini uzata olmaganda, ikki yoki undan ortik nasosni ishlatishga to‘g‘ri keladi. Bir necha nasosning umumiy haydash quvuriga suv uzatishiga nasoslarni parallel ulab ishlatish deyiladi.

Parallel ishlayotgan nasoslarni xarakteristikalari odatda bir xil bo‘lishi kerak, lekin har xil xarakteristikali nasoslarni ham parallel ishlatish mumkin.

Bir xil markali nasoslarning parallel ishlashi

$$\sum Q = Q_1 + Q_2; \qquad \sum H = H_1 + H_2;$$



Nazariy suv sarfi: $\mathbf{Q_{quv}=Q_1+Q_2=2Q}$.
Parallel ulashning asosiy shartlari:
$\mathbf{Q_{um}=Q_1+Q_2+\ldots+Q_nH_{um}=H_1=H_2=\ldots=H_n}$

Gidravlik qarshiliklar natijasida, ma'lum miqdorda napor yo‘qotiladi. Shuning uchun, umumiy quvurdagi suv sarfi, ikkala nasosning suv sarflari yig‘indisiga teng emas, balki kichikroq bo‘ladi.

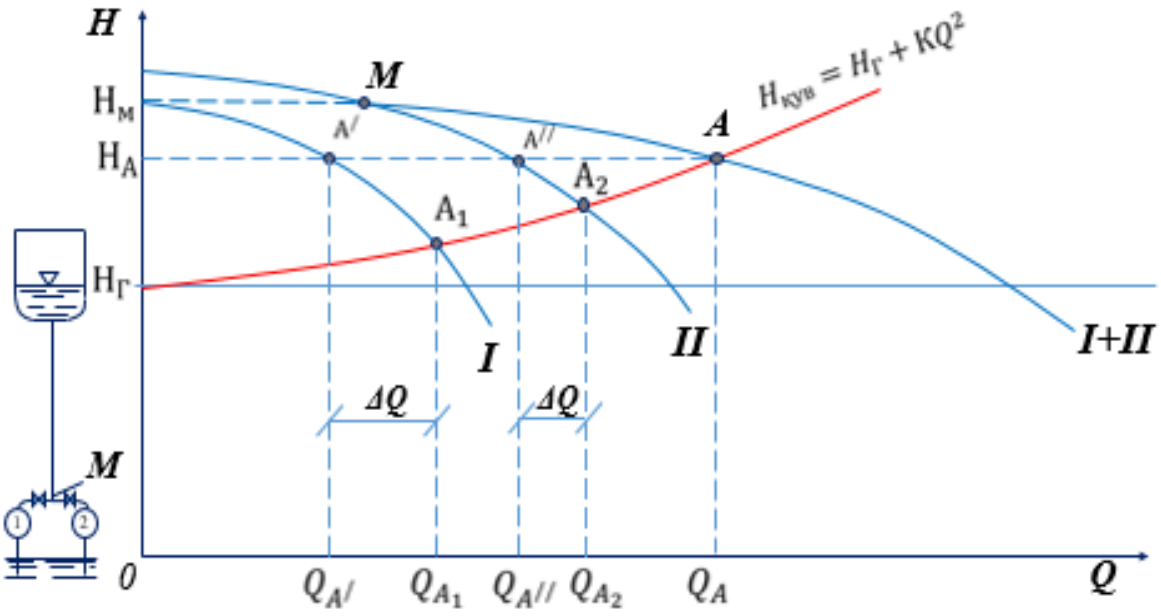
$$\mathbf{Q_{quv} = Q_1 + Q_2 < 2Q} \text{ yoki } \mathbf{Q_{кув} = (1{,}7 \ldots 1{,}8)Q_{1,2}} \text{ . } \mathbf{(1)}$$

Umumiy haydash quvurida tezlik oshganligi tufayli, gidravlik qarshiliklar ko‘payadi, natijada ko‘p miqdorda napor yo‘qotiladi. Yo‘qotilgan umumiy naporni topish uchun bir nasos ishlaganda yo‘qotilgan napor miqdorini, parallel ishlayotgan nasoslar soni kvadratiga ko‘paytirish kerak.

$$\mathbf{\Delta h_{n+i} = \Delta h_n \cdot n^2} \qquad \mathbf{(2)}$$

bu erda: **n** – параллел ишлаётган насослар сони.
Bu holda ham, nasoslardan umumiy haydash quvurigacha bo‘lgan masofadagi gidravlik qarshiliklarni yo‘q deb faraz qilamiz.

NASOSLARNING PARALLEL ISHLASHI



Har xil xarakteristikali nasoslarni parallel ulash

Ulardagi napor bir xil bo‘lmaganligi sababli, nasoslarni quyidagicha ishga tushiramiz: napori katta bo‘lgan nasosni ishga tushiramiz, u suv hayday boshlaydi va suv sarfi oshgan sari napori kamayib boradi; ishlayotgan nasosning napori, ishlab turgan, ammo zadvijkasi yopiq turgan ikkinchi nasosning maksimal naporiga tenglashgandan so‘ng, zadvijkani ochamiz. Shu (M) nuqtadan boshlab, ikkala nasos parallel ishlay boshlaydi, chunki $H = H_1 = H_2$ (1-rasm).

Napori katta bo‘lgan nasosdan uzatilayotgan suv, napori kichik bo‘lgan nasosning haydash quvuri orqali teskari oqmasligi uchun, napori kichik quvurga teskari klapan o‘rnatish kerak. Nasoslar parallel ishlagunga kadar, umumiy quvurdan o‘tayotgan suv sarfi, faqat napori katta bo‘lgan nasosga tegishlidir. Umumiy (M) nuqtadan so‘ng, nasoslar parallel ishlay boshlaydi va umumiy quvurdagi suv sarfi, ikki barobar ko‘payadi.

Ikkala nasos alohida ishlab uzatayotgan suv sarfi ular parallel ishlab umumiy bitta quvurga uzatayotgan suv sarfidan kattadir, ya'ni

$$\mathbf{Q_A = Q_A^I + Q_A^{II} < Q_{A1} + Q_{A2}.} \quad \mathbf{(3)}$$

bu erda: $\mathbf{Q_A}$ – ikkala nasosning umumiy suv sarfi; $\mathbf{Q_A^I; Q_A^{II}}$ – har bir nasosning umumiy quvirga uzatayotgan suv sarfi; $\mathbf{Q_{A1}; Q_{A2}}$ – har qaysi nasos alohida ishlaganidagi suv sarfi.

NASOSLARNING KETMA–KET ISHLASHI

Bir nasos kerakli balandlikka suvni chiqarib bera olmaganda, ikki yoki undan ortiq nasos ishlashiga to‘g‘ri keladi.Suvni birinchi nasos napor quvuri orqali ikkinchi nasosning so‘rish patrubkasiga uzatilishi, nasoslarni ketma – ket ulab

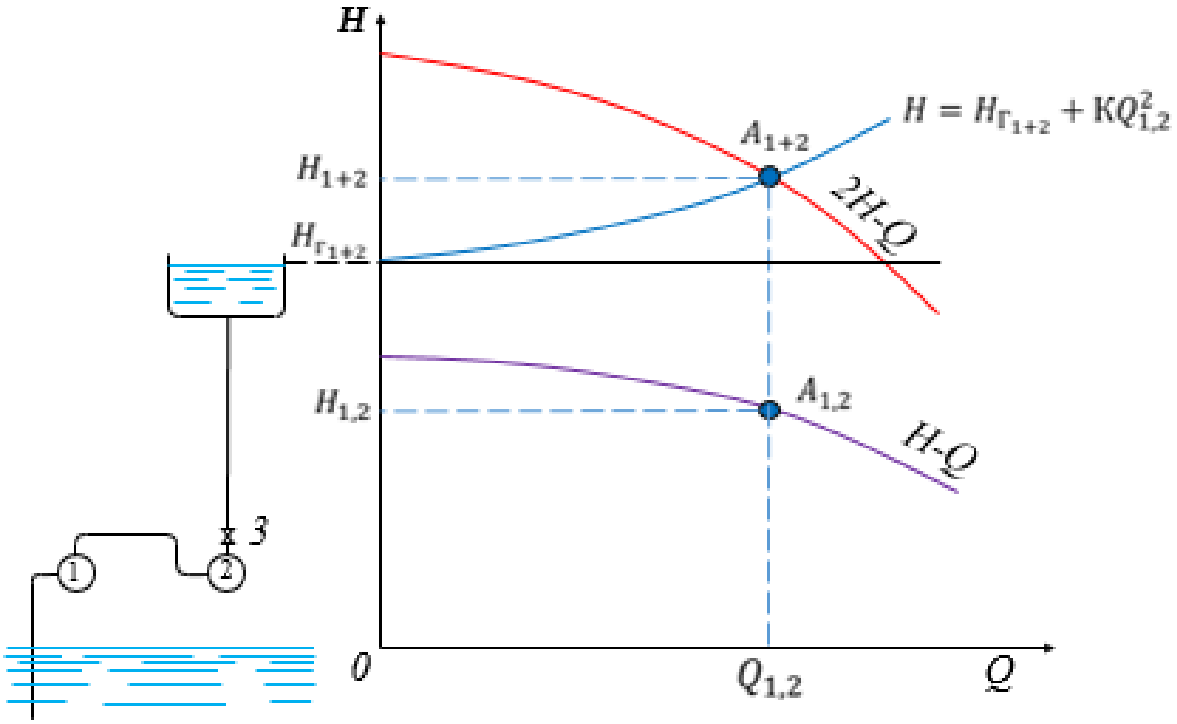
ishlatish deyiladi. Nasoslarni ketma – ket ulash, umumiy naporini oshirish uchun qo‘llaniladi. Ketma – ket ulashning asosiy shartlari:

$$\mathbf{Q_{um} = Q_1 \neq Q_2 \neq \ldots \neq Q_n \; H_{um} = H_1 + H_2 + \ldots + H_n}$$

Ikkita ketma – ket ishlayotgan bir xil xarakteristikali nasos-larning umumiy napor xarakteristikasini qurish uchun, bitta na-sosning har bir suv sarfiga mos naporini ikki barobar ko‘payti-rish kerak. Ketma – ket ishlayotgan ikki nasosning ishchi nuqtasi, umumiy napor xarakteristikasining quvurlar sistemasi xarakte-ristikasi bilan kesishgan nuqtasi bo‘ladi. Bir xil xakteristika-li nasoslarning ketma-ket ishlash shartlari: suv sarfi $\mathbf{Q_{um}=Q_1=Q_2=\ldots=Q_n}$ napori $\mathbf{H_{um}=H_1+H_2+\ldots+H_n=nH_1}$

bu erda: *n* – nasoslar soni.

NASOSLARNING KETMA-KET ISHLASHI

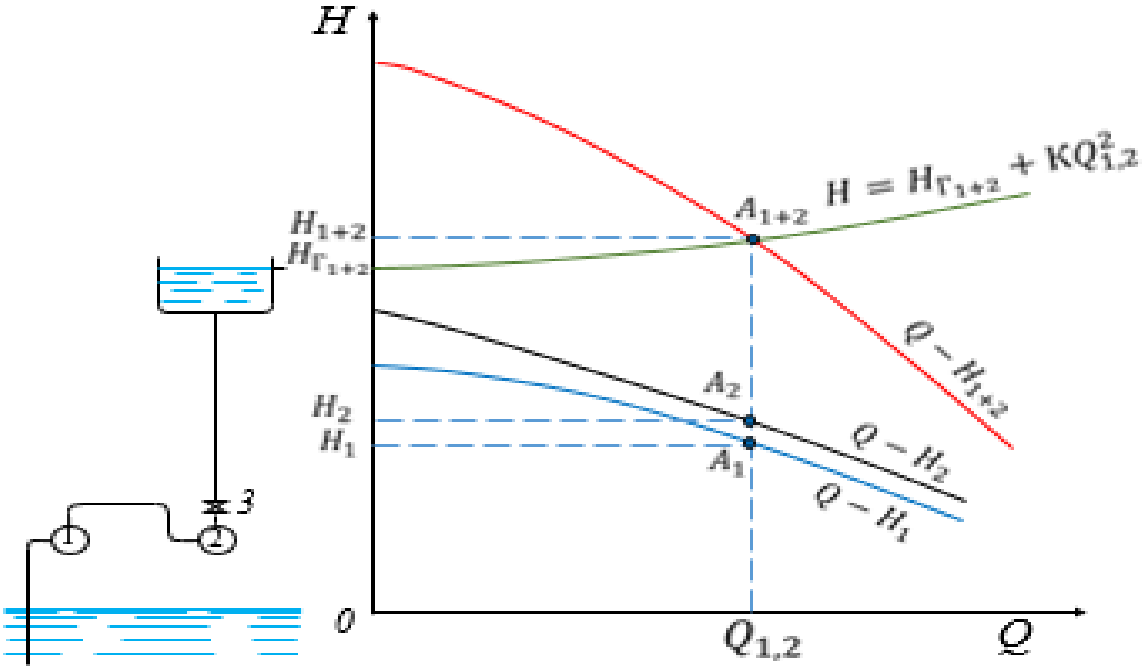


Bir xil xarakteristikali nasoslarni ketmaket ulash

Ketma – ket ishlayotgan har xil xarakteristikali nasoslarning har bir suv sarfiga mos naporlarni topish uchun nasoslar naporini bir – biriga qo‘shish kerak. Nasoslar napori yig‘indisi bilan birin-chi nasos suv sarfi orasidagi bog‘lanish ularning umumiy napor xarakteristikasini beradi. Umumiy napor xarakteristikasidan biror nuqtaga mos keladigan har bir nasosning naporini topish uchun, umumiy ishchi nuqtasidan absissa o‘qiga perpendikulyar tushiramiz. Nasoslarning napor xarakteristikasi bilan perpendi-kulyarning kesishgan nuqtasidagi napor har bir nasosning A nuqtasi-dagi naporini beradi. Har xil

xarakteristikali nasoslarning ketma-ket ishlash shartlari: suv sarfi - $\mathbf{Q_{ум} = Q_1 = Q_2 = \ldots = Q_n}$ napori - $\mathbf{H_{ум} = H_1 + H_2 + \ldots + H_n}$

NASOSLARNING KETMA-KET ISHLASHI



Har xil xarakteristikali nasoslarning ketma-ket ishlashi

HAJMIY NASOSLAR VA ULARNING XARAKTERISTIKALARI

Hajmiy nasoslar ikkita katta turlarga bo‘linadi:

1. Ish bo‘lmasi harakatlanmaydigan, boshqariluvchi qismi ilgarilanma – qaytma harakat qiluvchi nasoslar bularga porshenli, plunjerli va h.k. nasoslar kiradi.

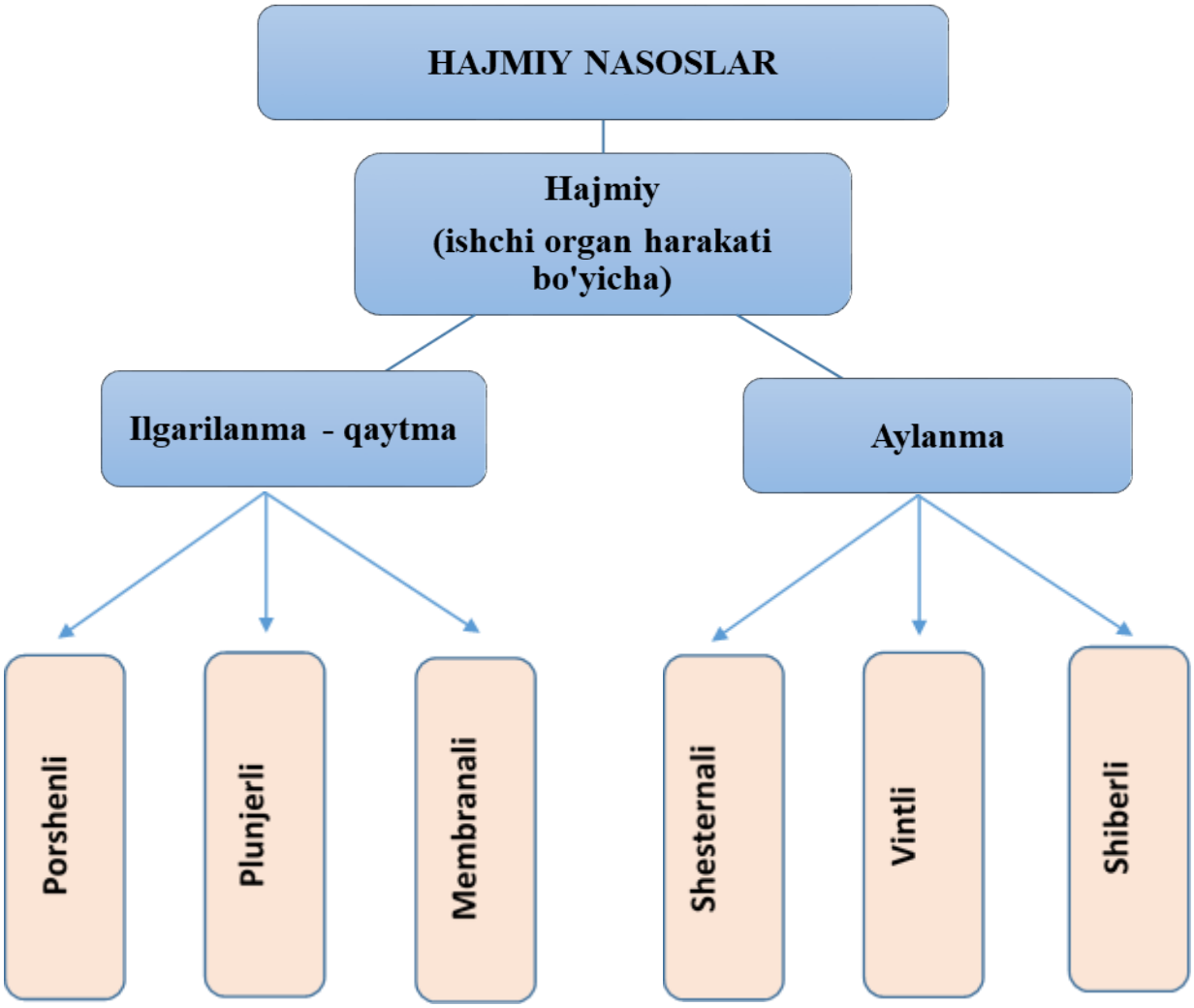
2. Siquvchi bo‘lma rotor bilan birga aylanadi. Bunday nasoslarga rotorli nasoslar deyiladi. Hajmiy nasoslarda suyuqlik uzatish jarayoni, nasos ishchi kamerasini suyuqlikka to‘ldirib, so‘ngra ishchi kamerani davriy bo‘shatish orqali amalga oshadi.

Hajmiy nasoslar suyuqlikning ma'lum hajmiga, kuch bilan ta'sir qilib harakatga keltiradi.

Energetik nuqtai nazaridan qaraganda, hajmiy nasoslar suyuqlikning potensial energiyasini o‘zgartirib suyuqlik uzatadi.

Hajmiy nasoslarning odatda sarfi katta bo‘lmaydi, lekin ular yordamida yuqori bosim olish mumkin.

Hajmiy nasoslar klassifikasiyasi



HAJMIY NASOSLARNING DINAMIK NASOSLARDAN FARQLI TOMONLARI:

- Suyuqlik uzatish jarayoni davriyligi, ya'ni suyuqlik notekis uzatilishi;
- Germetikligi, ya'ni so‘ruvchi va haydovchi quvurlarda o‘zaro bog‘liqligi yo‘qligi;
- So‘rish qobiliyatiga egaligi;
- Sarf va napor orasidagi bog‘liqlikni deyarli sezilmasligi;
- Hosil qilinadigan napor (bosim) ning ishchi organi harakatiga bog‘liq emasligi;

Hajmiy nasoslarning asosiy xarakteristikalari

1. Sarf: $Q = \eta_Q \frac{V \cdot n}{60}, \ \frac{m^3}{soat};$

   V-ishchi kamerasining hajmi, *n*-aylanishlar soni, η_Q –Hajmiy nasosning F.I.K.

2. Nasosning napori: $H = \frac{P_H}{\gamma}$; $P_H = P_2 + P_1$;

P_2; P_1 —nasosning so'rish va chiqarish quviridagi bosimlar.

3. Nasosning quvvati:

Foydali quvvat: $N_\phi = Q \cdot P_H$;

Umumiy quvvat: $N = M_H \cdot \omega_H$;

bu erda: M_H – nasos valining momenti, ω_H —valning burchak tezligi.

4. Nasosning F.I.K. $\eta = \eta_г \cdot \eta_Q \cdot \eta_M$;

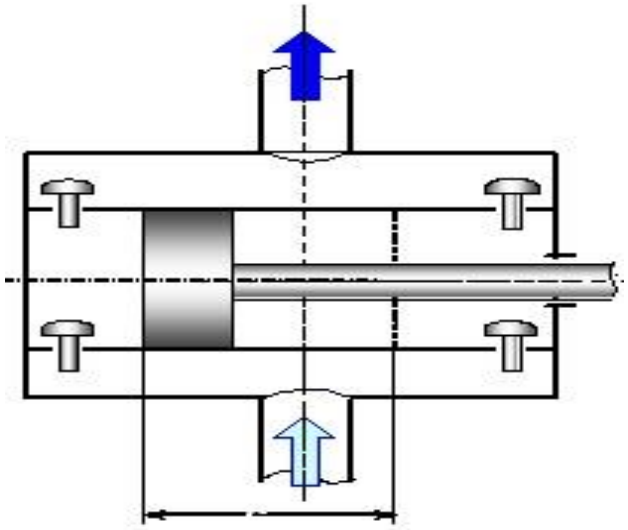
$\eta_г$ – gidravlik F.I.K; η_Q – hajmiy F.I.K; η_M – mexanik F.I.K.

Sodda amaliy porshenli nasosning sarfi quyidagicha aniqlanadi

$$Q = \eta_Q \frac{V \cdot n}{60}; \qquad V = FL; \qquad Q = FL\frac{n}{60};$$

bu erda: *F* – porshen ko'ndalang kesimining yuzi; *L* – porshenning yurishi (bir borib kelishda bir tomonga yurgan yo'lining uzunligi); *n*– porshenning bir minutda borib kelish soni (yoki krivoship shatunli mexanizmning aylanish soni).

Ikki amaliy bir porshenli nasosning sarfi



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

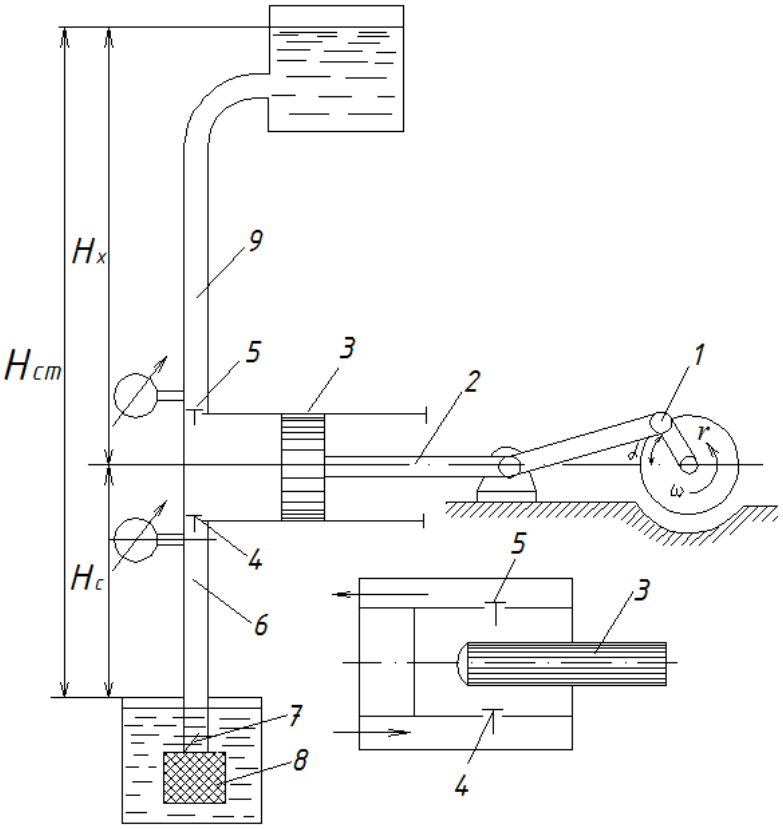
bu erda: *f* – shtok kondalangkesimining yuzi.

Ko'p amaliy porshenli nasosiing sarfi

$$Q = FL\frac{n}{60}i;$$

bu erda: *i*– nasos silindrlarining soni.

Porshenli va plunjerli nasoslar (nasos qurilmasi) asosiy elementlari



1 – krivoship shatunli mexanizm;

2 – shtok;

3 – porshen;

4 – so’rish klapani;

5 – haydash klapani;

6 – so’rish quviri;

7 – tirgak klapan;

8 – setka;

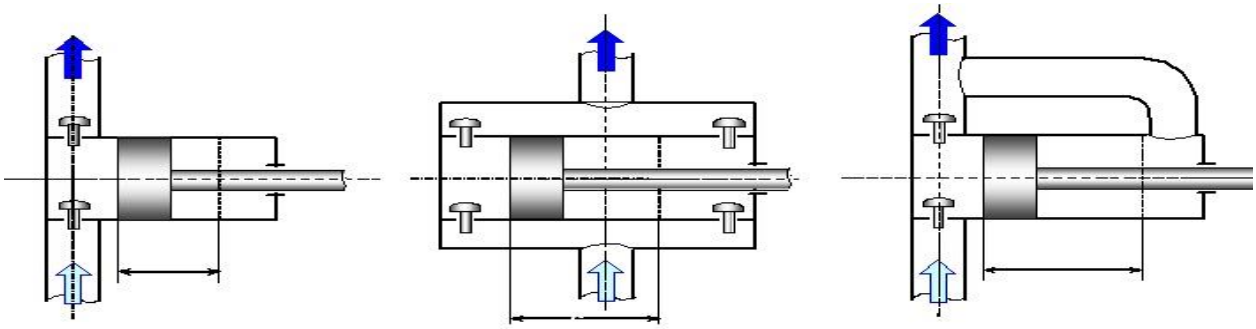
9 – haydash quviri;

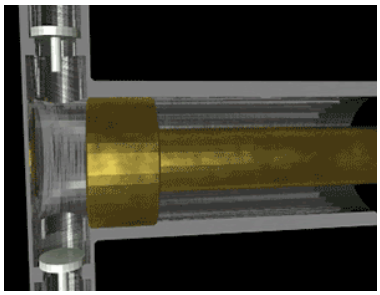
Hc – so’rish balandligi;

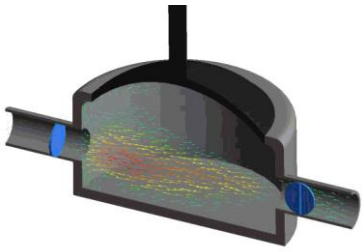
Hx – haydash balandligi;

Hст – statik balandlik.

PORSHENLI NASOSLAR







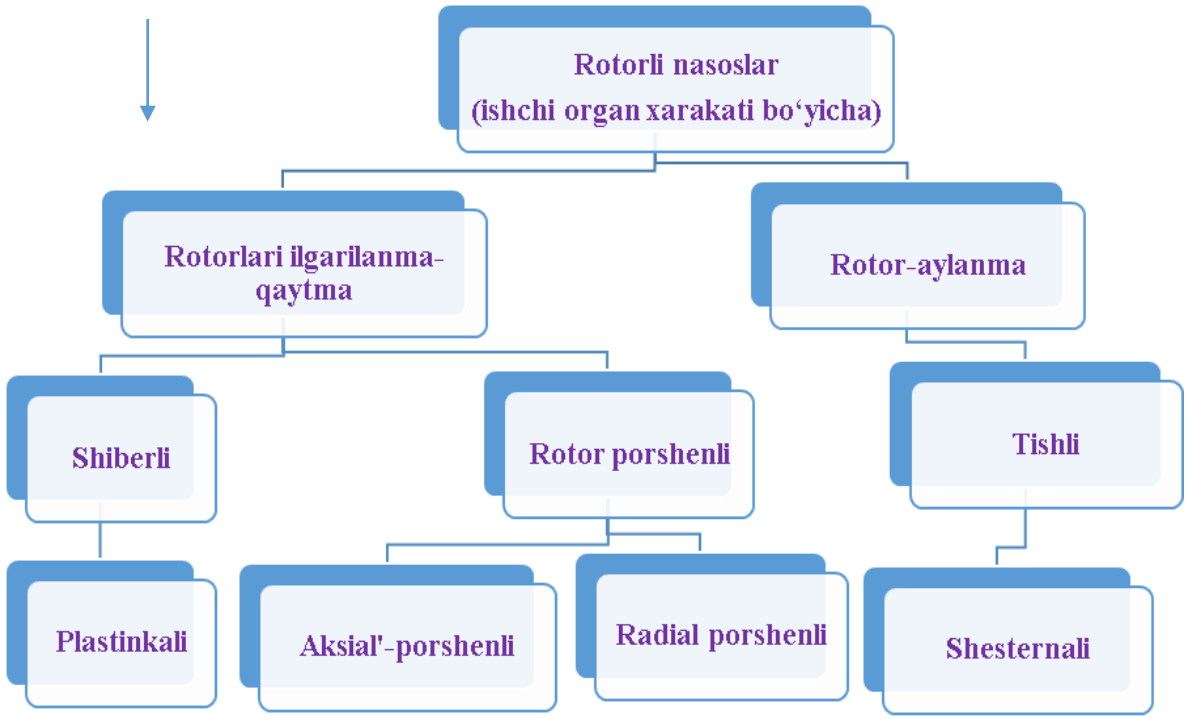
Takrorlash uchun savollar:

1. Nasoslarning asosiy parametrlari nimalar?
2. Nasosning quvvati va uning o‘lchov birligi.
3. Nasosning foydali ish koeffisienti deb nimaga aytiladi?
4. Nasosning xarakteristika grafiklari qaysilar va ular laboratoriya sharoitida qanday quriladi.?

ROTORLI NASOSLAR

Rotorli nasoslar har xil bir jinsli suyuqliklarni uzatishda avtonom qurilma sifatida, shuningdek, gidroyuritmalar tarkibida suyuqlikni harakatlantiruvchi yoki suyuqlikka kerakli energiya bosim beruvchi nasos holida va harakatlanayotgan suyuqlik orqali o‘zi harakat olib energiyasini boshqa mashinalarga, qurilmalarga uzatuvchi gidrodvigatellar tarzida ishlatilishi mumkin. Rotorli nasoslarning hajmiy FIK $\eta_Q = 0{,}7 \ldots .0{,}95$ atrofida bo‘lib, nasosning ishqalanuvchi qismlarining yeyilishiga mos ravishda o‘zgaradi. Nasos aniq ishlanganligi uchun mexanik FIK yuqori bo‘ladi

Ishchi qismi aylanma harakatlanuvchi hajmiy nasoslar-rotorli nasoslar klassifikasiyasi



Rotorli nasoslarning afzalliklari

1. Rotorli nasoslarni gidromat'or sifatida ham foydalanish mumkinligi;
2. Tezyurarligi, aylanishlar soni $n = (2....5)10^3 \frac{1}{\min}$; bo'lishi mumkin.

Kamchiligi: Faqat toza suyuqliklarda (moylarda) ishlashi. Suv uchun foydalanmasligi.

Hajmiy nasoslarning asosiy xarakteristikalari

1. Sarf: $Q = \eta_Q \frac{V \cdot n}{60}, \ \frac{m^3}{soat}$;

   V-nasosning ishchi kamerasining hajmi, *n*-aylanishlar soni, η_Q – Hajmiy nasosning F.I.K.

2. Nasosning napori: $H = \frac{P_H}{\gamma}$; $P_H = P_2 + P_1$;

   P_2; P_1 —nasosning so'rish va chiqarish quviridagi bosimlar.

3. Nasosning quvvati:

   Foydali quvvat: $N_\phi = Q \cdot P_H$;

   Umumiy quvvat: $N = M_H \cdot \omega_H$;

   bu erda: M_H – nasos valining momenti, ω_H —valning burchak tezligi.

4. Nasosning F.I.K. $\eta = \eta_г \cdot \eta_Q \cdot \eta_M$;

   $\eta_г$ – gidravlik F.I.K; η_Q – hajmiy F.I.K; η_M – mexanik F.I.K.

Rotorli nasoslar

1. Ideal sarf: $Q = V \cdot n;$
2. Hajmiy sarf: $Q_x = \eta_Q V \cdot n;$

   bu erda: *V*-nasosning ishchi kamerasining hajmi, *n*-aylanishlar soni, η_Q – hajmiy F.I.K.

3. Nasos valining aylantiruvchi moment:

$$M = \frac{V \cdot P}{2\pi};$$

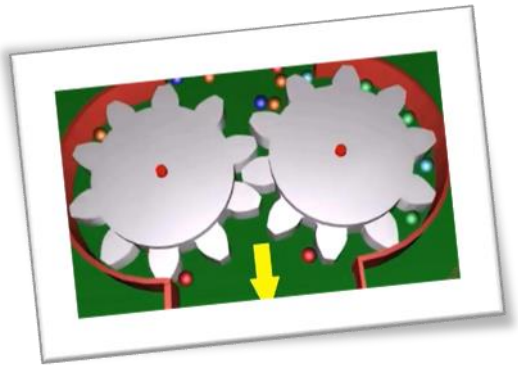
   bu erda: P—nasos bosimi.

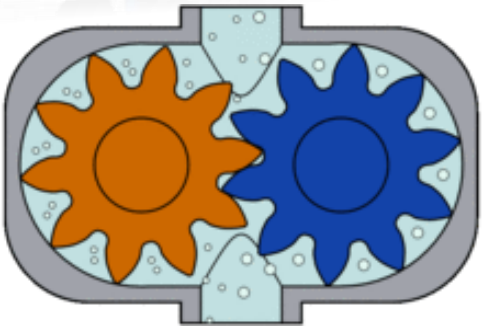
4. Nasos valining haqiqiy momenti:

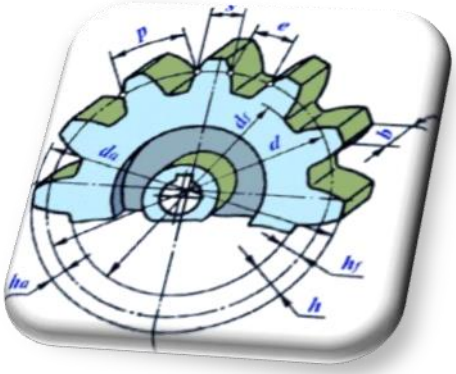
$$M_x = \frac{M}{\eta_M} = \frac{V \cdot P}{2\pi \cdot \eta_M};$$

   η_M – mexanik F.I.K.

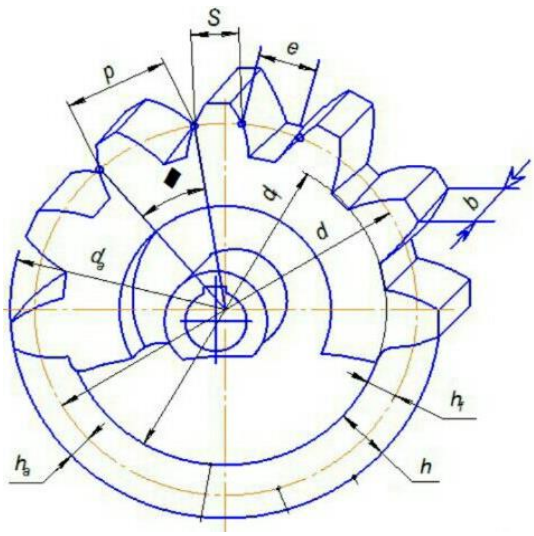
SHESTERNYALI NASOSLARNING TUZILISHI







Shesternyali nasoslarning asosiy xarakteristikalari



1. Sarfi: $Q = V \cdot n;$

V – ishchi kamera hajmi:

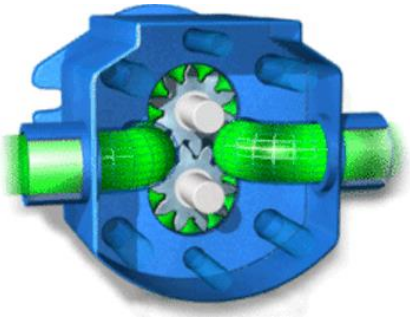
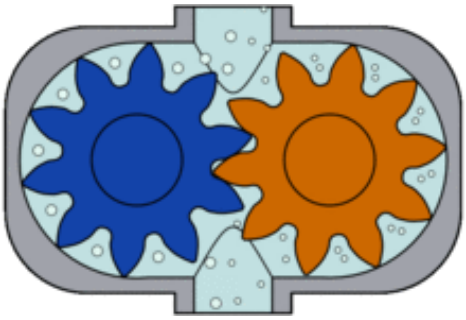
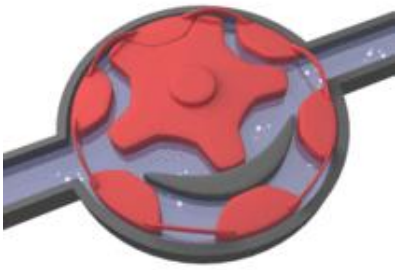
$V = 2 \cdot z \cdot \Omega \cdot b;$ z-tishlar soni, Ω – tishlar orasidagi yuza; b-tishlar eni.

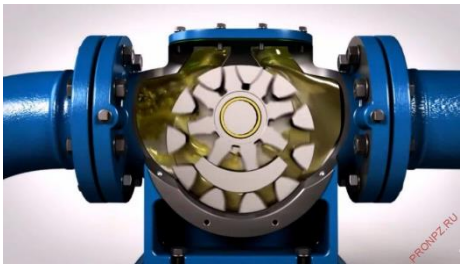
$\Omega = 1.1 \cdot \Omega_T :\quad z \cdot \Omega_T = \pi \cdot D \cdot m :$

bu erda: D - shesternya diametri; m-tishlashish moduli.

$V = 2.2 \cdot \pi \cdot D \cdot b;$ yoki $Q = 2.2 \cdot \eta_Q \cdot \pi \cdot D \cdot b \cdot n;$

SHESTERNYALI NASOSLARNING TUZILISHI



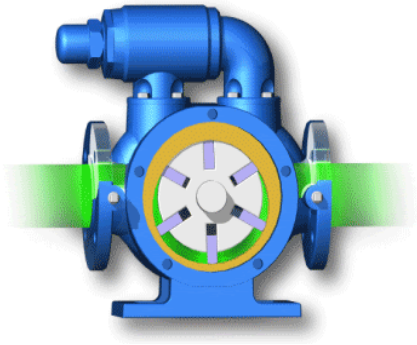
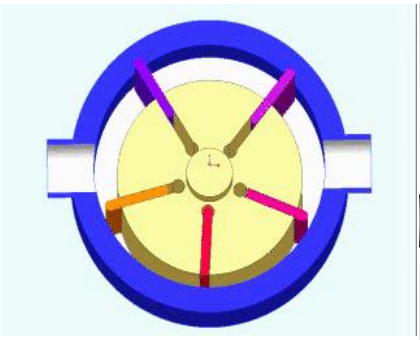
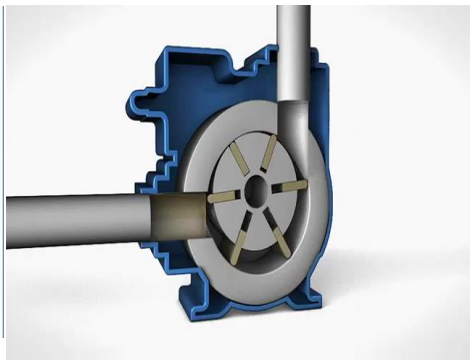
Plastinkali (shiberli) nasoslar

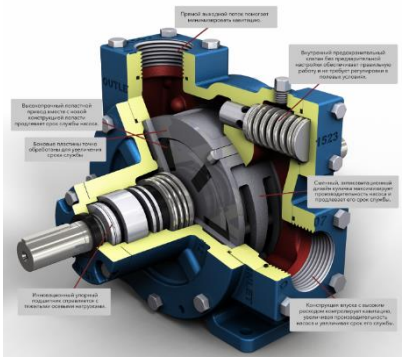
Ishchi kamerasining hajmi;

$$V = 2 \cdot e(2 \cdot \pi \cdot R - z_1 \delta)b;$$

bu erda: e –ekssentrisitet, R –stator radiusi, z_1 –plastinkalar soni, δ –plastinkalar qalinligi, b –plastinkalar eni.

Vintli nasoslar



Ishchi kamerasining hajmi:

1. Ikkita bir xil vintli:

$$V = \frac{3}{16}\pi(D^2 - d^2)l_v;$$

bu erda: D va d – mos ravishda vintning ichki va tashqi diametrlari; l_v – vint yo'li(qadami);

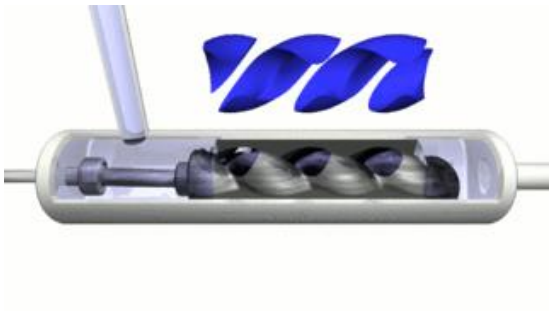
2. Uchta bir xil vintli nasoslar:

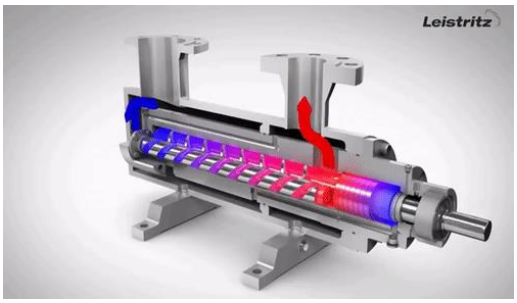
$$V = 1.24d^3 l_v;$$

bu erda: d – yetaklovchi vintning ichki yoki etaklovchi vintning tashqi diametri;

$$l_v = \frac{10}{3}d;$$

VINTLI NASOSLAR





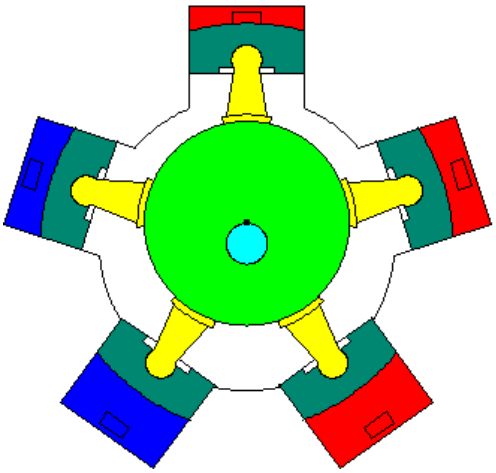
Radial-porshenli nasoslar (RPN)

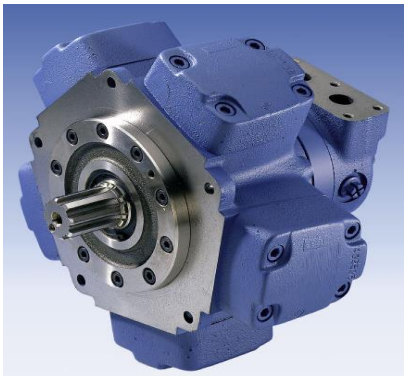
Radial-porshenli nasoslar ishchi kamerasining hajmi:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 2e \cdot z;$$

bu erda: e –ekssentrisitet, z_1 –porshenlar soni, d –silindr diametri.

RADIAL-PORSHENLI NASOSLAR





AKSIAL-PORSHENLI NASOSLAR (APN)

Aksial-porshenli nasoslar 2 xil bo'ladi:

Bloki burchak ostida joylashgan aksial-porshenli nasoslar;

Diski burchak ostida joylashgan aksial-porshenli nasoslar.

Bloki burchak ostida joylashgan aksial-porshenli nasoslar ishchi kamerasi hajmi:

$$V = V_0 \cdot z_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot D_1 \cdot \sin a \;\; z_1;$$

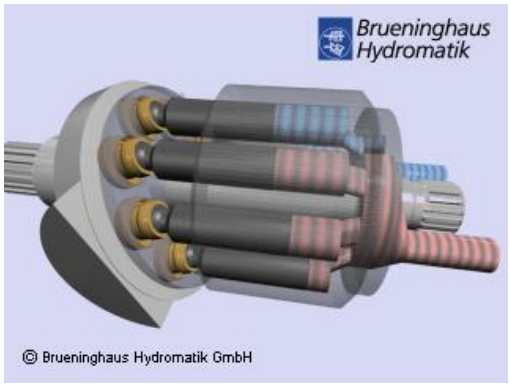
bu erda: D_1 –shantunlarning markazlari joylashgan aylana diametri, α –rotor aylanish o'qiga nisbatan blokning joylanishi burchagi, z_1 –porshenlar soni $(z_1 = 5;7;9)$, d –silindr diametri.

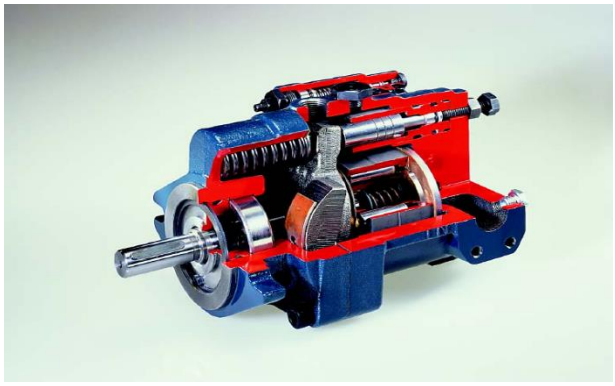
Diski burchak ostida joylashgan aksial-porshenli nasoslar:

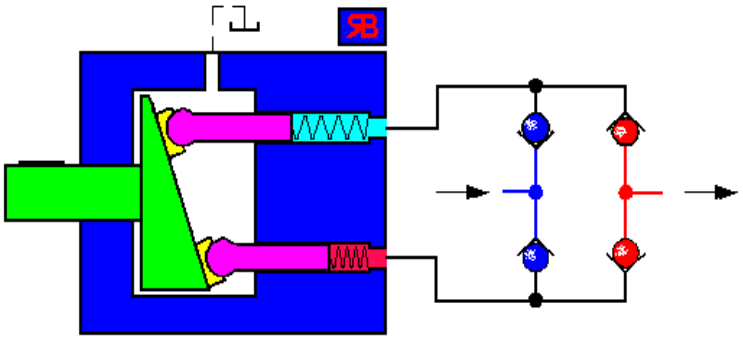
$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot D_2 \cdot \tan \beta \;\; z_1;$$

bu erda: D_2 –porshen o'qlari joylashgan aylana diametri, β –disk burchagi.

AKSIAL-PORSHENLI NADSOSLAR







1-MASALA

Uch vintli nasosning aylanishlar soni **n = 2900 мин-1, P** = 2,2 MPa. Etaklanuvchi vintning tashqi diametri dн = 62 mm, hajmiy F.I.K η0 = 0,8, nasos F.I.K. η = 0,78. Nasos quvvatini aniqlang?

Yechim:

1. Uch vintli nasos ishchi kamerasining hajmi:

$V=1{,}24\ d^3 l_v$

bu erda: d – etaklovchi vintning ichki diametric yoki etaklanuvchi vintning nashqi diametri; l_v – vint qadami, l_v =10/3 d.

2. Nasos quvvati:

N=Q*P

2-MASALA

Plastinkali nasosning o'lchamlari quyidagicha: statorning ichki qismi diametri *d* =100mm; ekssentrisistet e=10mm; plastinkalar qalinligi *l* =3mm; plastinkalar eni *b* =40mm; plastinkalar soni *z* =5. Agar aylanishlar chastotasi *n* =1450 ayl/min va nasosdan chiqishdagi bosim *P* =5 MPa bo'lsa. Nasosga sarflangan quvvat aniqlansin. Nasosning mexanik foydali ish koeffisienti nasos η = 0,9.

Echimi: 1.Nasosga sarflangan quvvatni aniqlaymiz

$N_c = M \cdot \omega$;

Plastinkali (rotorli) nasosning valdagi momenti

$$M = P \cdot VЖ; \qquad M = \frac{1}{2\pi} \cdot \rho v \frac{1}{\tau м};$$

Plastinkali nasosning ishchi kamerasining hajmi:

$$V = 2 \cdot e \cdot (2 \cdot \pi \cdot R - z \cdot \delta) \cdot b = 0{,}00022 ,$$

bu erda: e - ekssentrisitet, R –stator radiusi; z-plastinkalar soni, l – plastinka qalinligi; b – plastinka eni.

$$N_c = M \cdot \omega = \frac{1222}{2 \cdot 3.14} \cdot \frac{3.14}{30} \cdot 1450 = 30 \kappa Вт \ ;$$

Javob: Nc=30 kVt

TOPSHIRIQ-MASALA

Hajmiy nasosning quvvati N=3,3 kVt, aylanishlar soni n=1440 1/min, ishchi kamerasining hajmi V=12 sm³, Hajmiy FIK η0=0,9, nasosning FIK η=0,8 bo'lsa, nasosning bosimini aniqlang?

Javob: p=10,2 MPa.

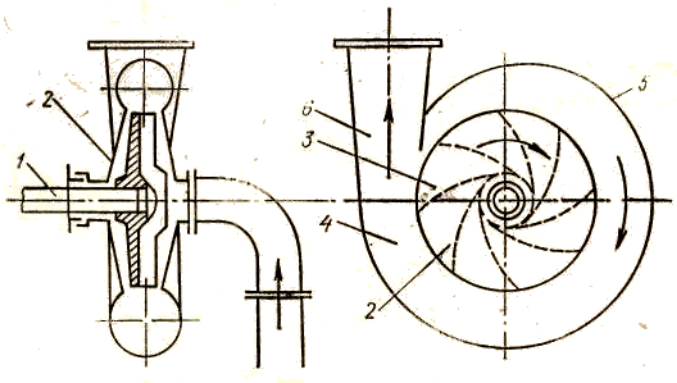
2.6 Bir bosqichli markazdan qochma nasosning sxemasi

2.1 - rasmda markazdan qochma nasosning sxemasi keltirilgan, bo'lib, u nasosning ishlash prinsipini shartli ravishda ko'rsatadi.

Bunda so'rish trubasi orqali ta'minlovchi idishdan ko'tarilgan suyuqlik kameraning o'rta qismiga kiradi, so'ngra val *1* orqali harakatga keltiriluvchi ish g'ildiragi *2* ning kuraklari *3* orasidan o'tib, nasos kamerasi *4* ga tushadi. Bu yerda markazdan qochma kuch ta'sirida hosil bo'lgan bosim suyuqlikni haydash trubasiga siqib chiqaradi. Suyuqlikning haydash trubasida ma'lum miqdordagi tezlik bilan ta'minlanishi uchun o'tkazuvchi kamera, yo'naltiruvchi apparat *5* va diffuzor *6* kabi bir qancha maxsus moslamalardan foydalaniladi.

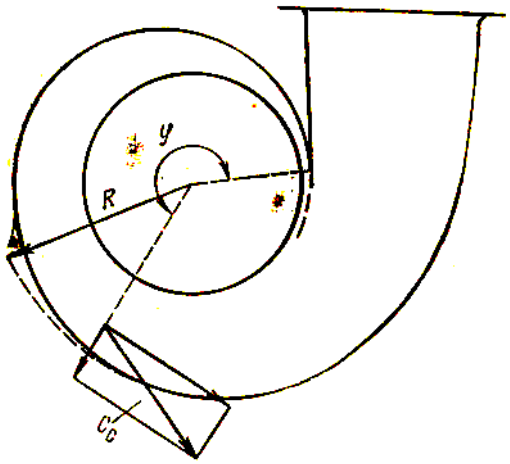
Nasosdagi so'rilish qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik sathiga ta'sir qiluvchi bosim bilan so'rish trubasidagi siyraklanish bosimi orasidagi farq hisobiga amalga oshadi. Bunda aytilgan bosimlar farqi so'rilish balandligini, so'rish trubasidagi qarshiliklar va suyuqlikka tezlik berishga sarf bo'ladi. Bu tezlik suyuqlikning kameraga va so'ngra parraklar orasidagi kanalga kirishiga yordam beradi. Tabiiyki, bunda ta'minlovchi idish bilan surish trubasidagi bosimlar farqi so'rilayotgan suyuqlik bug'lari bosimidan kam bo'lmasligi kerak. Haydash balandligi markazdan qochma nasos engishi mumkin bo'lgan eng yuqori balandlik bo'lib, g'ildirakning tashqi aylanmasidagi tezlik qancha katta bo'lsa, u ham shuncha katta bo'ladi. Aylanma tezlik esa nasos g'ildiragi diametrining kattaligi va aylanish soniga bog'liq. Nasos korpusning tuzilish ham haydash balandligining yuqori bo'lishiga katta ta'sir qiladi. Shuning uchun nasosning korpusi so'rilish yo'li, spiral yo'l va yo'naltiruvchi apparat bilan jihozlangan.

So'rish yo'li – korpusning so'rish trubasidan ish g'ildiragiga o'tishdagi kanalidir. Suyuqlikning nasosga so'rilish yo'lining eng yaxshi shakli o'q yo'nalishida konus ko'rinishida bo'ladi.



2.1 - rasm. Markazdan qochma nasos

Tezyurarligi o'rtacha va kichik bo'lgan nasoslarda nasosga so'rilish yo'li spiral shaklda bo'lishi mumkin. Tezyurarligi yuqori bo'lgan nasoslarda esa o'q bo'yicha so'rilish tezlikni 15 – 20% oshiruvchi konfuzor orqali amalga oshiriladi. Spiral ko'rinishdagi so'rish kameralarini hisoblashda so'rish tezligi $s_{so`r}$ g'ildirakka kirish tezligi $s_1$ ga qaraganda ancha kichik qilib olinadi: $c_{so`r} = (0{,}85 \div 0{,}70)c_1$

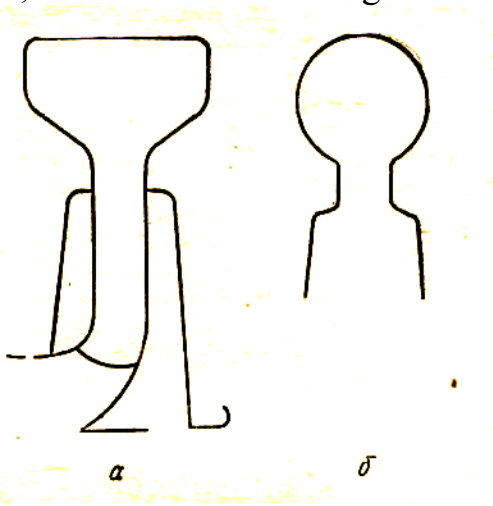


2.2 - rasm. Suyuqlikning spiral kameradagi harakatining sxemasi

Spiral yo'li. Suyuqlikning nasosdan chiqish kanali spiral kamera yoki yo'naltiruvchi apparat ko'rinishida bo'ladi. Spiral kamera tuzilishi sodda bo'lgani uchun unda qarshilik yo'naltiruvchi apparatga qaraganda kam bo'ladi (ya'ni FIK katta). Lekin bu kameraning kanallarini mexanik usulda silliqlab bo'lmaydi. So'nggi vaqtlarda metall quyish ancha aniq va toza bajarilgani uchun spiral kameralar ko'proq qo'llanila boshladi (hatto ko'p bosqichli nasoslarda ham qo'llanilmoqda).

Ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlik zarrachasi spiral kameraning biror qismiga kirgandan so'ng radius bo'yicha harakatlanishini davom ettirish bilan birga, aylanma harakat qilib chiqish tomonga (2.2 - rasm) intiladi va o'zidan keyin kelayotgan zarrachaga o'z o'rnini bo'shatib beradi. Spiral kamerani hisoblashda aylana tezlikning tegishli radius vektorga ko'paytmasi o'zgarmas deb qabul

qilinadi. Natijada spiral kamerada suyuqlik tezligi chiqishga qarab kamayib boradi. Bu nasosning ishlashiga yaxshi ta’sir qiladi va tezlikning kamayishi potensial energiyaning ortishiga olib keladi. Bunda tabiiyki, tezlikning kamayib borishiga kesimning ortib borishi ta’sir qiladi. Spiral kameraning shakllari turlicha bo’lishi mumkin. Masalan, 2.3 - rasmda tasvirlangan *a* va *b* kesimlar.



2.3 - rasm. Spiral kameraning shakllari

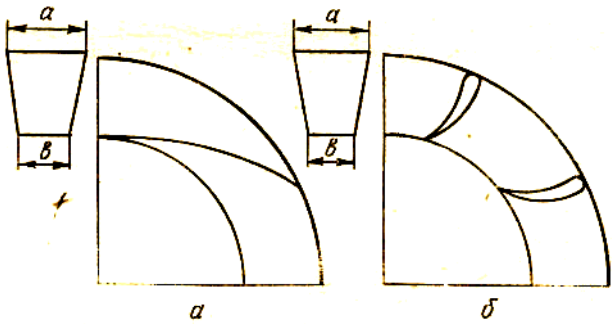
Odatda spiral kamerada tezlik quyidagi formula bo’yicha hisoblanadi:

$$c_c = k_c\sqrt{2gH},$$

bu yerda: k_c – tezyurarlik koeffisiyentiga bog’liq bo’lib, 0,45 dan 0,2 gacha o’zgaradi.

Yo’naltiruvchi apparat. Yo’naltiruvchi apparat ish g’ildiragidan chiqqan suyuqlikning radius bo’yicha kengayib borishi davomida aylana bo’yicha ham kesimning ortib borishiga majbur qiladi. Natijada apparatdan o’tish davomida tezlik kamayib boradi.

Yo’naltiruvchi apparatda suyuqlik zarrachalari to’g’ri chiziqli yo`nalishdan og’ib, apparat parraklariga bosadi va uni ish g’ildiragi o’qi atrofida aylanishga majbur qiladi. Kuraksiz yo’naltiruvchi apparatlarda suyuqlikka radial yo’nalishga yaqin tezlik berib bo’lmaydi. Shuning uchun bunday apparatlar kamroq qo’llaniladi. Parrakli yo’naltiruvchi apparatlarda esa suyuqlik zarrachalariga ish g’ildirigidan chiqqandagi tezlikdan tamom farqli tezlik beriladi. Bundan tashqari, bir xil diametrda kuraksiz yo’naltiruvchi apparatga nisbatan tezlikni ko’proq kamaytirib, kinetik energiyani potensial energnyaga ko’proq aylantirish mumkin.



2.4 - rasm. Yo`naltiruvchi apparat

Yo’naltiruvchi apparatning tuzilishi ish g’ildiragidan chiqqan suyuqlikning haydash trubasiga kirishini osonlashtiradi.

2.7 Nasos va turbinalar uchun Eyler tenglamasi

Nasoslardagi kabi turbinalarda ham asosiy qism ish g'ildiragi bo'lib, u suyuqlik energiyasi yordamida harakatga keladi. Bunda turbinadan o'tayotgan suyuqlik uning kuraklariga ma'lum kuch ta'sirida bosim beradi va uning aylanma harakat qilishiga sabab bo'ladi. Bu harakat esa keyinchalik generator rotorini aylantiradi. Gidravlika bo'limidagi kabi nasos va turbinadagi harakatni ham bir o'lchovli harakatga keltirib, ish g'ildiragidagi suyuqlik massasining harakati elementar oqimcha harakatiga o'xshatib qaraladi.

Aytilgan usul bilan markazdan qochma nasos uchun tenglamani 1755 y. L. Eyler chiqargan bo'lib, keyinchalik kurakli mashinalar nazariyasida asosiy ma deb atala boshladi, so'ngra u turbinalar va boshqa turdagi kurakli mashinalarga ham qo'llanila boshladi. Eyler tenglamasi ish g`ildiragining geometrik va kinematik xarakteristikalarini nasos hosil qilgan bosim bilan bog'laydi. Bu tenglama quyidagi ikkita masalani hal qilishga yordam beradi:

1) berilgan sarf va hosil qilinishi kerak bo'lgan bosim bo'yicha ish g'ildiraklari soni va uning o'lchamlarini topish;

2) berilgan ish g'ildiragi va valning aylanish soni bo'yicha sarf va hosil bo'ladigan bosimni hisoblash,

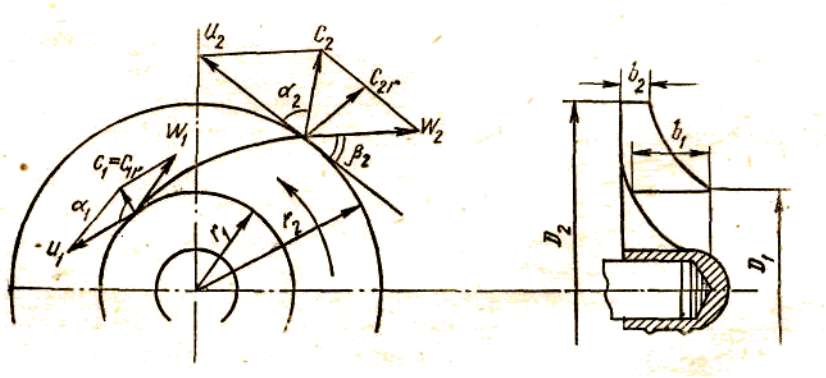
Tenglamani chiqarishda:

1) kuraklarning chekliligi hisobga olinmaydi;

2) kuraklar orasidagi barcha kanaldan o'tayotgan suyuqliklar bir xil sharoitda oqadi deb qaraladi. Ana shunday soddalashtrishlar bilan hisoblanishiga qaramay natija juda to'g'ri chiqadi.

Endi markazdan qochma nasos ish g'ildiragini hosil qilgan bosimini hisoblaymiz. Buning uchun g'ildirak kanallaridan (2.5 – rasm) ko'ramiz. Suyuqlik so'rish trubasidan kanalga, s_1 tezlik bilan keladi. Nazariy hisoblashda yo'qotish bo'lmasin uchun u kanalga «gidravlik zarbasiz» kiradi deymiz. Bu degan so'z, kirishdagi tezlik s_1 kattaligi va yo'nalishi bo'yicha kanalning boshlanishidagi absolyut tezlikka, ya'ni aylanma tezlik u_1, va kurakka nisbatan nisbiy tezlik w_1 lardan tuzilgan parlellogramm diagonaliga teng. Kanaldan chiqishda suyuqlikning absolyut tezligi s_2, anlanma tezligi u_2 nisbiy tezligi w_2 bo'ladi. Kirishda bosim p_1 chiqishda p_2 bo'lsa, u holda kanalning kirish va chiqish kesimlari uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{w_2^2}{2g} - H_k + h_{1-2}, \qquad (13.1)$$



2.5 - rasm. Ish g`ildiragida olingan nazariy bosimga doir sxema

bu yerda: $h_{1\text{-}2}$ – ikki kesim orasidagi gidravlik yo'qotish; H_k – kanaldagi harakat vaqtida markazdan qochma kuch hisobiga bosimning ortishi.

Bosimning energetik ma'nosini nazarga olsak, H_k markazdan qochma kuch hisobiga hosil bo'lgan energiyani bildiradi. Bu energiya kinetik energiyaning ko'p ortib, potensial energiya (bosim energiyasi) ning kam ortishi yoki potensial energiya ko'p ortib, kinetik energiya kam ortishi ko'rinishida namoyon bo'ladi. Birinchi holda ish g'ildiragini aktiv, ikkinchi holda esa reaktiv deyiladi. Bunday nomlanish turbinalarda ko'proq qo'llaniladi (aktiv va reaktiv turbinalar). Aktivlikning chegarasi $p_1 = p_2$ tenglikning bajarilishi, reaktivlikning chegarasi esa $\frac{c_1^2}{2g} + \frac{c_2^2}{2g}$ ning bajarilishi bilan baholanadi.

Markazdan qochma kuch hosil qilgan energiya uning r_2—r_1 masofada bajargan solishtirma (birlik og'irlikdagi suyuqlik uchun) ishga teng bo'ladi. Agar ish g'ildiragining burchak tezligi ω bo'lsa, u holda og'irligi G massasi m bo'lgan suyuqlik zarrasiga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuch $m\omega^2 r$ yoki $\frac{G}{g}\omega^2 r$ ga teng bo'ladi. U holda $r_2 - r_1$ masofada bajarilgan ish

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

ga teng. Burchak tezligi ω ning radius r ga ko'paytmasi aylanma tezlik u ga teng, shuning uchun

$$\omega^2 r_2^2 = u_2^2 \qquad \omega^2 r_1^2 = u_1^2$$

Bu holda

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

A ni Gga bo'lib, solishtirma ish yoki H_k ni topamiz.

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

Buni (13.1) tenglamaga qo'yib, quyidagi tenglikni olamiz:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{w_2^2}{2g} - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + h_{1-2}, \qquad (13.2)$$

Ish g'ildiragi kanaliga kirish oldidagi bosim:

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g},$$

g'ildirakdan chiqish ortidagi bosim

$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{1-2}$$

ga teng. U holda kirish va chiqishdagi bosimlarning farqi quyidagicha hisoblanadi:

$$H = H_2 - H_1 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{1-2} - \left(z_2 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} \right).$$

Bir xil indeksli hadlarni tenglikning ikki tomoniga gruppalasak, u holda quyidagi tenglamani olamiz:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{1-2}H. \qquad (13.3)$$

Endi (13.2) dan (13.3) ni ayirsak, ushbu munosabatga ega bo'lamiz:

$$\frac{w_1^2}{2g} - \frac{c_1^2}{2g} = \frac{w_2^2}{2g} - \frac{c_2^2}{2g} - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + H.$$

Bu tenglikdan kirish va chiqishdagi bosimlarning farqini topsak, u quyidagiga teng bo'ladi:

$$H = \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}. \qquad (13.4.)$$

Ish g'ildiragi kanaliga kirish va undan chiqishdagi tezlik parallelogrammlaridan foydalansak

$$w_1^2 = u_1^2 c_1^2 - 2u_1 c_1 \cos\alpha_1$$
$$w_2^2 = u_2^2 + c_2^2 - 2u_2 c_2 \cos\alpha_2.$$

Bularni (13.4) ga qo'yib, ba'zi soddalashtirishlardan keyin ushbuni olamiz:

$$H = \frac{u_2 c_2 \cos\alpha_2 - u_1 c_1 \cos\alpha_1}{2g}. \qquad (13.5.)$$

Shunday qilib, kirish va chiqishdagi bosimlarning farqi yoki, boshqacha aytganda, suyuqlikning ish g'ildiragidan olgan bosimi (13.5) munosabat yordamida aniqlanadi va u markazdan qochma mashinalarning asosiy tenglamasi yoki Eyler tenglamasi deyiladi. Bu tenglama harakat miqdori momentlari teoremasidan foydalanib ham chiqarilishi mumkin.

2.8 Nasosning nazariy bosimi. Kuraklar egriligining bosimga ta`siri

Yuqorida keltirilgan Eyler tenglamasi barcha kurakli mashinalar uchun umumiy bo'lib, bir qancha soddalashtirishlar kiritilgandan keyin olingan. Haqiqatda esa, ish g'ildiragi kuraklari orasidagi harakat ancha murakkabdir. Shuning uchun (13.5) tenglama yordamida hisoblangan bosim nazariy bosim deyiladi. Bu tenglamani nasosga qo'llaganda α_1 =90° deb qabul qilish kerak. Chunki, odatda, suyuqlik so'rish trubasi va so'rilish yo'li orqali o'tib, ish g'ildiragi kanaliga radial yo'nalishda kiradi. Bu kanalga zarbasiz kirishni ta'minlaydi. Shuning uchun Eyler tenglamasi nasoslarga quyidagi ko'rinishida qo'llaniladi:

$$H_n = \frac{u_2 c_2 \cos\alpha_2}{g} \qquad (13.6)$$

Bu tenglama nasos ish g'ildiragi suyuqlikka bergan bosimning nazariy tenglamasi yoki markazdan qochma nasoslarning asosiy tenglamasi deb ataladi. Bu tenglamada u_2 aylana tezlik $c_2 sos\alpha_2$, esa absolyut tezlikning aylana tezlik yo'nalishiga proyeksiyasi ekanligini nazarda tutish kerak.

Asosiy tenglama (13.6) dan ko'rinib turibdiki, u_2 va c_2 faqat bosimga bog'liq bo'lib, nasosdan o'tayotgan suyuqlik miqdoriga bog'liq emas. 2.5 – rasmda keltirilgan tezlik parallelogramidan foydalanib (13.6) dan c_2 ni yo'qotish mumkin. Nasos g'ildiragi kuragining chiqishdagi yo'nalishi (yoki chiqishdagi nisbiy tezlik yo'nalishi) aylana tezlik yo'nalishi bilan β burchak tashkil qiladi. Tezlik parallelogramidan ko'rinadiki (2.5 - rasm), u_2 bilan c_2 o'rtasida quyidagi munosabat mavjud:

$$c_2 \cos\alpha_2 = u_2 - w_2 \cos\beta_2$$

Bu tenglikni (13.6) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishga keladi

$$H_n = \frac{u_2^2}{2g}\left(1 - \frac{w_2^2}{u_2}\cos\beta_2\right) \qquad (13.7)$$

Oxirgi tenglamadan ko'rinadiki, nasosning nazariy bosimi ish g'ildiragi aylanishlari soni kvadratiga proporsional (chunki $u_2 = \pi d_2 n$) va kuraklar shakliga bog'liq ekan.

Bunda uchta holni ko'rish mumkin:

1. Kuraklar ish g'ildiragi aylanishi tomoniga egilgan, ya'ni $\beta_2 > 90^0$ va $\cos\beta_2 < 0$. Bu holda (13.7) tenglamada qavs ichidagi miqdor birdan katta: $H_n > \frac{u_2^2}{2g}$.

2. Kuraklar ish g'ildiragi aylanishiga teskari egilgan, ya'ni $\beta_2 < 90°$ va bu holda (13.7) da qavs ichidagi miqdor birdan kichik: $H_n < \frac{u_2^2}{2g}$

3. Kuraklar radial yo'nalishiga ega, ya'ni $\beta_2 = 90^0$ va $\cos\beta_2 = 0$. Bu holda qavs ichidagi miqdor birga teng: $H_n = \frac{u_2^2}{2g}$

Ko'rinib turibdiki, nazariy bosimning eng katta qiymati kuraklar ish g'ildiraklari aylanishi tomoniga egilganda bo'lib, eng kichik qiymat teskariga egilganda bo'ladi. Leknn β_2 ning qiymati ortgan sari gidravlik yo'qotishlar ortib, nasosning gidravlik FIK i kamayib ketadi. Shuning uchun amalda nasoslarda nazariy bosim kam bo'lishiga qaramay, β_2 ni 90° dan kichik qilib olinadi. Amalda eng ko'p qo'llaniladigan burchaklar 16° dan 40° gacha qiymatlarda olinadi. Albatta β_2 ning kichrayishi ish g'ildiragining "reaktiv" ligini oshiradi. Bu esa turbinalar nazariyasida qo'l keladi va aylanish sonining ortishiga sabab bo'ladi.

2.9 Foydali bosim

Ish g'ildiragiga kirish va undan chiqishda parraklar orasidagi kanalning kengayib borishidan, kuraklar egriligining ortishi natijasida sirkulyasiya hosil bo'lishidan va boshqa sabablarga ko'ra nazariy bosimning bir qismi sarf bo'ladi.

Natijada nasosning amaliy bosimi nazariy bosimga qaraganda kamroq bo'ladi. Nasos ish g'ildiragidan amalda olinadigan bosim amaliy bosim deyiladi va H_α bilan belgilanadi.

Amaliy bosimning nazariy bosimga nisbati nasosning gidravlik foydali ish koeffisientini beradi:

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

Gidravlik FIK 0,8 bilan 0,95 o'rtasida o'zgaradi va yuqorida aytilgan sabablarning ta'siriga qarab turli qiymatlarni qabul qiladi. Shunday qilib

$$H_a = \eta_g H_n = \eta_g \frac{u_2 c_2 \cos\alpha_2}{g} \qquad (13.8)$$

yoki gidromashinalar uchun umumiy tenglama ko'rinishida

$$H_a \eta_g \frac{u_2 c_2 \cos\alpha_2 - u_1 c_1 \cos\alpha_1}{g}$$

Yuqorida keltirilgan bosim tenglamalariga ish g'ildiragidagi kuraklar soni kirmaydi. Haqiqatda esa, kuraklar sonining yoki kam bo'lishiga qarab, ular orasidagi kanal turlicha bo'ladi. Bu esa o'z navbatida bosimga ta'sir qilmay qolmaydi. (13.8) tenglik yordamida hisoblangan bosim kuraklar soni sheksiz ko'p bo'lgan holga to'g'ri keladi, chunki u kanallarda oqayotgan suyuqlikning barcha zarralari bir xil trayektoriya bo'yicha harakat qilgan holi uchun o'rinlidir.

Kuraklar sonini bosim tenglamasiga kiritish yo'li bilan nasosning foydali bosimi uchun tenglama olish mumkin:

$$H_f = H_n \eta_g \varepsilon, \qquad (13.9)$$

bu yerda: ε – nasos kuraklari soni chekliligini hisobga oluvchi koeffisiyent bo'lib, u 0,6 — 0,8 ga teng.

Kuraklar sonining bosimga ta'sirini nazariy hisoblashga intilishlar natijasi tajriba natijalaridan uzoq bo'lib, amaliy ahamiyatga ega emas. Kuraklar ma'lum darajada siyrak joylashganda ε uchun tajribaga yaqin keluvchi quyidagi munosabatni keltirish mumkin:

$$\varepsilon = \frac{1}{1+\sigma}$$

Noma'lum koeffisiyent σ ni hisoblash uchun G.F. Proskurin quyidagi formulani taklif qiladi.

$$\sigma = 2\frac{\varphi}{z}\frac{1}{1-\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2}$$

bu yerda: z – kuraklar soni; d_1, d_2 – ish g'ildiragining ichki va tashqi diametrlari; φ - g'adir-budirlik va kinematik qovushoqlik koeffisientini hisobga oluvchi koeffisiyent bo'lib, tajribadan aniqlanadi.

A. A.Lomakin φ ni hisoblash uchun quyidagi formulani taklif qiladi:

$$\varphi = (0{,}55 \div 0{,}65) + 0{,}6\sin\beta_2$$

Keltirilgan usulda tekshirish natijasida kuraklar sonini taxminan aniqlash mumkin. Kuraklarning aniq soni tajribada aniqlanadi. Kuraklarning eng qulay sonini topish uchun K. Pfeyderer ushbu formulani keltiradi:

$$z = 2k\frac{r_m}{l}\sin\beta_m$$

bunda r_m – kuraklar og'irlik markazining radiusi; β_m, - β_1 va β_2 larning o'rta arifmetik miqdori; l – kuraklar uzunligi; k – koeffisieynt (uni 6,5 ga teng deb olish mumkin). Radial kuraklar uchun

$$z = 6{,}5\frac{d_2 + d_1}{d_2 - d_1}\sin\frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$$

Kuraklar soni, odatda, 6 tadan 12 tagacha bo'ladi. Yo'naltiruvchi apparat kuraklarining soni ish g'ildiragi kuraklarining soniga teng bo'lmaydi.

2.10 Nasosda energiyaning yo'qotilishi. Nasosning foydali ish koeffisienti

Odatda, nasosga berilgan energiya nasosdan olingan energiyaga nisbatan ko'p bo'lib, ularning farqi energiyaning yo'qotilishini ko'rsatadi. Bu yo'qotish uch xil yo'qotishdan tarkib topadi:

1) mexanik yo'qotish; 2) hajmiy yo'qotish; 3) gidravlik yo'qotish.

Mexanik yo'qotish valga berilgan energiya bilan ish g'ildiragi kuraklarining suyuqlikka bergan energiyasining farqini bildiradi. Agar valga berilgan energiyani E deb belgilasak, u holda quyidagi nisbat

$$\eta_{mex} = \frac{H_n}{E} \qquad (13.10)$$

mexanik yo'qotishni baholovchi, mexanik foydali ish koeffisiyenti deyiladi. Mexanik yo'qotishning asosiy turlari podshipnik va sal'nikda ishqalanish kuchini yengish uchun sarf bo'lgan yo'qotishdan iborat. Podshipnikdagi dumalash ishqalanishini gidrodinamik moylash nazariyasidagi Petrov formulasi yordamida topish mumkin:

$$T = \mu\frac{u}{\delta}2\pi rl$$

bu yerda: μ – dinamik qovushoqlik koeffisiyenti; $u = \omega r$ val bo'yinchasining aylana tezligi; l – val bo'yinchasining uzunligi; δ – podshipnikdagi radial tirqish o'lchami.

Hozirgi zamon mashinalaridagi podshipnik va salniklar juda takomillashgan bo'lib, ulardagi yo'qotish valga berilgan energiyaning 2–3% ni tashkil qiladi. Shuning uchun salnik tiqilmalari to'g'ri qo'yilgan, to'g'ri markazlangan. yaxshi moylangan va podshipnigi ifloslanishdan saqlangan yangi nasoslarda mexanik foydali ish koeffisienti η_{mex} = 0,97–0,98 ga teng bo'ladi. Agar sal'nik tiqilmasi juda qattiq tortilgan bo'lsa va podshipniklar yaxshi bo'lmasa, η_{mex} ni bunday aniqlab bo'lmaydi.

Hajmiy yo'qotish nasos so'rayotgan suyuqlikka sarflangan energiya bilan nasosdan chiqayotgan suyuqlik energiyasining farqini bildiradi. Hajmiy yo'qotishi chiqarilayotgan suyuqlik miqdorining so'rilayotgan suyuqlik miqdoriga nisbatini ko'rsatuvchi hajmiy FIK bilan baholanadi:

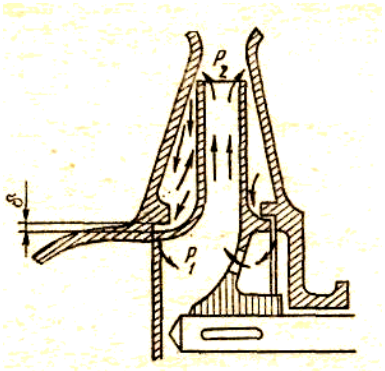
$$\eta_h = \frac{Q_{chiq}}{Q_{so`r}} \qquad (13.11)$$

So'rilayotgan va chiqarilayotgan suyuqlik miqdorlarining farqi nasos korpusidan chiqib ketuvchi yoki ish diski atrofida aylanuvchi suyuqlik miqdoriga teng. Suyuqlik nasos sal'nigi, g'ildirakning so'rilish tomonidagi tig'izlagich va o'qiy bosimni muvozanatlovchi tirqish orqali yo'qolishi mumkin. Valning

salnigidagi yo'qotish salnik tiqilmasining zichlanganligiga bog'liq bo'lib, ayrim tomchilar ko'rinishida oqib chiqsa o'rinli bo'ladi. Agar tiqilma qattiq zichlansa, salnik qizib ketishi, bo'sh bo'lsa suyuqlik ko'p oqib ketib, hajmiy FIK kamayib ketishi mumkin. Suyuqlik ko'proq so'rilish tomonidagi zichlanish (2.6 - rasm) orqali oqib ketadi. Shuning uchun shu joydan oqib ketuvchi suyuqlik sarfini hisoblaymiz. Suyuqlik ish g'ildiragiga p_1 bosim bilan kirib p_2 bosim bilan chiqadi. Bu g'ildirak bilan korpus orasida bo'shliq ochiq bo'lgani uchun so'rish tomonidagi zichlanish tirqishining ikki tomonida ikki xil p_1 va p_2 bosim bo'ladi.

Shunga asosan teshiklardan oqib ketuvchi suyuqlik sarfini topish formulasidan foydalamiz:

$$Q_c = mw\sqrt{2g\frac{p_2 - p_1}{\gamma}} \qquad (13.12)$$



2.6 - rasm. Hajmiy yo'qotishlarni tushuntirishga doir chizma

Tirqishning kengligi δ, uzunligi *l* deb qabul qilib, halqa tirqishdan sizib ketish uchun sarf koeffisiyentini yozamiz:

$$m = \frac{1}{\sqrt{\frac{\lambda\gamma}{2\delta} + 1{,}5}}$$

λ koeffisiyentining qiymati 0,04 – 0,08 atrofida olinadi.

Tirqishning kengligi quyidagi chegaraga bo'ladi.

$$\delta = 0{,}2 \div 0{,}3 \text{ mm.}$$

Hajmiy FIK η_x = 0,95 ÷ 0,96 ga teng bo'lib, so'rilayotgan suyuqlikning taxminan 4 – 5% yo'qotiladi.

Gidravlik yo'qotish esa so'rish va haydash trubalarida barcha qarshiliklarni yengishga, nasos kuraklarining chekliligi, g'ildirak va korpusidagi kanallarda hamda diskda ishqalanish va boshqalarga sarf bo'lgan energiyani bildiradi. U nasosga kirish oldidan o'rnatilgan vakuummetr ko'rsatgan bosim p_{vak} va chiqishda o'rnatilgan manometr ko'rsatgan bosim p_{man} orqali quyidagi formula yordamida aniqlangan

$$H` = \frac{p_{vak}}{\gamma} + \frac{p_{man}}{\gamma} + \Delta z.$$

Bosim bilan (13.6) formuladan hisoblangan nazariy bosimning farqi orqali aniqlanadi

$$\Delta H = H_n - H`$$

Gidravlik yo'qotish gidravlik FIK i

$$\eta = \frac{H_n - \Delta H}{H_n} = \frac{H`}{H_n}$$

yordamida baholanadi.

Gidravlik yo'qotishning kattaligiga g'ildirak kanallaridagi tezlikning notekisligi katta ta'sir qiladi. Ish g'ildiragi kanallaridagi tezlikning notekisligini ko'z oldimizga keltirish uchun kanal tamom yopiq bo'lganda (2.7 - rasm, a) va qisman yopiq bo'lgandagi (2,7 - rasm, b) harakatni ko'z oldimizga keltiramiz. Birinchi holda kanalda suyuqlik g'ildirak aylanishiga teskari yo'nalishda sirkulyasion harakat qiladi. Ikkinchi holda kanalning botiq devorida harakat oqimcha shaklida bo'lib, qavariq devorida uyurmali harakat paydo bo'ladi. Natijada qavariq devor tomondan bosim kamayib, kavitasiya hodisasini vujudga keltiradi. Kavitasiya natijasida gidravlik yo'qotish ko'payib ketadi. Nasoslarda energiyaning umumiy yo'qotilishi foydali ish koeffisiyenti yordamida hisoblanish mumkin.

Umumiy FIK mexanik, hajmiy va gidravlik foydali ish koeffisiyentlarining ko'paytmasiga teng:

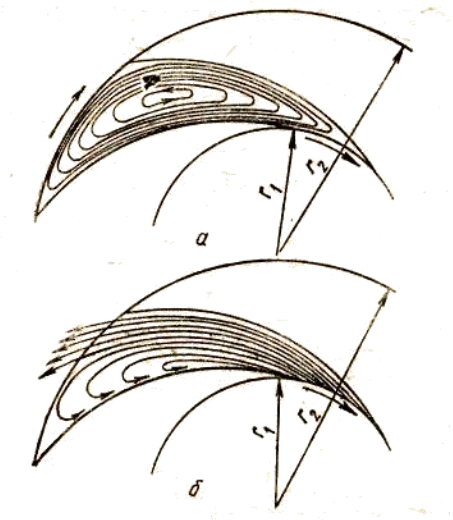
$$\eta = \eta_m \eta_h \eta_g$$

Hozirgi zamon nasoslaridan to'g'ri foydalanilsa, FIK 0,9 ga etadi.

Energiyaning umumiy miqdorini hisoblash uchun nasosning suyuqlikka bergan foydali energiyasi bilan FIK ini bilish kerak. Shu holda

$$E = \eta E_f = \eta H`.$$

Har xil nasoslar uchun foydali ish koeffisiyentlari grafik va jadval ko'rinishida beriladi.



2.7. - rasm. Ish g`ildiragi kuraklari orasidagi harakatning notekisligiga doir chizma

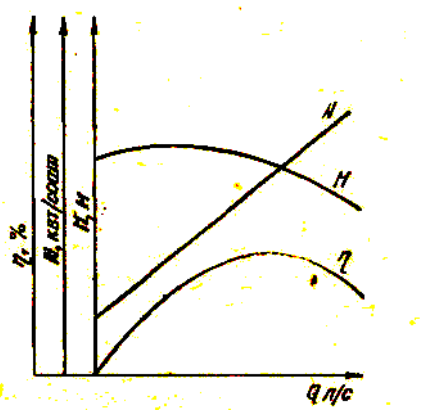
2.11 Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikalari

Nasoslarni ishlatishda ulardan berilgan sharoitda eng yaxshi foydalanish maqsadga muvofiqdir. Buning uchun turli sharoitda nasosning qanday ishlashi to'g'risida ma'lumot bo'lishi kerak. Bunday ma'lumot nasoslarning harakteristikalari ko'rinishida beriladi.

Bosim, quvvat va foydali ish koeffisiyentining sarfga bog'liqlik grafiklari nasosning xarakteristikalari deb ataladi:

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

Odatda, xarakteristika nasosni sinash (tajriba) yordamida tuziladi. Buning uchun nasosning aylanish sonini o'zgartirmasdan, haydash trubasiga o'rnatilgan berkitkishni surish yo'li bilan bosimni o'zgartirsak, uning ishlash tartibi ham o'zgaradi. Natijada quvvat va foydali ish koeffisiyenti ham o'zgaradi. Xarakteristikani tuzish uchun sinashni berkitgish to'liq yopilgan holatdan boshlab, ochib boramiz va bosim, quvvat va FIKning sarf bo'yicha o'zgarishini 2.8 - rasmda ko'rsatilgandek grafiklar tuzamiz.



2.8 - rasm. Markazdan qochma nasoslarining taxminiy ish xarakteristikasi

Grafiklardan ko'rinadiki, berkitgich yopiq holatida (Q = 0) nasos ma'lum bosim hosil qiladi va u berkitgichning ochilishi bilan kamayib boradi (boshlanishda bosim bir oz ortib borib, maksimumga etishi va so'ngra kamayib ketishi mumkin). Quvvat esa ortib boradi va chiziqli ortishga yaqin bo'ladi. Sarfning katta qiymatlarida bu ortish bir oz susayishi mumkin. FIK grafigi noldan boshlanadi va sarfning ma'lum bir miqdorlarida maksimumga ega bo'ladi.

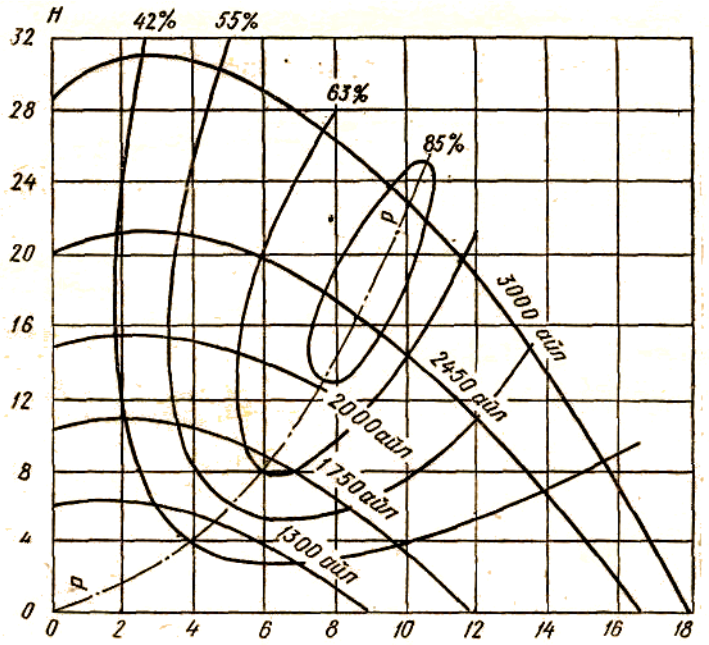
Nasosning shu aylanish sonida eng yaxshi ishlashi FIK grafigining maksimum miqdoriga to'g'ri keladi.

2.8-rasmda keltirilgan grafiklarning xarakteri to`g`risida nazariy usul bilan ham xulosa chiqarish mumkin, lekin bu nazariy hisoblarning natijasi amaliy ahamiyatga ega emas.

Nasoslardan foydalanishda turli aylanish sonlari uchun umumlashtirib tuzilgan va universal xarakteristika deb ataluvchi $Q-H$ xarakteristikadan foydalanish qulaydir.

Bunday xarakteristikani xosil qilish uchun turli aylanish sonlari $(n_1, n_2, n_s, ..., n_1)$da $Q-H$ xarakteristikani tuzamiz (2,9 - rasm). So'ngra bu xarakteristikani biror FIK ga tegishli nuqtalarini ajratamiz (2,8 - rasmda ko'rinadiki, bitta FIK ning qiymati uchun ikkita bosim miqdori to'g'ri keladi). Bu nuqtalar tutash chiziq bilan birlashtiramiz. Shu ishni bir qancha FIK $(\eta_1, \eta_2, \eta_3, ..., \eta_i)$ uchun takrorlab, bir qancha tutash chiziqlar olamiz. Bu chiziqlar bilan chegaralangan soxada FIK cchizig'idagi qiymatdan kichik bo'lmaydi. p – p chizig'i berilgan aylanish sonlarida maksimal FIK ga to'g'ri keladi. Universal

xarakteristikadan foydalanib nasosning (maksimal FIK ga tegishli) ishlash chegarasini topish va uning ishlashi uchun eng qulay tartib tanlash mumkin.



2.9. - rasm. Markazdan qochma nasoslarning universal xarakteristikasi

2.12 Nasoslarning o'xshashligi asoslari.

Loyihalanayotgan yoki ishlab chiqarishga joriy qilinayotgan ma'lum bir seriya nasoslarni yuqorida aytilgandek sinash juda ko'p vaqt va xarajat talab qiladi. Shuning uchun ana shu seriya nasoslarning modelini sinaladi. So'ngra modelda olingan natijalar naturaga ko'chiriladi.

Avvalo natura va model geometrik o'xshash bo'ladi, ya'ni ularning o'lchamlari bir xil miqdorda kichraytirilgan bo'ladi. Boshqacha aytganda ishchi g'ildiragi diametrlari kuraklari qalinligi va kengligining nisbatlari bir xil bo'ladi.

$$\frac{d_{1n}}{d_{1m}} = \frac{d_{2n}}{d_{2m}} = \frac{\delta_n}{\delta m} = \frac{b_{1n}}{b_{1m}} = \frac{b_{2n}}{b_{2m}} = const,$$

Bu yerda "n" indeksi naturaga, "m"-modelga tegishlilikni bildiradi.

Ikkinchi, natura va modeldagi oqimlar o'xshash bo'ladi. Oqimlar o'xshash deganda ish g'ildiragiga kirish va chiqishdagi tezlik uchburchaklari o'xshash bo'ladi:

$$\frac{u_{1n}}{u_{1m}} = \frac{u_{2n}}{u_{2m}} = \frac{w_{1n}}{w_{1m}} = \frac{w_{2n}}{w_{2m}} = \frac{c_{1n}}{c_{2m}} = const.$$

Agar modellanganda geometrik o'lchamlari nisbati λ ga teng bo'lsa, u xolda

$$\frac{u_{1n}}{u_{2m}} = \frac{w_{1n}r_{1n}}{w_{2m}r_{2m}} = \frac{r_{1n}}{r_{2m}}\frac{n_n}{n_m} = \lambda\frac{n_n}{n_m}$$

bo'ladi. Bu nisbat yuqoridagi tengliklarga asosan boshqa tezliklar uchun ham to'g'ridir.

Olingan munosabatlarni sarf formulasi (12.13) ga qo'llasak, quyidagi munosabatni olamiz:

$$\frac{Q_n}{Q_m} = \lambda^3 \frac{n_n}{n_m}. \qquad (13.13)$$

Nasoslar uchun asosiy tenglama (13.6) dan

$$\frac{H_n}{H_m} = \lambda^2 \frac{n_n^2}{n_{,m}^2} \qquad (13.14)$$

Quvvat formulasi (13.13) va (13.14) dan

$$\frac{N_n}{N_m} = \lambda^5 \frac{n_n^3}{n_m^3} \qquad (13.15)$$

Shunday qilib, nasoslar o'xshashligi quyidagi xulosaga olib keladi:

1. Natura va modeldagi sarflar nisbati aylanish sonlari nisbatiga proporsional.
2. Bosim nisbati aylanish sonlari kvadratlarning nisbatiga proporsional.
3. Quvvatlar nisbati aylanish sonlari kublarning nisbatiga proporsional.

Bu olingan teglamalar yoki, boshqacha aytganda o'xshashlik munosabatlari yangi seriya nasoslar yaratishda va mavjud nasoslarni ishlatishda muxim axamiyatga ega.

Ishlab chiqarishda, ko'pincha, o'xshashlik munosabatlarini qo'llab muayyan sharoitda nasos tanlash va unga mos dvigatel tanlash masalalarini hal qilishga to'g'ri keladi.

2.13 Tezyurarlik koeffisiyenti va kurakli nasoslarning turlari.

Markazdan qochma nasoslarni bir-biri bilan tezyurarlik koeffisiyent yordamida solishtirish mumkin. Tezyurarlik koeffisiyenti, boshqacha aytganda solishtirma aylanish soni deb shunday aylanish soniga aytiladiki, u bosim bir metr (H = 1 m) bo'lganda nasos berayotgan suyuqlikka bir ot kuchi (0,735 kVt) ga teng energiya berishga imkon beradi va n_S harfi bilan belgilanadi.

Shunday qilib, tezyuraralik koeffisiyenti nasosning suyuqlikka berilgan energiyasining baholash uchun foydalanishga va shu yo'l bilan turli nasoslarni bir-biriga solishtirish imkon beradi.

Foydali quvvat formulasi $N = \frac{\gamma Q H}{75}$

dan foydalanib birlik nasosning sarfini topamiz.

$$Q_m = \frac{75N}{\gamma H} = \frac{75 \cdot 1}{1000 \cdot 1} = 0{,}075 m^3/s$$

Birlik nasos model bo'lsa, uni natura nasosga (13.13) formula yordamida solishtirib, sarf formulasini chiqaramiz:

$$Q = 0{,}075\lambda^3 \frac{n}{n_S}. \qquad (13.16)$$

Bu formulani chiqarishda model va naturada FIK bir xil deb qabul qilinadi.

Bosim uchun o'xshashlik formulasi (13.14) ni (H = 1 m ekanini nazarda tutib) quyidagicha yozish mumkin:

$$H = \lambda^2 \frac{n^2}{n_S^2}, \qquad (13.17)$$

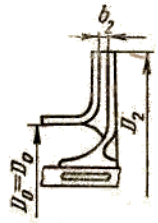
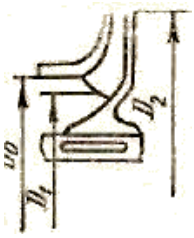
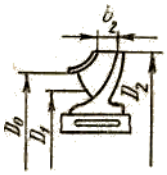
(13.16) va (13.17) tenglamalardan λ ni yo'qotib va hosil bo'lgan tenglamani tezyurarlik koeffisiyenti n_S ga nisbatan yechib, ushbuga ega bo'lamiz:

$$n_S = 3{,}65n\frac{\sqrt{Q}}{H^{3{,}14}}. \qquad (13.18)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, natura nasosning aylanish soni tezyurarlik koeffisiyentiga proporsionaldir. Bundan xulosa qilib aytish mumkinki, aylanish sonining (ya'ni tezyurarlik koeffisiyentining) ortishi bilan nasosning o'lchamlari va og'irligi kamayadi (2.10 - rasm).

Tezyurarlik koeffisiyentining qiymatiga qarab nasoslar quyidagicha klassifikasiyalanadi:

n_S qiymatining chegarasi	Markazdan qochma nasosning turi
40 ÷ 80	sekinyurar
80 ÷ 150	o`rtacha
150 ÷ 300	tezyurar
300 ÷ 600	vintli (diagonal)
600 ÷ 1200	o`qiy (parrakli)

Markazdan qochma nasoslar			*Diagonal nasos g`ildiragi*	*Parrakli nasos g`ildiragi*
Sekinyurar g`ildirak	*Oddiy g`ildirak*	*Tezyurar g`ildirak*		
I	*II*	*III*	*IV*	*V*
				
$n_{S1}=40\div80$ $\frac{D_2}{D_0}\approx 2{,}5$	$n_{S1}=80\div150$ $\frac{D_2}{D_0}\approx 2,$	$n_{S1}=150\div300$ $\frac{D_2}{D_0}\approx 1{,}8\div1{,}4$	$n_{S1}=300\div600$ $\frac{D_2}{D_0}\approx 1{,}2\div1{,}1$	$n_{S1}=600\div1200$ $\frac{D_2}{D_0}\approx 0{,}8$

2.10 - rasm. Nasoslarning tezyurarlik koeffisiyentiga qarab guruhlash

2.10 -rasmda nasoslarning tezyurarligiga qarab ish gildiragi o'lchamlarining kamayib borishi ko'rsatilgan. Tezyurarligi kichik nasoslarga yuqori bosim hosil qiluvchi, masalan, ko'p bosqichli va kam sarf beruvchi nasoslar kiradi. Katta tezyurarlikka ega bo'lgan nasoslar esa kichik bosim hosil qilib, yuqori sarf beradi (masalan parrakli nasoslar).

3. KURAKLI NASOSLARNING EKSPLUATASION HISOBI

2.14 Nasoslar xarakteristikalarini qayta hisoblashda o'xshashlik formulalaridan foydalanish.

Ko’p hollarda, ko’p quvvat sarf bo’lgani uchun, nasoslarni moslangan aylanish sonlarida sinab bo’lmaydi. Bunda agar ishlash sharoiti aylanish sonini o’zgartirishga imkon bersa, u berilgan aylanish sonida nasosning xarakteristikalarini tuzib, so’ngra mos aylanish sonidagi ishlash sharoitiga to’g’rilash mumkin. Nasosning bir aylanish sonidagi ishlashi, ikkinchi aylanish sonidagi ishlashiga o’xshash bo’lsa, ya’ni bu ikki holda ish g’ildiragidan chiqish kuch uchburchaklari o’xshash bo’lsa, nasos birinchi holda natura, ikkinchi holda esa model bo’lib xizmat qiladi. Shunday qilib, natura va modelning o’lchamlari bir xil bo’lgani uchun o’xshashlik formulalaridagi λ soni birga teng bo’ladi. Shuning uchun bu holda (13.13), (13 14), (13.15) formulalar quyidagicha yoziladi:
birinchi o’xshashlik munosabati

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \tag{14.1}$$

ikkinchi o’xshashlik munosabati

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2, \tag{14.2}$$

uchinchi o’xshashlik munosabati

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \tag{14.3}$$

Bu formulalarni olishda FIK o’zgarmas deb qabul qildik. Haqiqatda ham, o’xshash nasoslarda gidravlik va hajmiy FIK deyarli o’zgarmaydi. Sal’nik va podshipniklardagi FIK esa yuqorida aytilgandek juda kichik miqdor Shuning uchun qabul qilgan shartimiz nasoslarning xarakteristikalarini bir aylanish sonidan ikkinchi aylanish soniga o’tishda sezilarli xato bermaydi.

Olingan o’xshashlik munosabatlarini quyidagicha ta’riflanadi. Nasosning aylanishlar sonini o’zgartirganda uning xarakteristikalarini yangi o’zgarish soniga moslab, qayta hisoblash mumkin. Bunda:

1) sarflar aylanishlar sonlarining nisbatiga to’g’ri proporsional;

2) bosimlar aylanishlar sonlari nisbatining kvadratiga proporsional;

3) quvvatlar aylanishlar sonlari nisbatining kubiga proporsional.

Bu uchta ta’rif tajribada tasdiqlangan bo’lib, aylanishlar soni kichrayganda umumiy FIK oz miqdorda kamayadi.era

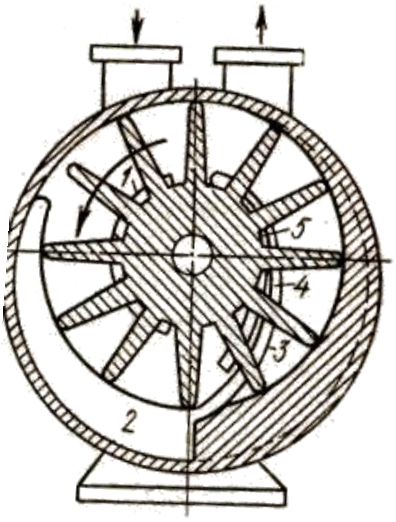
4. UYURMALI VA OQIMCHALI NASOSLAR

2.15 Uyurmali nasoslarning sxemasi, ishlash prinsipi, xarakteristikasi, qo’llanish sohalari

Uyurmali nasoslar ishlash prinsipi bo’yicha markazdan qochma nasos hisoblanadi. Ularning o’ziga xosligi korpus devorida joylashgan konsentrik kanal mavjudligidir. Bu nasos yon kanallari uning loyihalarida o’zi so’ruvchi bo’lishi uchun zarur.

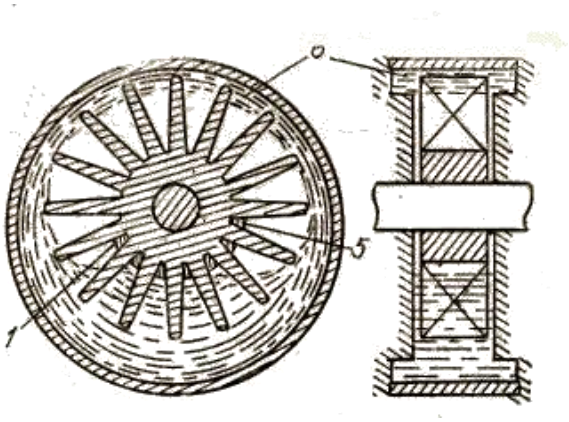
Nasosning ishlash prinsipi 2.11 - rasmdagi sxema yordamida tushunish mumkin. Bu nasos korpusga nisbatan eksentrik joylashgan qanotli ish g’ildiragiga ega. Suyuqlik so’rish tirqishi 1 orqali ish kamerasiga kiradi va so’ngra u g’ildirak

tomonidan bo’shliq 2 ga surib yuboriladi. Undan so’ng aylanma kanal 3 dan o’tib, tirqish 4 orqali haydash tirqishi 5 ga keladi.



2.11 - rasm. Uyurmali nasoslarning ishlash prinsipini tushuntirishga doir sxema.

Aylanma kanal tirqish 4 orqali nasos korpusining ichki bo’shlig’i bilan tutashgan bo’ladi. Tirqish 1 orqali kirib, bo’shliq 2 ga surilgan suyuqlik kanal 3 da harakat davomida tezligi pasayib boradi, ya’ni bosimi ortadi. Albatta, ish g’ildiragi qanotlari suyuqlikni bo’shliq 2 ga surishida markazdan qochma kuch muhim rol o’ynaydi. Shu xususiyati bilan bu nasos markazdan qochma nasoslar turiga kiradi. Lekin ish g’ildiragi 4 orqali keltirilgan suyuqlikni tirqish 5 ga siqib kiritish nasos qanotlari orqali ilashtirib ketilayotgan suyuqlikning siquvchi ta’siri bilan bog’langandir. Bu nasosning yana bir xususiyati shundaki, bitta ish g’ildiragida ham ko’p marotabali haydash amalga oshiriladi. Bu jarayon quyidagicha bo’ladi. So’rish yo’li orqali ish g’ildiragiga tushgan suyuqlik markazdan qoshma nasosdagidek g’ildirakka markazdan kirib, kuraklar orasidagi kanaldan tashqariga qarab harakat qiladi. Bu nasos markazdan qochma nasoslardan suyuqlikning faqat so’rish tirqishining yuzasi bo’yichagina kirishi bilan ham farqlanadi. Kuraklar tomonidan tashqariga surilgan suyuqlik quyidagi ikki sababga ko’ra yo’naltiruvchi kanal bo’yicha harakatlanadi: suyuqlikni tashqariga haydovchi markazdan qochma kuch ta’siri; ochiq kuraklarning ilashtiruvchi ta’siri. Yon kanalning kesimi o’zgarib borgani uchun suyuqlikning bosimi ortib, u ko’p martalab va qisman kanaldan kuraklar orasiga tushadi. Natijada suyuqlik kuraklar tomonidan qayta-qayta haydalishi sababli, energiyasini yana oshirib boradi. Bu nasoslarning suyuqlikni ko’p bosqishli uzatish prinsipi shunga asoslangan. Kuraklarning suyuqlikka ko’p qayta ta’sir qilishi natijasida bunday nasoslar hosil qilgan bosim o’lchamlari bir xil bo’lgan markazdan qochma nasos ish g’ildiragining bir xil aylanish sonida hosil qilgan bosimidan yuqori bo’ladi. Uyurmaviy nasoslarda kamera tashqarisida ish g’ildiragi qanotlarining aylanishi sababli suv halqasi hosil bo’ladi. Qanotlarininig valga tutashgan joyida so’rish sohasi vujudga keladi. Atrofga to’plangan suyuqlik esa yon kanal 6 ning (2.12 - rasm) eni kengroq bo’lgani uchun uyurma hosil qiladi. Havo massasi kichik bo’lgani uchun suv halqasi tomonga surilmay o’rtada to’planadi, so’ngra haydash teshigi 5 ga o’tib, undan haydash trubasiga kiradi yoki atmosferaga chiqarib yuboriladi.



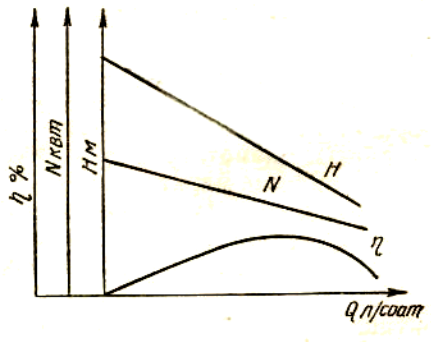
2.12 - rasm. Uyurmali nasoslarda uyurmaning hosil qilinishi va undan foydalanishni tushuntirishga doir sxema

Ko’p g’ildirakli nasoslarda tirqish 5 bir g’ildirakdan ikkinchisiga o’tish uchun kanal vazifasini bajaradi.

Eng ko’p tarqalgan uyurmali nasos 2NBS markali nasosdir. Yonuvchi va moylovchi moddalar uchun qo’llanadigan nasoslar ham mavjud. (B-75, PD-10, AD, NKB, BMP-80 va h.) bo’lib, ular qo’yib turuvchi yordamchi nasoslar bilan ta’minlangan bo’ladi. Uyurmali nasoslar sarf ko’p bo’lmagan, lekin yuqori bosim zarur bo’lgan sistemalarda qo’llaniladi. Bu nasoslar o’zi bilan bir xil o’lchamli markazdan qochma nasoslarga nisbatan 3 – 3,5 baravar katta bosim hosil qiladi. Ularning asosiy kamchiligi foydali ish koeffisiyenti kamligidir (odatda 0,45 dan oshmaydi).

Yon kanalli uyurmali nasoslar, markazdan qochma nasoslar kabi, ishlab chiqarishda ish xarakteristikalari yordamida tanlab olinadi. Ularning sarfi 12 l/s, hosil qilgan bosimi 25 atm (2451, 66 kN/m^2), iste’mol quvvati 25 kVt ga yaqin bo’ladi. 2.13 - rasmda uyurmali nasosning xarakteristikalari keltirilgan. Grafiklardan ko’rinadiki, ularda asosiy parametrlarning sarfga bog’liqligi qonuniyati markazdan qochma nasoslardan tamomila farqlanadi. Uyurmali nasosning so’rishi ortib borishi bilan uning bosimi chiziqli kamayadi. Nasos sarflagan quvvat esa markazdan qochma nasoslardagi kabi ortib bormaydi, aksincha, kamayib boradi va bu kamayish chiziqli bo’ladi. Shuning uchun ham nasosni ishga tushirishni haydash trubasidagi ventil oshib qo’yilgan holatda amalga oshirish tavsiya etiladi. Foydali ish koeffisiyenti grafigi markazdan qochma nasoslarning shu grafigiga ko’rinishi bo’yicha o’xshash bo’lishiga qaramasdan miqdor jihatidan ancha kam bo’ladi.

Uyurmali nasoslarda bosimning markazdan qochma nasoslardagidan (4-10 marta) yuqori bo’lishi sababli ular saqlagich klapanlar bilan ta’minlangan bo’ladi. Bu nasoslar uchun markazdan qochma nasoslarning o’xshashlik formulalari (13.13), (13.14), (13.15) o’rinlidir. Nasosni bir aylanish sonidan ikkinchi aylanish soniga hisoblab o’tkazish, markazdan qochma nasoslar kabi (14.1), (14.2), (14.3) va (14.4) formulalar yordamida amalga oshiriladi.



2.13 - rasm. Uyurmali nasoslarning taxminiy ish xarakteristikalari

Uyurmali nasoslar, odatda, qovushoqligi kam bo'lgan suyuqliklarni so'rish uchun qo'llaniladi.

2.16 Oqimchali nasoslarning sxemasi, ishlash prinsipi va ishlatilish sohalari

Oqimchali nasoslarning ishlash prinsipi suyuqlikni so'rish va tortish uchun yordamchi suyuqlik oqimchasining energiyasidan foydalanishga asoslangan. Bu asboblarda vakuum ish suyuqligi oqimchasining torayishi hisobiga hosil bo'ladi. Oqimchali nasosning ishlash sxemasi 2.19-rasmda keltirilgan. Truba 1 dan Q_1 sarfli ish suyuqligi p_1 bosim bilan kelsin. Bu suyuqlik soplo 2 ga kirganida torayish hisobiga tezligi v_1 ga ortib, bosimi p_2 ga kamayadi. Suyuqlik soplodan chiqqanidan keyin o'z inersiyasi bilan aralashtirish bo'limi 3 dan o'tib, soplo 4 ga kiradi, so'ngra sekin kengayuvchi diffuzor orqali haydash trubasi 6 ga o'tadi. Soplo 2 dan chiqib, p_2 bosim bilan bosimi p_2 dan yuqori bo'lgan aralashtirish bo'limidan o'tgani uchun 2 va 4 soplolar o'rtasida ikkinchi suyuqlik so'riladi. Shunday qilib, ish suyuqligining aralashtirish kamerasidagi bosimi bilan ta'minlovchi idish sathidagi bosimlar farqiga mos ravishda so'rish trubasidan ikkinchi suyuqlikning sarfi Q_2 ga teng bo'lgan qismi aralashtirish bo'limiga ko'tarilib, so'rilgan suyuqlikning o'rnini egallaydi. Natijada haydash trubasiga sarfi Q_1 ga teng ish suyuqligi bilan, sarfi Q_2 ga teng so'rilayotgan suyuqliklar aralashmasi kiradi. Demak, unda sarfi $Q_1 + Q_2$ ga teng bo'lgan aralashma harakat qiladi. Bundan ko'rinadiki, nasosning foydali ish koeffisiyenti quyidagiga teng:

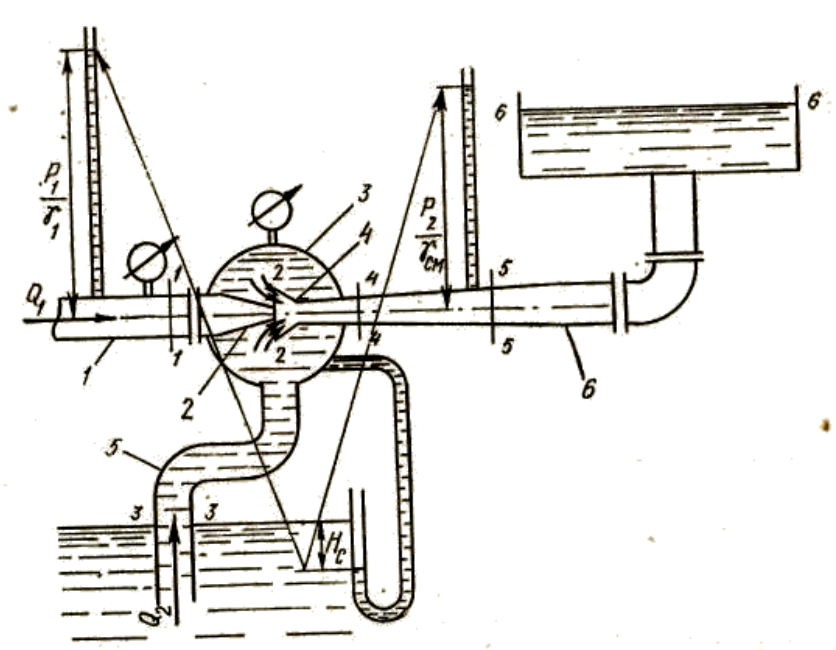
$$\eta = \frac{\gamma_2 Q_2 H_2}{\gamma_1 Q_1 H_1}.$$

Oxirgi formulada qatnashgan H_1 ni 1-1 va 2-2 kesimlarga Bernulli tenglamasini qo'llab topamiz:

$$H_1 = \frac{p_1 - p_2}{\gamma_1} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}.$$

So'rilayotgan suyuqlik uchun esa H_2 ni 2—2 va 3—3 kesimlarga Bernulli tenglamasini qo'llab topamiz:

$$H_2 = H_c + \frac{v_2^3}{2g} + h_c$$



2.14 - rasm. Oqimchali nasoslarning sxemasi

Oqimchali nasoslarning foydali ish koeffisiyenti juda kichik bo'lib, taxminan $\eta = 0{,}15 \div 0{,}30$ ga teng. Nasosning o'lchamlari qancha kichik bo'lsa, FIK ham shuncha kichik bo'ladi.

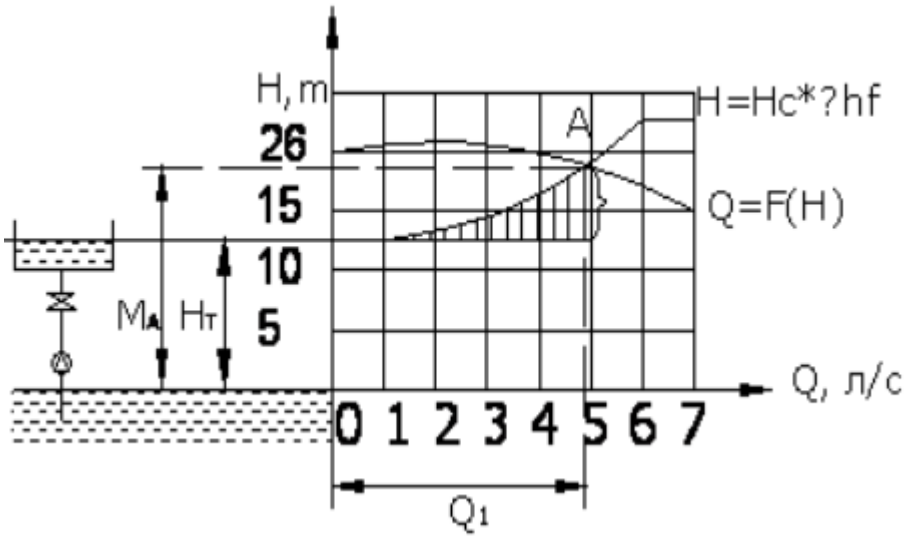
Oqimchali nasoslar suyuqlik va gazlarni so'rish va ko'tarish (ejektor va gidroelevatorlar) hamda qizdirish va aralashtirish (oqimchali aralashtirgish, qizdirgish va h.k:) uchun qo'llaniladi. Suvni ko'tarish uchun qo'llaniladigan nasoslar (bunda ish suyuqligi vazifasini ham suv bajaradi) suv oqimchali nasoslar deyiladi. Suv oqimchali nasoslar chuqur quduqlardan, qurilishda kotlovanlardan, podvallardan suvni tortish va nasos stansiyalarida nasoslarni ishga tushirish oldidan ulardan havoni so'rib olish uchun foydalaniladi. Neft sanoatida oqimchali nasoslar asosan aralashtirgishlar sifatida keng qo'llaniladi.

Sarfi 150÷1200 *l/s*, ko'tarish balandligi 6÷12 m bo'lgan suv struyali nasoslarning katta qurilishlarda pulpani ko'tarish va transport qilish uchun qo'llanilgan hollari ma'lum.

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma

Nasos ishchi nuqtasini aniqlash.

Nasos ishchi nuqtasi deb, nasos dam xarakteristikasi bilan, nasos qurilmasi xarakteristikasi (1.5.)ning kesishgan nuqtasi (A)ga aytiladi. Ya'ni mazkur quvurga ulangan nasos uzatayotgan sarf – Q_A ga va beradigan dami H_A-ga teng (1.5-rasm).



2.15 – 1 – rasm.

Nasosni tanlash

Nasosni tanlash asosan ikkita kattalik: uzatish kerak bulgan sarf - *Q* va berilishi kerak bulgan dam - *H* hamda aylanishlar chastotasi - *P* asosida amalga oshiriladi.

Yuqorida keltirilgan kattaliklar asosida tezkorlik koeffisiyenti hisoblanadi va umumlashgan kataloglar yigma grafigida nasos tamg'asi tanlanadi. Tanlangan tamg'aga qarab, nasos katalogidan kerak bulgan nasos xarakteristikalari yozib olinadi.

Nasoslarni tamg`alash.

Nasoslarni tamg`alashda asosan uchta kattalik hisobga olinadi:

1.Nasoslar turi harflar bilan belgilanadi. Masalan *K*-konsolnay, *0*- osevoy (o`qiy), V-vertikalniy (vertikal) va hokazolar.

2.Sarfi, m^3/soat yoki m^3/s - katta nasoslar uchun.

3.Dami, m-da.

Masalan: K 8/18 – konsol nasos, sarfi $Q = 8$ m^3/s va dami $H = 18$m; NK 200/210 – n – neft nasos, K- konsoli, sarfi - $Q = 200$ m^3/ soat, dami $H = 210$m.

Masalalar.

1.1 Markazdan qochma nasos (K 20/18) suyuqlikni *Hr* = 14m balandlikka kutarmokda. Nasos qurilmasining xarakteristikasi *Hk-Hr* + 160000 Q^2 tenglama orqali ifodalansa, nasos ishchi nuqtasini aniklash talab qilinadi.

Yechimi: 1.Nasoslar katalogidan foydalanib berilgan nasosning dam xarakteristikasi ko`chirib olinadi:

a) nasosning suv sarfini noldan maksimal qiymatgacha mos tushuvchi bosim
b) qiymatlarini jadvalga yozamiz.

1 - jadval

Q л/с	0	1	2	3	4	5	6	7
H м	20	20,5	21	20,5	10,5	18	16,6	15

b) 1-jadval asosida masshtabda nasosning dam xarakteristikasi quriladi

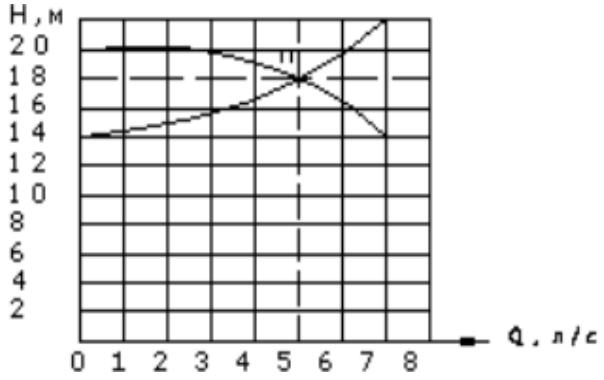
1. nasos qurilmasining xarakteristikasi quriladi.

a) $H = Hr \cdot 160000Q^2$ tenglama asosida jadval tuziladi

2 - jadval

м^{3}С	**160 000**	
0,001	0,16	14,16
0,002	0,64	14,64
0,003	1,44	15,44
0,004	2,56	16,56
0,005	4,00	18,00
0,006	5,76	19,76
0,007	7,84	21,84
0,008	10,24	24,24

b) 2-jadval asosida grafik tuziladi
Nasos qurilmasi va nasos dami xarakteristikalari kesishgan nuqtasi ishchi nuqta «A»ni beradi
(2.15 – 1 – rasm)



2.15 – 2 – rasm.

1.2 Nasosni sinovdan o'tkazish paytida quyidagi natijalar olindi: nasosdan chiqish qismida manometrik (ortiqcha) bosim P^2 = 0.35 MPa; nasosga kirish qismidagi vakuum hVak = 294 mm.sim.ust.; sarf Q = 6,5 l/s; nasos valiga berilayotgan aylantiruvchi moment M=41 nm;
nasos valining aylanish chastotasi P = 800 ayl/min surish va dam (haydash) quvurlarining diametri bir xil qarab, nasosning foydali quvvati va FIK aniqlansin.
Yechimi: a) foydali quvvatni formula asosida aniqlaymiz:

$$N\phi = \gamma QH$$

$$H = \frac{P}{\gamma} \qquad \text{bo`lsa} \qquad N\phi = Q \cdot P$$

P – nasos bosimi, *Pa*.

P=Pm + Pvak =0,35+0,0392=0,3892 mPa

$P_{вак} = 294 \cdot 133,32 = 0,0392 мПа$

$N\phi = Q \cdot P = 0,0065 \cdot 389200 = 2530 вт = 2,53 квт$

B) (1.9) formuladan FIKni hisoblaymiz.

$N = M \cdot \omega$

$\omega = \pi n / 30$

$N = M \cdot \omega = M \pi n / 30 \frac{41 \cdot 3,14 \cdot 800}{30} = 3433 вт = 3,43 квт$

$\zeta = \frac{N\phi}{N} = \frac{2,53}{3,43} = 0,74$

Javob: $\zeta = 74\%$

1.3 Ish g'ildiragining diametri D_1 = 60 mm li markazdan qochma nasosning parametrlari (qiymatlari) dam (napor) H_1 = 8m, sarf Q_1 = 6 l/s, aylanish chastotasi n_1=3000 ayl/min.

Dvigatelning sovutish sistemasi uchun, o'xshash rejimda ishlovchi va aylanish chastotasi n_2 = 4000 ayl/min.da Q= 9 l/s sarf beruvchi nasos kerak. Kerakli parametrlarni ta'minlash uchun ish g'ildiragini diametrini qanday o'zgartirish kerak. Shunda nasosning dami H_2 qancha bo`ladi,

Yechimi: 1.Ish g'ildiragining diametrini (1.19) formuladan aniqlaymiz:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1 D_1^3}{n_2 D_2^2}; \; D_2 = \sqrt[3]{(\frac{n_1}{n_2} \cdot D_1^3)\frac{Q_1}{Q_2}} = \sqrt{(\frac{3000}{4000} \cdot 60^3)\frac{6}{9}} = \sqrt{24300} = 62,4 мм$$

2.Nasosning damini (1.16) formuladan aniqlaymiz:

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2 D_1^3}{n_2^2 D_2^2}$$

$$H_2 = \frac{n_2^2 D_2^2}{n_1^2 D_1^3} = 8 \cdot \frac{4000^2}{3000^2} \cdot \frac{62,4^2}{60^2} = 15,4 м$$

Javob: $H_2 = 15,4 м; \; D_2 = 62,4 мм$.

1.4 Markazdan qochma nasosning ω = 250 s^{-1} dagi xarakteristikasi $Nn = N_0 + k_1 Q - k_2 Q^2$ ko`rinishida yoziladi va berilgan quvurga (truboprovod) ishlaganda sarf $Q$ = 5 l/s ga teng. Agar $N_0$ = 4m, $k_1$ = 0,2 $10^3$ $s/m^2$, $k_2$ = 0,06 10 $s^2/m^5$ bo`lsa, damini ikki marta oshirish uchun (sarf o`zgarmagan xolda) ish g'ildiragining burchak tezligi qancha bo`lishi kerak.

Yechimi: Damni aniqlaymiz:

$$Hh = H_0 + k_1 Q - k_2 Q^2 = 4м + 200с/м^2 \cdot 0,005м^3/с - 60000с^2/м^5 \cdot 0,000025м^6/с^2 = 4+1-1,5 = 3,5м$$

$$Hh = 3,5м$$

$$\frac{Hh}{Hh^1} = \frac{n^2}{n^{12}};\ n^{12} = \frac{Hh^1 n1^2}{Hh};\ \omega = \frac{\pi n}{30};$$

$$n = \omega : 0,105 = 250 : 0,105 = 2381 \text{ayl/ min}$$

$$n^1 = \sqrt{\frac{H^1 h \cdot n^2}{Hh}} = n\sqrt{2} = 2381 \cdot 1,41 = 3357^{avA}/мин$$

$$\omega^1 = \frac{\pi n^1}{30} = \frac{3,14 \cdot 3357}{30} = 3357 \cdot 0,105 = 3525с^{-1}$$

Javob: $\omega = 3525с^{-1}$

1.5 Ish g'ildiragining diametri D_1= 250…….li markazdan qochma nasos, aylanishlar chastotasi n_1 = 1000 ayl/min bulganida H_1 = 12 m damda Q = 6,4 l/s sarf uzatadi. O`xshash rejimda ishlovchi nasos H_2 = 18 m dan xosil qilib Q_2 = 10 l/s sarf uzatsa uning aylanishlar chastotasi n_2 va ish g'ildiragining diametri D_2 aniqlansin.

Yechimi: 1. (1.19) formuladan ish g'ildiragining diametrini aniqlaymiz:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1 D_1^3}{n_2 D_2^3}$$

$$n_2 D_2^3 = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot n_1 \cdot D_1^3;\ n_2 = (\frac{Q_1}{Q_2} \cdot n_1 \cdot D_1^3) D_2^3$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2 D_1^2}{n_2^2 D_2^2}$$

n_2 - qiymatni o`rniga qo`yamiz.

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2 D_1^2}{[(\frac{Q_1}{Q^2} n_1 \cdot D_1^3) : D_2^3]^2 \cdot D_2^2};$$

$$\frac{12}{18} = \frac{1800^2 \cdot 250^2}{[\frac{1800(250)^3}{D^{23}} \cdot 1,56]^2 \cdot D_2^2} = \frac{1800^2 \cdot 250^2 \cdot D_2^6}{1800^2 \cdot 250^6 \cdot 1,56^2 D_2^2};$$

$$\frac{12}{18} = \frac{D_2^4}{250 \cdot 1,56^2};$$

$$D_2 = 250^4 \sqrt{\frac{12}{18} 1,56^2} = 250^4 \sqrt{1,627} = 1,13 \cdot 250 = 282,5 мм;$$

Aylanishlar chastotasini aniqlaymiz:

$$n_2 = (\frac{Q_1}{Q_2} \cdot n_1 D_1^3) : D_2^3 = \frac{1,56 \cdot 1800 \cdot 250^3}{(282,5)^3} = 1952айл/мин$$

Javob: $D_2^3 = 282,5 мм;\ n_2 = 1952айл/мин$.

1.6 Suyuqlik xarakteristikasi $H = H_0 - k_1 Q^2$ tenglama orqali ifodalanuvchi markazdan qochma nasos orqali uzatiladi. Nasosning berishi kerak bo`lgan dam $Hk - k_1 Q^2$ tenglama bilan ifodalangan bo`lsa, nasos uzatayotgan sarfi va dami

aniqlansin. Agar nasosning aylanishlar sonini va qarshilik koeffisiyentini k_1 ni ikki marta oshirilganda, uzatilayotgan sarfi va dami qancha bo'ladi?
Yechimi: masala ikki usulda yechiladi.

I.Analitik usul.
1. H = H0 - k_1Q^2 va Hk-k_1Q^2 tenglamani birgalikda echib, Q va H ni aniqlaymiz:

$$H_0 - k_1Q^2 = k_2Q^2$$

$$Q = \sqrt{\frac{H_0}{k_1 + k_2}} = \sqrt{\frac{5}{100000}} = 0,00707 м^3/с;\ Q = 7.07 л/с;$$

$$H = 5 - 50000 \cdot 0,00005 - 5 - 25$$

2.Aylanishlar soni chastotasi va quvurning qarshiligi ikki marta ortgan holda formulalardan foydalanib:

$$\frac{H_0}{H_0} = \frac{n^2}{n^2};\ H_0 = H_0\frac{n^2}{n^2} = H_0(\frac{2}{1})^2 = H_0 \cdot 4 = 5 \cdot 4 = 20 м$$

$$H_0 = 20 м$$

$$Q = \sqrt{\frac{H_0}{k_1 + k_2}} = \sqrt{\frac{20}{150000}} = 0,0115 м^3/с;\ Q = 11,5 л/с;$$

$$H = H_0 - k_1Q^2 = 20 - 0,05 \cdot 10^6 \cdot 0,000133 = 20 - 6,67 = 13,33 м$$

Javob: $Q = 7,07 л/с;\ N=2,5m$
$Q = 11,5 л/с;\ H = 13,33 м$

II. Grafoanalitik usul.
1. H = H0 - k_1Q^2 tenglamadan foydalanib nasos dam xarakteristikasini chizamiz.

1-jadval

Q л/c	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
H м	**4,95**	**4,8**	**4,55**	**4,2**	**3,75**	**3,2**	**2,55**	**1,8**	**0,95**

Tenglamadan foydalanib qurilma xarakteristikasini chizamiz.

2-jadval.

0	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
0,5	**0,2**	**0,45**	**0,3**	**1,25**	**1,8**	**2,45**	**3,2**	**4,15**

1 va 2 jadval asosida masshtabda nasosning dami (1) va nasos qurilmasining (2) xarakteristikalari quriladi (18-rasm).
Bu xarakteristikalar kesishgan nuqtasi ishchi nuqtasi (A)ni beradi.
Grafikdan Q_A=7,01 *l/c* ; H_A=2,5m qiymatlarni olamiz.
B) aylanishlar chastotasini va quvurning qarshiligi ikki marta oshirilgan

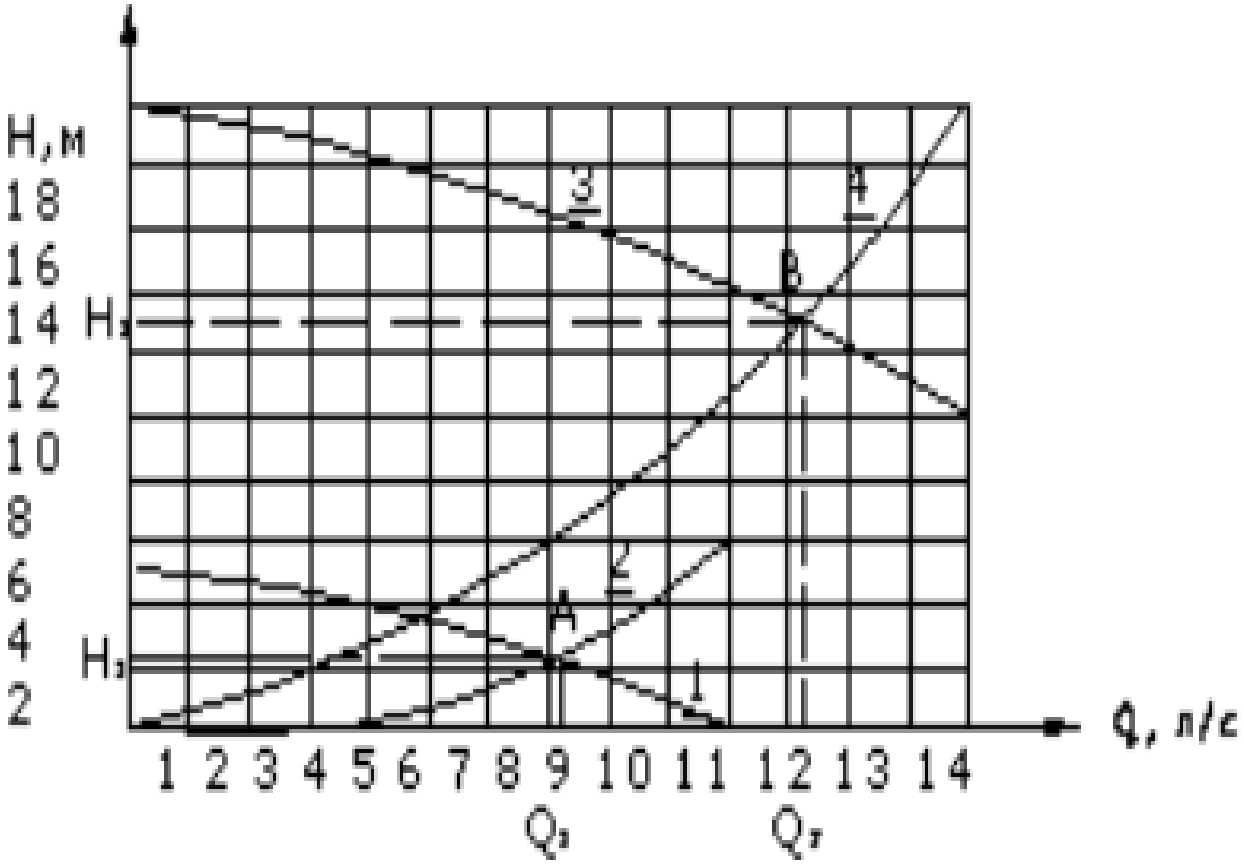
3-jadval

Q л/с	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**
H м	**19,8**	**9,2**	**18,2**	**16,8**	**15,10**	**12,8**	**10,2**

4-jadval

Q л/с	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**
H м	**0,4**	**1,6**	**3,6**	**6,4**	**10,0**	**14,4**	**19,6**

3 va 4 jadval asosida nasosning dam (3) va nasos qurilmasining xarakteristikalari qurilib (1 - rasm) ikkinchi ishchi nuqta (V) aniqlanadi va grafikdan Q_B=11,5 *l/c* , H_B=13,3m qiymatlarni olamiz.
Javob Q_A =7,11 *l/c*, H_A=2,5m;
Q_B=11,5 *l/c* , H_B=13,3m



8-rasm.

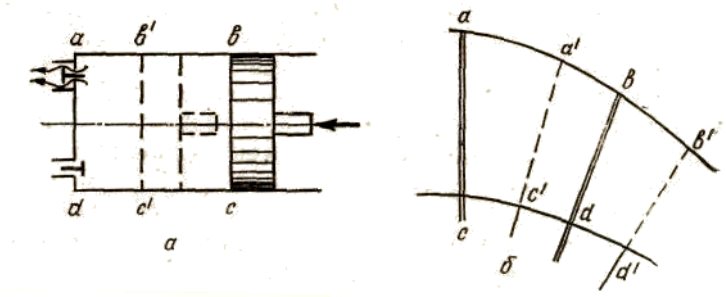
2. bo’lim. HAJMIY NASOSLAR

5. HAJMIY NASOSLAR TO’G’RISIDA UMUMIY TUSHUNCHALAR

2.17 Hajmiy nasoslar va ularning ishlash prinsipi

Hajmiy nasoslar suyuqlikning ma’lum bir hajmini ajratib olib, unga kuch ta’sir qilish yo`li bilan harakatga keltiradi. Ajratib olingan hajm u juda kichik bo’lishiga qaramay, bu jarayon vaqt birligida juda ko’p marta takrorlagani uchun, bunday nasoslar bizni kerakli miqdordagi suyuqlik bilan ta’minlay oladi.

Energiya nuqtai nazaridan qaraganda, hajmiy nasoslar ajratib olingan xajmdagi suyuqlikning potensial energiyasini oshirib beradi. Bu potensial energiyadan ikki xil usulda foydalanish mumkin: suyuqlikni yuqorida ko’tarish yoki trubada oqizish; foydali ish bajarish yoki ikkinchi bir mexanizmni harakatga keltirish. Birinchi holda suyuqlikka energiya berayotgan mexanizm nasos sifatida ishlasa, ikkinchi holda gidrouzatma sifatida ishlaydi. Suyuqlikka potensial energiya berish uni nasosning harakatlanuvchi qismlarining ta’sirida siqish yo’li bilan amalga oshiriladi. Bu jarayon ajratib olingan va biror bo’limni to’latgan suyuqlikka katta bosim berish yo’li bilan yoki ajratib olingan suyuqlikni katta kuch yordamida o’zgarib boruvchi sohaning ichida kattaroq hajmli qismdan kichikroq hajmli qismiga siljitish yo’li bilan amalga oshiriladi.

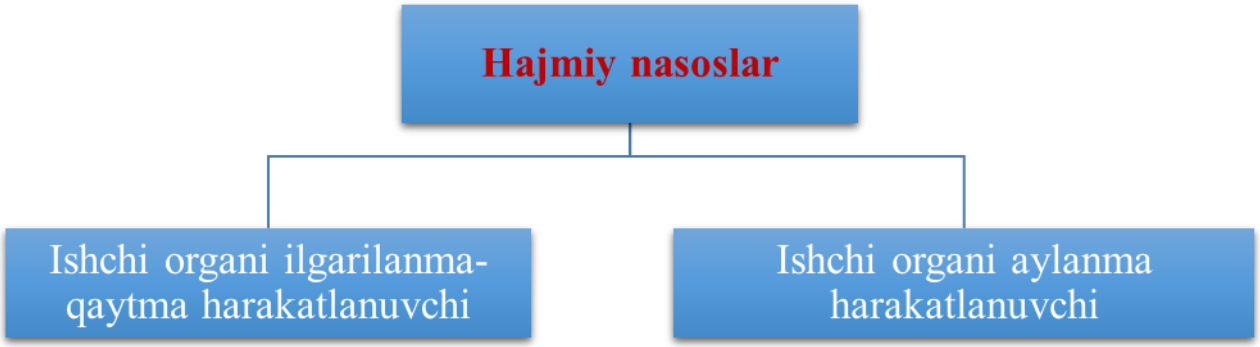


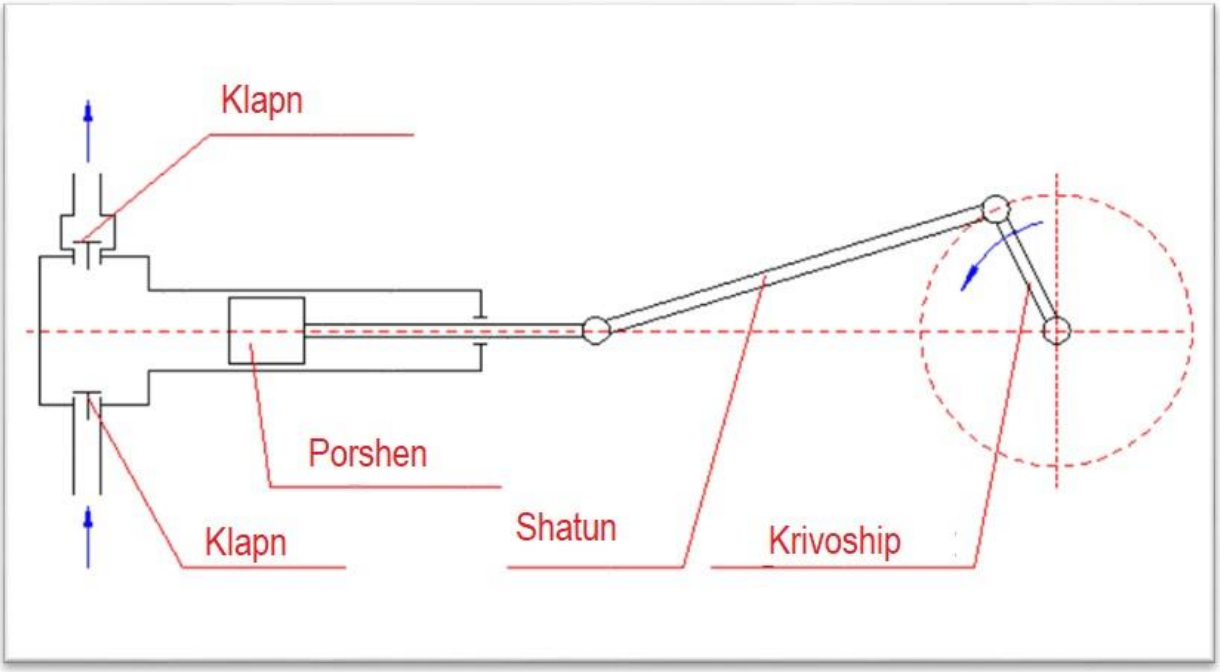
2.16 rasm. Hajmiy nasoslarning ishlash prinsipi

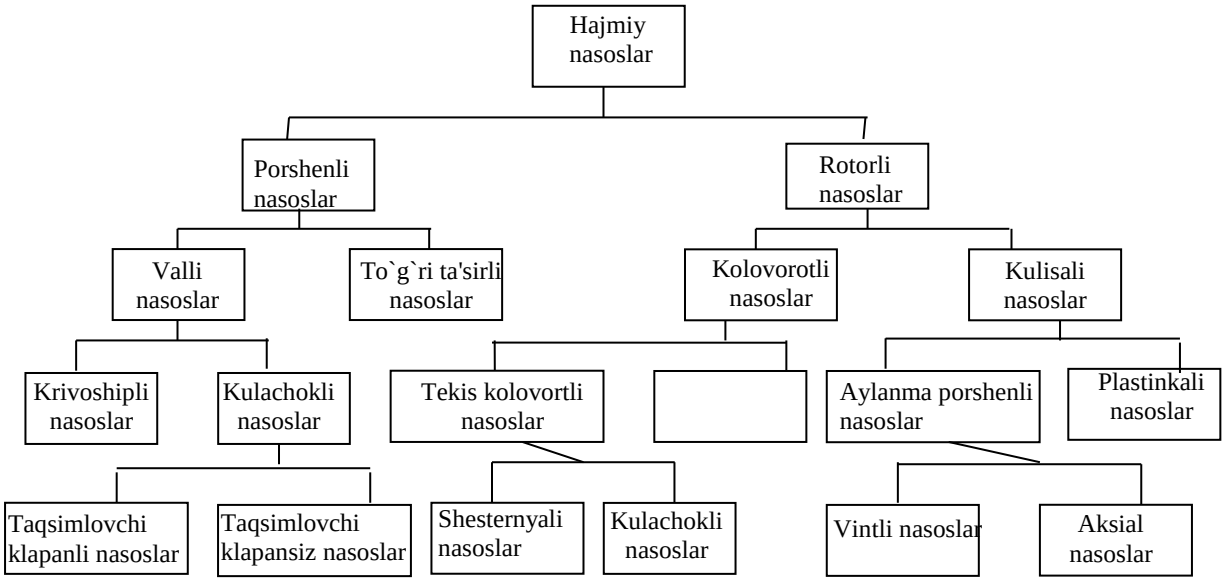
Birinchi usulga suyuqlikni porshenli va plunjerli nasoslarda siqish misol bo’ladi. Bunda ish bo’lmasiga so’rish klapani yordamida so’rib olingan suyuqlik hajmiga siqish vaqtida plunjer yoki porshenning bosimi natijasida potensial energiyasi oshib borib, bosim ma’lum chegaraga yetgandan keyin haydash klapani ochiladi va undan suyuqlik katta tezlik bilan otilib chiqadi. Bu jarayondagi suyuqlik hajmining kamayishi 2.16 - rasmda *abcd* vaziyatdan *a`b`c`d`* vaziyatga o’tishi va haydash klapanidan suyuqlikning chiqaboshlashi ko’rinishida tasvirlangan. Amalda, suyuqliklar kam siqiluvchan bo’lganligi uchun, suyuqlikning siqilishi shaklda ko’rsatilganidek katta bo’lmaydi. Ikkinchi usulda suyuqlik aylanma harakat qilayotgan ikki plastinka (plastinkali nasoslar) yoki boshqa turdagi ikki to’siq (shesternyali, vintli, nasoslar) orasida harakat qiladi. Bunda hajmning kamayishi 2.16-rasm, *b* da vaziyatdan *abcd* vaziyatga o’tishi bilan tasvirlangan. Ko’rilayotgan usulda suyuqlik energiyasining ortishi hajm o’zgarmasdan, suyuqlikni chegaralovchi to’siqlarning juda katta tezlik bilan harakatlanishi bilan ham amalga oshirilishi mumkin (shesternyali, vintli nasoslar).

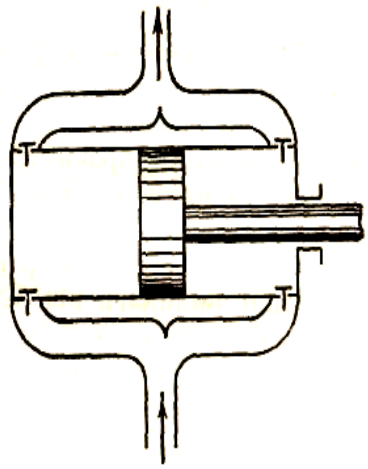
2.18 Hajmiy nasoslarning umumiy xossalari va ularning klassifikasiyasi

Hajmiy nasoslarning sarflari katta bo'lmaydi, lekin ular yordamida yuqori bosim olish mumkin. Shuning uchun ularni kamroq suyuqlik tortiladigan, biroq yuqori bosim kerak bo'ladigan sharoitlarda juda ko'p qo'llaniladi. Hajmiy nasoslar suyuqliklarga siquvchi kuchning qaysi usulda berilishiga qarab ikki katta turga bo'linadi. Birinchisi ish bo'lmasi harakatlanmaydigan va boshqaruvchi zvenosining harakati ilgarilama-qaytma harakatga aylantiriladigan mashinalardir. Bularga porshenli va plunjerli nasoslar kiradi va suyuqlikka kuch porshen yoki plunjerning harakat yo'nalishida beriladi. Ikkinchi tur nasoslarda siquvchi bo'lma rotor bilan birga aylanadi va kuch suyuqlikni chegaralovchi to'siqlar harakati yo'nalishida beriladi. Bunday nasoslar rotorli nasoslar deb ataladi. Hajmiy nasoslar 2.17 - rasmda keltirilgan sxema bo'yicha guruhlanishi mumkin. Porshenli nasoslar siquvchi organining va ish bo'lmasining tuzilishiga qarab porshenli hamda plunjerli nasoslarga bo'linadi. Bu nasoslar bir vaqtda ishlaydigan ish bo'lmalari bitta yoki ko'p harakatli nasoslarga bo'linadi. Ko'p harakatli nasoslarga ikki, uch, to'rt, besh va olti harakatli nasoslar kiradi.









2.17 - rasm. Hajmiy nasoslarni guruhlash sxemasi

Oddiy bir harakatli nasoslarda ish bo’lmasi bitta bo’lib boshqaruvi zvenoning bitta to’la aylanishiga bir marta so’rish va bir marta xaydash to’g’ri

keladi. Ikki harakatli nasosda ish bo'lmasi ikkita bo'ladi. Bunda boshqaruvchi zveno (tirsakli valning bitta to'la aylanishiga ikki marta so'rish va ikki marta haydash to'g'ri keladi. Ikki harakatli nasoslarda bir porshenning ikki tomonida ikki bo'lma bo'lib porshen oldinga yurganda bir kamerada haydash ikkinchi kamerada so'rish amalga oshiriladi. Porshen orqaga yurganda esa, aksincha birinchi kamerada so'rish va ikkinchi kamerada haydash bajariladi. Ikki harakatli nasoslar ikki silindrda ikki porshenning ishlashi bilan ham amalga oshirilishi mumkin.

Ko'p harakatli nasoslarda boshqaruvchi zvenoning bitta to'la aylanishiga nasosning harakat soniga teng miqdorda so'rish va haydash to'g'ri keladi (masalan, uch xarakatli nasosda uch so'rish va uch haydash, to'rt harakatli nasosda to'rt so'rish va to'rt haydash va h.). Bunday nasoslarda tirsakli valga o'rnatilgan bir necha porshen o'z silindrlarida harakatlanadi va porshenlar soni nechta bo'lsa, nasos shuncha harakatli bo'ladi.

Porshenli nasoslarning tuzilishi har xil bo'lib, u ishlaydigan sharoitiga qarab tanlab olinadi. Masalan, vertikal harakatlanuvchi porshenli nasoslarda (quduqlardan suv tortishda) so'rish klapanlari porshenning o'ziga joylashtirilgan bo'ladi.

Porshenli nasoslarning boshqaruvchi zvenosi sharoitga qarab krivoship-shatunli yoki mushtumchali mexanizmdan harakatga keltirilishi mumkin. Rotorli nasoslar ham siqilayotgan suyuqlikni chegaralovchi to'siqlar shakli, harakatlanishiga qarab turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, plastinkali nasoslarda to'siqlar plastinka shaklida bo'lib, sirtiga tik yo'nalishda aylanma harakat qilsa, vintli nasoslarda to'siqlar vint shaklida bo'lib, aylanish yo'nalishi sirtga qiya bo'ladi. Aksial va radial porshenli nasoslar esa aylanma korpusda ekstsentrik joylashgan valga o'rnatilgan va qiya sirtga tiralgan aylanuvchi silindrlarda harakatlanuvshi porshenlar ishiga asoslangan. Rotorli nasoslarning tuzilishi xilma-xil bo'lib, ularning barchasini 2.17-rasmda keltirilgan guruhlash sxemasiga joylashtirish mumkin emas. Shuning uchun quyida faqat eng ko'p tarqalgan nasoslar ustida to'xtalib o'tamiz.

6. PORSHENLI VA PLUNJERLI NASOSLAR

2.19 Porshenli va plunjerli nasoslarning tuzilishi hamda ishlatilish sohalari

Porshenli nasos qurilmasining eng sodda sxemasi 2.18-rasmda keltirilgan.

Bu nasoslarda suyuqlikning so'rilishi va haydalishi porshen yoki plunjerning (2.18 - rasm) silindrda ilgarilama-qaytma harakatiga asoslangan. Bunda porshen *3* (2.18 - rasm) yoki plunjer *3* (2.18 - rasm, a) tarkibida shtok *2* bo'lgan krivoship-shatunli mexanizm *1* yordamida harakat qiladi. Porshen (plunjer) silindr ichida qaytma (orqaga) harakat qilganida uning oldidagi ish bo'lmasining hajmi ortib siyraklanish hosil bo'ladi. Bu siyraklanish ma'lum bir chegaraga yetganida ish bo'lmasidagi bosim bilan tirgak klapan *7* ostidagi xrapovikda bo'lgan bosim orasidagi farq so'rish klapani *4* ni oshadi va suyuqlik so'rish trubasi *6* orqali ish bo'lmasiga kiradi. So'rish jarayoni porshen (plunjer) o'zining eng chekka so'rish chegarasiga yetguncha davom etadi. Bunda so'rish

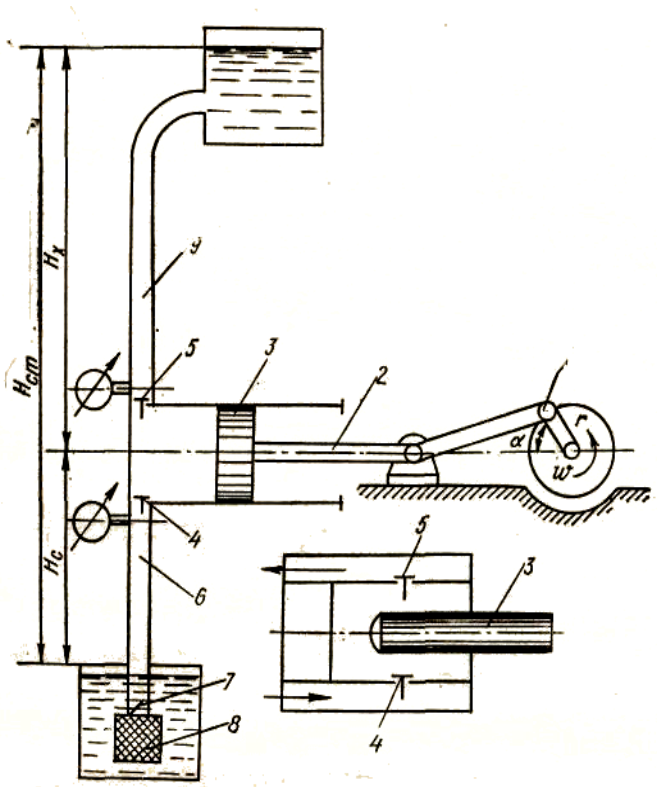
trubasidagi siyraklanish so’rish klapani oldiga joylashtirilgan vakuummetr yordamida o’lchanadi. Ta’minlovchi idishdagi suyuqlik sathidan nasos silindrining eng yuqori sathigacha bo’lgan balandlik so’rish balandligi (H_c) deyiladi. So’rish balandligi chegaraviy so’rish balandligi H_c^{kr} dan katta bo’lmasligi kerak.

Hajmiy (porshenli) nasoslar

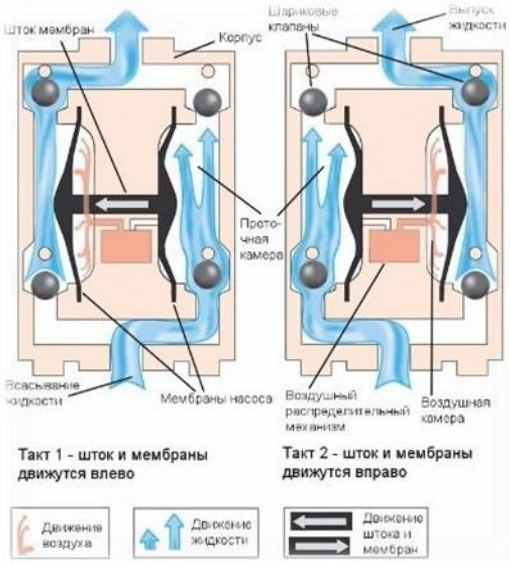
- Porshenli nasoslar konstruktsiyasi jihatdan xilma-xildir. Bu esa sanoat korxonalarining turli sohalarida qo‘llanishiga imkon beradi.
- Porshenli nasoslar yuritma usuliga ko‘ra krivoship-shatunli, krivoshipsiz, to‘g‘ri harakatli yuritma turlarga; porshenning joylanishiga ko‘ra vertikal va gorizontal turlarga; aylanishlar soniga ko‘ra tez yurar va sekin yurar turlarga; ishlash prinsipiga ko‘ra oddiy, ikki bosqichli va ko‘p bosqichli turlarga bo‘linadi.

Porshenli nasoslarning tuzilishi va ishlashi

- Bu nasoslarda to‘liq statik bosim Nst=Ns+Nx, bu yerda Nst - to‘liq statik, Ns - surish, Nx – xaydashdagi bosimlardir. Porshenli nasoslar yuqori bosim kerak bo‘lganda ishlatiladi.
- Bunday nasoslarning F.I.K. katta bo‘ladi.
- Porshenli nasoslarning markazdan qochma nasoslarga nisbatan qo‘polligi, qimmat turishi, ishlashini murakkabligi kabi kamchiliklari mavjud.



2.18 - rasm. Bir harakatli porshenli (plunjerli) nasosning ishlash sxemasi

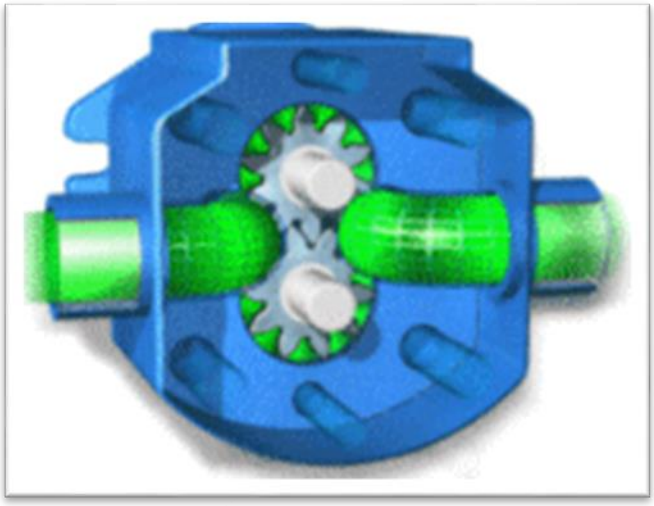


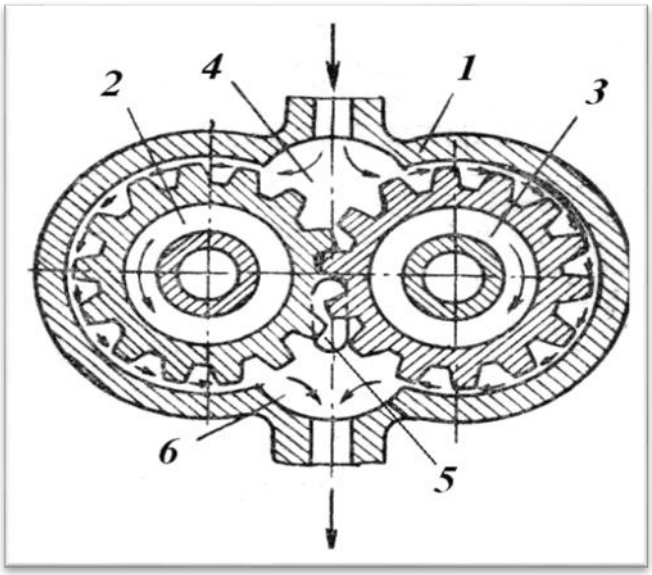
Shesternyali nasoslar

▶ Shesternyali nasoslar asosan, qovushqoqligi yuqori bo‘lgan suyuqliklarni uzatish uchun qo‘llaniladi.

▶ ***Afzalligi:*** ishonchli ishlashi, geometrik o‘lchamlari kichikligi, arzonligi, yuqori bosim hosil qilishi, bir tekisda uzatishi.

▶ ***Kamchiligi:*** unumdorligining pastligi, tuzilishining murakkabligi.





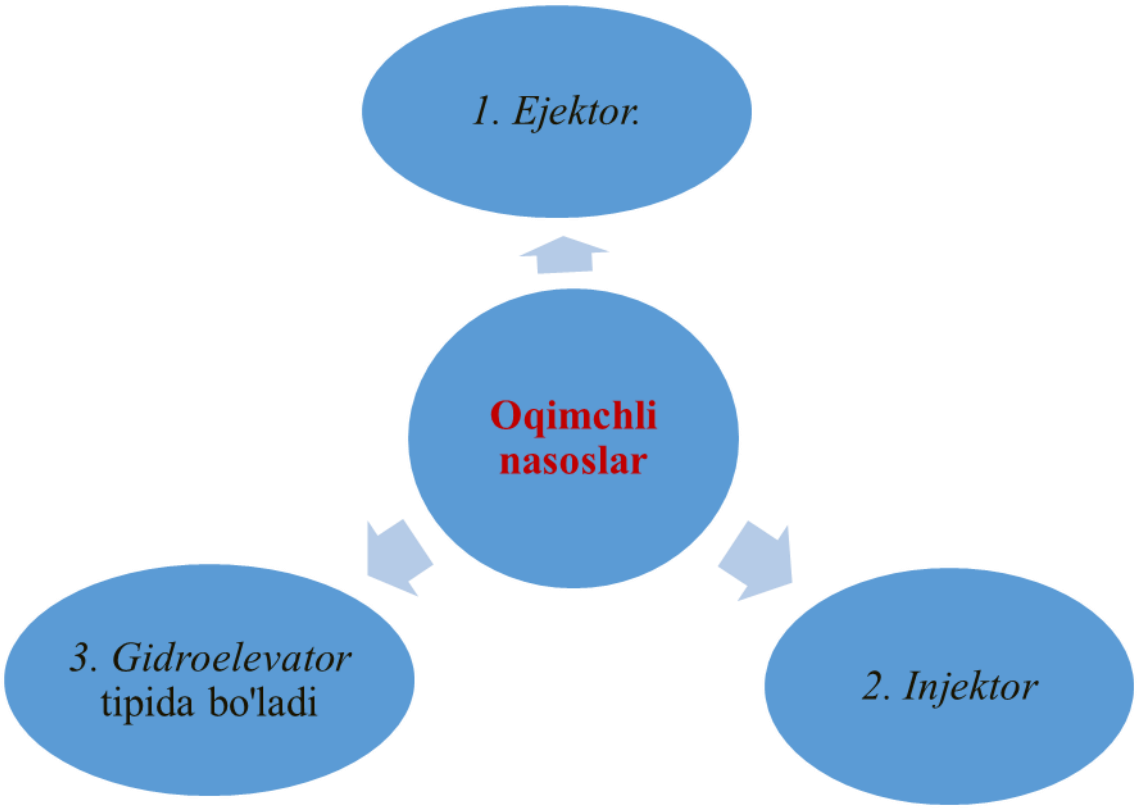
Plastinali-shiberli nasoslar

- Bunday nasoslarning ishlashi porshenli nasoslar kabi, ishchi bo‘shlig‘i hajmining kengayishiga asoslangan.
- Bunday nasoslar yonilg‘i va moylarni haydash uchun benzonasos sifatida ishlatilishi mumkin. Metall kesish dastgohlarida va shunga o‘xshash mashinalarda ham ishlatiladi.

Impellerli nasos

Impellerli nasos rotorli nasosning bir turi bo‘lib, yumshoq rotorli nasos.Yumshoq impeller nasosning ishchi organi xisoblanadi (so‘rish balantligi 5 metr).

- ***Afzalligi:***shovqinsiz ishlashi, F.I.K. ning nisbatan kattaligi (η = 0,8÷0,85), bir tekisda suyuqlikni uzatishi.
- ***Kamchiligi:*** past bosimligi, faqat toza holdagi suyuqliklar uchun ishlatilishi, tuzilishining murakkabligi, metallga yuqori sifatli ishlovning talab qilinishi.

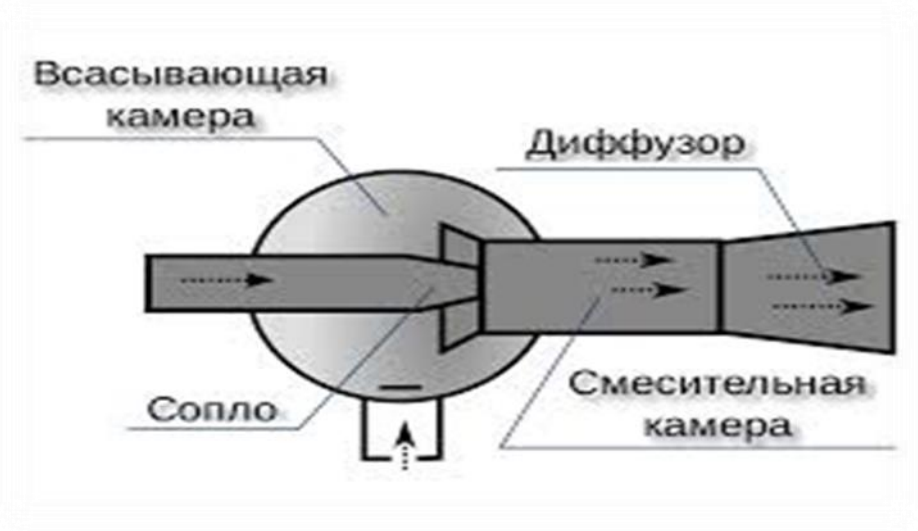


Oqimchali nasoslar

- Oqimchali nasoslar konstruksiyasi jihatdan soda va ishonchli ishlaydigan nasosdir.
- Ularning o‘ziga xos xususiyati shundaki, ularda harakatlanuvchan qismlar bo‘lmaydi.
- Ular ishchi suyuqlik turiga qarab injektor, ejektor, erlift va gazlift turlariga bo‘linadi.
- Oqimchali nasoslarning ishlashi ishchi suyuqlikning kinetik energiyasidan foydalanishga asoslangan. Ishchi suyuqlik nasos haydayotgan suyuqlik bilan aralashib, o‘zining kinetik energiyasining bir qismini unga beradi va hosil bo‘lgan aralashma tarmoqqa haydaladi.
- Ishchi suyuqlik sifatida gaz (yoki bug‘), shuningdek turli kombinatsiyalarda olingan suyuqliklar ishlatilishi mumkin.
- Oqimchali nasoslar sanoatda asosan qurilish va konchilik ishlarini gidromexanizatsiyalashda, iflos suvni haydashda, shuningdek gazlarni so‘rib olishda ishlatiladi.

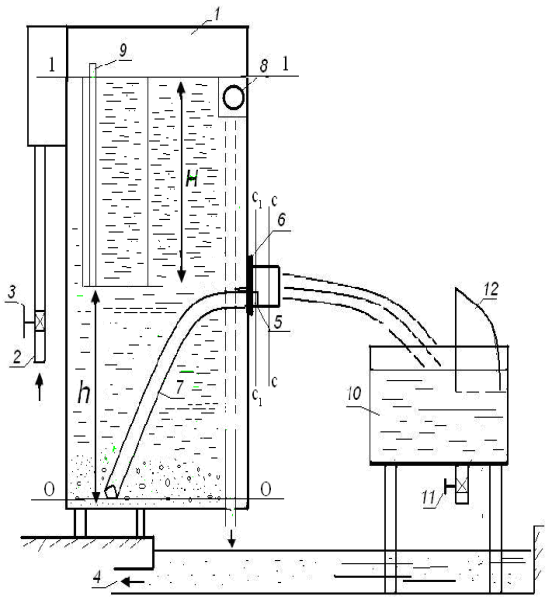
Oqimchali nasoslarning

- ***Afzalligi:*** konstruksiyasining soddaligi, iflos va agressiv suyuqliklar uchun, hamda aralashtirgich sifatida ishlatilishi.
- ***Kamchiligi:*** F.I.K. ning pastligi, tez ishdan chiqishi.

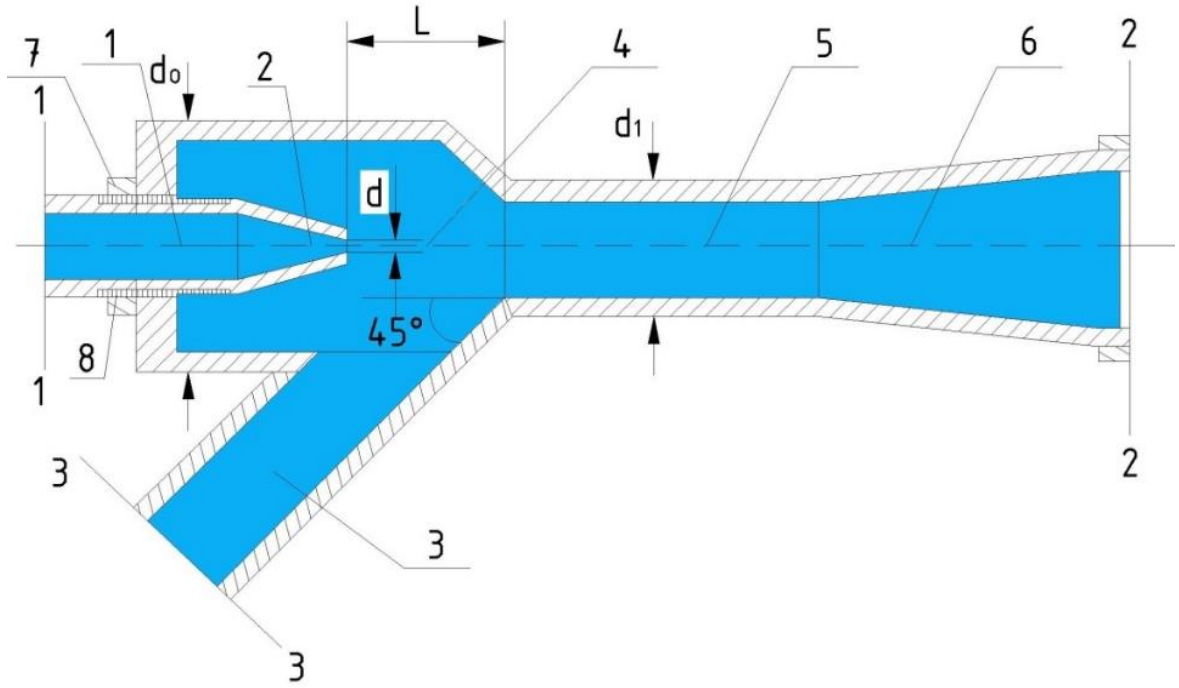


Oqimchali nasoslar sxemasi

OQIMCHALI APPARAT



OQIMCHALI NASOS



1-ishchi suyuqlik quvuri; 2-aktiv naycha (soplo); 3-suv keltiruvchi quvur; 4-o‘tish qismi; 5-oqimlarning aralashish kamerasi; 6- diffuzor; 7-gayka; 8-ulanish qismi

Porshen (plunjer) ilgarilama (oldinga) harakat qilganda esa ish bo’lmasidagi bosim ortib, so’rish klapani yopiladi. Bo’lmadagi bosim ortishida davom etib haydashga yetarli bosim p_x ga etganida haydash klapani ochilib, suyuqlik haydash trubasi *9* ga o’ta boshlaydi. Suyuqlikni haydash porshen eng chekka haydash chegarasiga yetguncha davom etadi.

Sodda amaliy porshenli nasosning sarfi ushbuga teng:

$$Q = FL\frac{n}{60} \tag{12.2}$$

bu yerda: F – porshen ko’ndalang kesimining yuzi; L – porshenning yurishi (bir borib kelishda bir tomonga yurgan yo’lining uzunligi); n – porshenning bir minutda borib kelish soni (yoki krivoship shatunli mexanizmning aylanish soni).

Ko’p amaliy porshenli nasosiing sarfi

$$Q = FL\frac{n}{60}i \tag{12.3}$$

bu yerda: i – nasos silindrlarining soni.

Ikki amaliy bir porshenli nasosning sarfi

$$Q = (2F - f)L\frac{n}{60} \tag{12.4}$$

bu yerda: f – shtok ko’ndalang kesimining yuzi.

Nasosni ishga tushirganimizda u avval so’rish trubasidagi havoni tortadi va suyuqlik so’rish trubasiga ko’tariladi. Nasos biroz vaqt ishlagandan so’ng so’rish trubasi va silindrdagi havo haydab chiqarilib, suyuqlik silindrni to’ldiradi. Shundan so’ng nasos moslangan tartibda ishlay boshlaydi. Natijada ta’minlovchi idishdagi suyuqlik qabul qiluvchi idishga o’ta oshlaydi.

Silindrdagi yuqori sath bilan suyuqlik ko’tarilgan eng yuqori sathlarning farqi haydash balandligi (H_x) deyiladi.

So’rish balandligi bilan haydash balandligining yig’indisi $H_{st} = H_c + H_x$ nasosning tortish balandligi yoki to’liq statik bosimdan iboratdir.

Yuqorida aytganimizdek porshenli nasoslar yuqori bosim kerak bo’lgandagina ishlatiladi. Amalda, ko’p hollarda, porshenli nasoslar markazdan qochma nasoslarni siqib chiqaradi. Hajmiy gidrouzatmalar tarkibida ishlayotgan nasoslar asosan porshenli nasoslar turiga kiradi. Bu aytilganlardan tashqari porshenli nasoslarning yana bir ustunligi foydali ish koeffisiyentining yuqoriligidir.

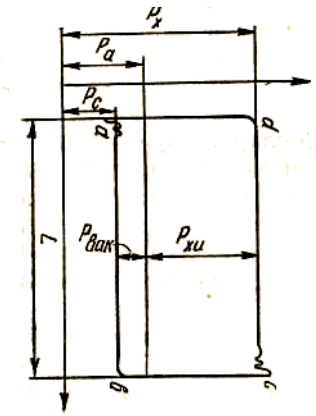
Porshenli nasoslarning markazdan qochma nasoslardan yana bir farqi shundaki, uning so’rishini haydash trubasiga o’rnatilgan berkitkish yordamida o’zgartirib bo’lmaydi. Lekin haydash trubasining kesimi kichrayib borishi bilan tezlik ortib boradi va berkitkich oldida bosim ortib boradi. Agar berkitkich butunlay bekitib qo’yilsa, bosim juda kattalashib ketishi natijasida yo nasos buziladi, yoki truba yoriladi, yo bo’lmasa zo’riqishning ortib ketishi, natijasida dvigatel to’xtab qoladi. Shuning uchun porshenli nasoslardan yuqori bosimda o’zgarmas so’rish zarur bo’lgan hollarda foydalaniladi.

Porshenli nasoslarning markazdan qochma nasoslarga taqqoslangandagi asosiy kamshiligi ularning kattaligi, qimmatga tushishi, ishlatishning murakkabligidir. Bu nasoslarga markazdan qochma nasoslarga qaraganda ko’proq qarab turish va diqqat talab qilinadi. Chunki porshenli nasoslarning klapanlari tez-tez ifloslanab turadi. Ifloslanish nasosning boshqa qismlarida ham bo’ladi.

2.20 Indikator diagramma

Porshenli nasosning silindridagi absolyut bosimning porshenning yurishiga yoki ish bo’lmasi hajmining o’zgarishiga bog’liqligini ko’rsatuvchi yopiq chiziqdan iborat grafik indikator diagramma deyiladi. U ishlab turgan nasos silindriga o’rnatilgan va indikator deb ataluvchi maxsus asbob yordamida chizib olinadi. 2.19-rasmda oddiy bir harakatli porshenning taxminiy indikator diagrammasi keltirilgan. Diagrammada *ab* chizig’i so’rish holatiga mos keladi. Bu holatda silindrdagi bosim so’rish bosimi p_c ga teng va atmosfera bosimidan kichik bo’ladi. So’rish va atmosfera bosimlarining farqi $p_a - p_c$ ta’sirida so’rish klapani ochiq holatda tutib turiladi. Porshenning eng chekka so’rish holatiga *b* nuqta to’g’ri keladi. Bu holatdan boshlab, porshen oldinga qarab yuraboshlaydi. Bunda bosim ortaboshlaydi, so’rish klapani yopiladi. Porshenning oldinga yurishi davomida (*bc* chiziq) bosim ortib borib, haydash bosimi p_x ga tenglashadi. Shu vaqtdan boshlab haydash klapani ochiladi va u butun haydash jarayoni davomida (*cd* chizig’i) ochiq turadi.

Bu vaqtda suyuqlik p_x bosim ostida haydash trubasiga kiradi. Porshenning eng chekka haydash holati *d* nuqtaga to’g’ri kelib, bunda haydash jarayoni tugaydi.



2.19 - rasm. Porshenli nasos indikator diagrammasining taxminiy sxemasi

Porshen orqaga harakat qilaboshlashi bilan silindrdagi bosim kamayib, haydash klapani yopiladi. Bosim pasayib borib (*dc* chizig'i) p_c ga yetganidan so'ng yana so'rish klapani ochilib, surish jarayoni boshlanadi. Klapanlar ochilishining boshida (*a* va *c* nuqtalar) so'rish inersiya kuchi ta'sirida o'zgarib turadi.

Indikator diagrammasidagi yopiq *abcd* chiziq bilan chegaralangan yuza porshenning bir marta borib-kelishida bajargan ishi A_1 ni ifodalaydi:

$$A_1 \approx (p_x - p_c)L = p_{xu}^{`}L$$

Porshenning suyuqlikka bergan quvvati indikator quvvat deyiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$N_u = \frac{p_{xi}SLn}{60}, kGm/s \qquad (17.1)$$

bu yerda: *S* – porshenning yuzi; L – porshenning yo'li; p_{xi} – indikator bosimi; *n* – aylanishlar soni.

Indikator quvvat foydali quvvat bilan quyidagicha bog'langan:

$$N_u = \frac{N_f}{\eta_u} \qquad (17.2)$$

bu yerda: η_u – indikator FIK.

Shunday qilib, indikator diagramma nasosning quvvatini aniqlashga yordam beradi.

2.21 Porshenli nasoslarning foydali ish koeffisiyenti

Porshenli nasoslarda ham markazdan qochma nasoslardagi kabi, energiyaning yo'qotilishi mavjud bo'lib, u mexanik va gidrodinamik qarshiliklarni yengishga sarf bo'ladi. Bulardan biri hajmiy yo'qotish bo'lib, unga nazariy sarf bilan haqiqiy sarfning teng emasligi sababdir. Oddiy bir harakatli porshenning nazariy sarfi

$$Q_n = SL\frac{n}{60}$$

formula bilan hisoblanadi.

Haqiqatda esa, porshenning bir marta borib kelishida tasvirlangan hajmi *SL* ga teng hajmli suyuqlikning hammasi haydash trubasiga tushmaydi. Bir qism suyuqlik porshen bilan silindr devori orasidagi tirqish orqali va salnikdagi tig'izlagichning kamchiligi sababli tashqariga sizib o'tadi. Haydash davri tugab,

so’rish boshlanganda haydash klapanining va so’rish davri tugab, haydash davri boshlanganida so’rish klapanining bir onda yopilmasligi natijasida (yopilish davri qisqa bo’lsa) ham juda oz miqdordagi suyuqlik orqaga qaytishga ulguradi. Natijada haqiqiy sarf nazariy sarfdan kam bo’ladi. Haqiqiy sarfning nazariy sarfga nisbati hajmiy foydali ish koeffisiyenti deyiladi va haqiqiy sarf Q_x ning nazariy sarf Q_n ga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\eta_Q = \frac{Q_x}{Q_n} \tag{17.3}$$

Nasosning tuzilishi va uning eskirganlik darajasiga qarab η_Q = 0,85, 0,99 chegarada o’zgaradi. Nasosning suyuqlikni ko’tarish uchun sarflayotgan energiyasi uning haydash trubasida hosil qilgan bosimi H_x bilan belgilanadi. Bu bosim so’rish bosimi $H_c = \frac{p_c}{\gamma}$ haydash bosimi $H_x = \frac{p_x}{\gamma}$ nasosdagi va haydash trubasidagi gidravlik qarshiliklarni yengishga sarf bo’lgan bosimlar yig’indisi $H_n + H_t$ orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$H = \frac{p_x}{\gamma} - \frac{p_c}{\gamma} + H_u + H_t. \tag{17.4}$$

H_n va H_m lar ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni hisoblash formulalari yordamida aniqlanadi.

Nasosning foydali bosimi H ga esa trubalardagi gidravlik qarshilik kirmaydi:

$$H_f = H_x - H_c + H_n. \tag{17.5}$$

Vakuummetr va manometrlar ko’rsatuvidan aniqlangan indikator bosim

$$H_i = \frac{p_x}{\gamma} - \frac{p_c}{\gamma} \tag{17.6}$$

ga teng. Manometrik bosim $H_x = H_m$ degan tushunchani kiritamiz. U holda nasos va nasos qurilmasidagi yo’qotishlarni gidravlik FIK

$$\eta_g = \frac{H_m}{H_i} \tag{17.7}$$

va qurilmaning FIK

$$\eta_q = \frac{H_f}{H}$$

orqali ifodalanadi.

Nasosning suyuqlikni ko’tarish uchun sarflagan foydali quvvatini

$$N_f = \gamma Q_f H_m$$

ni topsak, u holda indikator FIKni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\eta_i = \frac{N_f}{N_i}.$$

Yuqorida keltirilgan (17.2), (17.7) tengliklardan va oxirgi formuladan ushbu munosabat kelib chiqadi:

$$\eta_i = \frac{N_f}{N_i} = \frac{\gamma Q_f H_m}{\gamma Q_H H_u} = \eta_Q \eta_g. \tag{17.8}$$

Indikator quvvatning porshenga berilgan quvvat N_p ga nisbati mexanik FIK dan iborat.

$$\frac{N_n}{N_p} = \eta_m \qquad (17.9)$$

Bundan foydalanib nasosing to'liq foydali ish koeffisiyentini topish mumkin:

$$\eta = \frac{N_f}{N_p} = \frac{N_f}{N_u}\frac{N_H}{N_o} = \eta_u \eta_m.$$

Bundan ko'rinadiki, nasosning to'liq FIK i hajmiy, gidravlik va mexanik FIK larning ko'paytmasiga teng ekan:

$$\eta = \eta_Q \eta_g \eta_m. \qquad (17.10)$$

Demak, nasos olgan to'liq quvvat quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

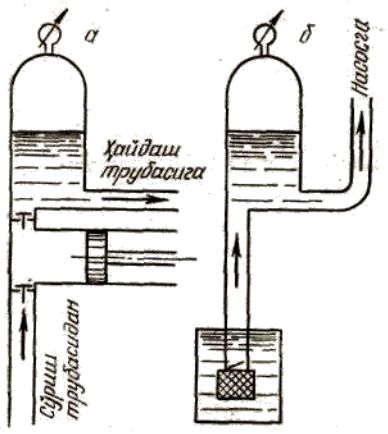
$$\left.\begin{aligned} N &= \frac{Q_H H_m \gamma}{102\eta} kVt \\ N &= \frac{Q_H H_m}{75\eta} o.k \\ N &= \frac{Q_n H_m \gamma}{1000\eta} kVt \end{aligned}\right\} \qquad (17.11)$$

Oxirgi formulada hisob SI sistemasida bajarilishi kerak. Nasos ishlab turganida dvigatelning sarflagan quvvati nasos foydalangan quvvat bilan quyidagicha bog'langan bo'ladi:

$$N_{dv} = a\frac{N}{\eta_{ish}}$$

bu yerda: η_{ish} boshqaruvchi zvenodagi ishqalanish kuchlarini belgilovchi FIK, a = 1,1÷1.2 – quvvatning zapas koeffisiyenti; dvigatel ko'proq zo'riqib ishlagan holni hisobga oladi.

Nasosning foydali ish koeffisiyentlarini: η_g = 0,9÷0,98; η_m = 0,95÷0,98; η = 0,65÷0,9 chegarada olinadi. Bu qiymatlar nasosning turiga va uning eskirganlik darajasiga bog'liq bo'lgani uchun aniq ko'rsatilmaydi.



2.20 - rasm. Havo qalpog`ining haydash va so`rish trubasiga o`rnatilish sxemasi

.31-§.

Nasosga kirishdagi suyuqlikning inersiya kuchlarini kamaytirish uchun so'rish trubasiga ham havo qalpog`i o'rnatiladi. Qalpoqning hajmi kichik bo'lsa, uning so'rishni tekislashi yaxshi bo'lmaydi, katta bo'lsa, nasos qurilmasi

kattalashib ketadi. Shuning uchun havo qalpoqlarining hajmini hisoblashga to'g'ri keladi. Qalpoq hajmini hisoblash uchun uning ostidagi havoning maksimum va minimum hajmlarini yoki shuning o'zini ko'rsatuvchi suyuqlikning maksimum va minimum hajmlarini hisoblash kerak. Minimum hajm 2.18 - rasmda sinusoidaning to'g'ri chiziq bilan kesishgan *a* nuqtasiga, maksimum hajm *b* nuqtasiga tug'ri keladi. Bu hajmlarning farqi *ab* to'g'ri chiziq bilan sinusoidaning yuqori qismi orasidagi yuzaga teng. Bu yuzani hisoblash natijasida ushbu tenglikni olamiz:

$$V_{\max} - V_{\min} = 0{,}55SL.$$

Shuningdek, hisoblash yo'li bilan quyidagilarni olamiz:

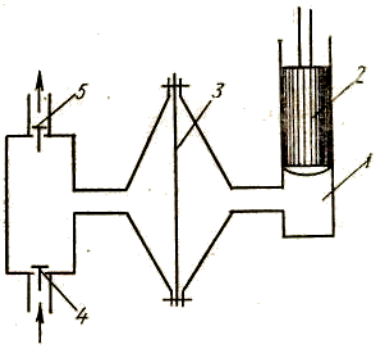
ikki harakatli nasoslar uchun $V_{\max} - V_{\min} = 0{,}21SL.$

uch harakatli nasoslar uchun $V_{\max} - V_{\min} = 0{,}009SL.$

Ko'p harakatli nasoslarda tezlik yuqori darajada tekislangan bo'lishini yuqorida aytib o'tgan edik. Bunda havo qalpoqlarining zarurati qolmaydi. Lekin ko'p silindrli nasoslarda bir yoki bir necha silindrning birdan ishlamay qolish hollari bo'ladi. Bu holda so'rishning tekisligi birdan o'zgaradi va bu o'zgarish juda katta miqdorlarga yetishi mumkin. Shuning uchun ko'p silindrli nasoslarda ham, ayniqsa haydash yo'liga, havo qalpog'ini o'rnatish maqsadga muvofiqdir.

2.22 Diafragmali nasoslar

Ximiyaviy aktiv suyuqliklarni va qattiq modda zarrachalari aralashgan suyuqliklarni so'rish uchun porshenli nasoslarning maxsus turlari ishlatiladi. Bunday nasoslarning eng tarqalgan turi diafragmali yoki membranali nasosdir (2.21 - rasm).



2.21 - rasm. Diafragmali nasoslar.

Bu nasoslar ishlash prinsipi bo'yicha oddiy bir harakatli plunjerli nasoslarga o'xshaydi va suspenziyalar hamda metall qismlarning yemirilishiga katta ta'sir qiluvchi aktiv suyuqliklarni so'rishda ishlatiladi. Nasosning silindri *1* va plunjeri so'rilayotgan suyuqlikdan elastik to'siq *3* – diafragma (membrana) bilan ajratilgan bo'lib, to'siq yumshoq rezina yoki maxsus po'latdan ishlanadi. Plunjer orqaga yurganda diafragma bo'lmasining o'ng qismida siyraklanish hosil bo'ladi. Natijada diafragma o'ng tomonga egilib, siyraklanish bo'lmaning chap tomoniga, so'ngra nasosning ish bo'lmasiga beriladi. Bu esa xuddi porshenli nasoslardagi kabi so'rish klapani ochilib, so'rish jarayoni boshlanishiga sabab bo'ladi. Plunjer

oldinga yurganda esa diafragma bo'lmasining o'ng qismida bosim ortib diafragma chapga egiladi. Shu yo'l bilan bosimning ortishi ish bo'lmasiga berilib, so'rish klapani *4* yopiladi, so'ngra haydash klapani *5* ochilib, suyuqlikni haydash boshlanadi. Bunda plunjer va silindr so'rilayotgan suyuqlikdan ajratilgani uchun, ximiyaviy aktiv moddalar ta'sirida bo'lmaydi va zanglash, erroziya hodisalaridan holi bo'ladi. Nasosning so'rilayotgan suyuqlikka tegib turadigan qismlari (ish bo'lmasi, klapanlar va h.) kislotaga chidamli materiallardan ishlanadi yoki kislotaga chidamli moddalar bilan qoplanadi.

Bu nasoslarning indikator diagrammasi va so'rish grafigi porshenli nasoslarnikiga o'xshash bo'ladi. Nasosga berilgan quvvatning bir qismi (yuqorida aytilgan sarflardan tashqari) diafragmaning elastiklik kuchini yengishga sarf bo'ladi. Shuning uchun FIK ham kamroq bo'ladi. Diafragmani elastikligi kichik materialdan tayyorlab bu yo'qotishni kamaytirish mumkin.

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma

Masalalar.

2.1. Plastinkali nasosning o`lchamlari quyidagicha: statorning ichki qismi diametri *d*=100mm; ekssentrisistet *l*=10mm; plastinkalar qalinligi =3mm; plastinkalar eni *b*=40mm; plastinkalar soni *z*=5. Agar aylanishlar chastotasi *n*=1450 ayl/min va nasosdan chiqishdagi bosim *P* =5 MPa bo`lsa. Nasosga sarflangan quvvat aniqlansin. Nasosning mexanik foydali ish koeffisiyentin $\zeta n = 0,9.$

Yechimi: 1. Nasosga sarflangan quvvatni aniqlaymiz

$$Nc = M \cdot \omega$$

Plastinkali (rotorli) nasosning valdagi momenti

$$M = \frac{1}{2\pi} \rho v \frac{1}{\tau м}$$

Gidromashina ishchi hajmi formuladan aniqlanadi

$$V = 2eb(K2\pi R - \delta z) = 0,00022 м^3$$

$$Nc = M\omega = \frac{1222}{2 \cdot 3,14} \cdot \frac{3,14}{30} \cdot 1450 = 30 квт$$

Javob: $Nc = 30 квт$

2.2. Radial-porshenli gidromotorga uzatilayotgan suyuqlik sarfi o`zgarmagan holda, rotorning aylanishlar chastotasini o`zgartirish, statorni siljitish, ya'ni ekssentrisitet *l* ni uzgartirib amalga oshiriladi. Gidromotor rotori doimiy momenti *M=300nm* bilan yuklangan bo`lib, agar gidromotor kirish qismidagi maksimal bosim $P_{1max}$*=20MPA*, o'zatilayotgan suyuqlik sarfi *Q=15l/min*, $P_{max}$ da gidromotor hajmi FIK q *=0,90* va shu bosimda mexanik FIK *m=0.92* bo`lsa, gidromotor rotorining maksimal aylanish chastotasi qancha bo`ladi.

Yechimi: radial-porshenli gidromotor (umumiy) FIK

$$\zeta = \frac{N\phi}{N} = \zeta q \cdot \zeta m$$

$$P_{гм} = P_1 - P_2;$$

$$P_1 \max;\ P_2 = 0$$

$$Pгм = P_1 = 20 мПа$$

$(1,9)$ formuladan

$$\zeta = \zeta q \cdot \zeta m = 0,9 \cdot 0,92 = 0,828$$

$$\zeta = \frac{N\phi}{N};\ 0,828 = \frac{300 \cdot 0,105n}{0,00025 \cdot 20000000} = \frac{31,5n}{5000};$$

$$0,828 = \frac{31,5n}{5000};$$

Rotorning maksimal aylanishlar chastotasi

$$n = 0,828 \cdot \frac{31,5}{5000} = 132 ayl / \min$$

Javob: *n=132 ayl/min.*

2.3. Shesternyali nasos validagi aylantiruvchi moment miqdorini va foydali sarfini Q_n*= 0,4l/s* aniqlang. Agar nasosning nazariy sarfi aylanish chastotasi *n=25 ayl/s* va nasos bosimi $Pn = 1,25 \cdot 10 H / м^2$ bo`lsa, mexanik FIK ζ *m=0,85,*hajmiy FIK $\zeta q = 0,9$ ga teng.

Yechimi: 1.nasosning ishchi hajmi (1.22) formuladan

$$V = \frac{Qn}{n} = \frac{0,4}{25} = 0,016 l / ayl = 16 sm^3 / ayl$$

2.Nasos validagi foydali aylantiruvchi moment

$$Mf = \frac{v \cdot PH}{2\pi} = \frac{16 \cdot 1,25 \cdot 10^2}{2\pi \cdot 10^6} = 32 нм$$

Nasos valiga berilayotgan aylantiruvchi moment

$$M = \frac{Nf}{\zeta \max} = \frac{32,0}{0,85} = 38 нм$$

3.Foydali sarf

$$Qf = Qn \cdot \zeta q = 0,4 \cdot 0,9 = 0,36 l / s$$

Javob: M*=38nm; Qf=0,36 l/s.*

7. ROTORLI NASOSLAR

2.23 Rotorli nasoslarning tasnifi, umumiy xossalari va qo'llanilishi

Hajmiy rotorli nasoslar – shesternyali, vintli, plastinkali (shiberli) va porshenli turlarga bo'linadi. Hajmiy rotorli nasoslar o'zgaruvchan sarfli sarfi boshqariladigan va o'zgarmas sarfli (sarfi boshqarilmaydigan) bo'lish mumkin.

Bu turdagi nasoslarning sarfi ish bo'shlig`i kattaligiga va rotorning aylanishlar soniga bog'liq; nasos elementlarining puxtaligi (chidamliligi) bosim yo'lidagi qarshilikka mos bo'lishi kerak. Agar bosim yo'lidagi berkitkish tasodifan yopiq bo'lib qolsa va nasos himoyalash apparatlari bilan ta'minlanmagan bo'lsa, bu holda yo nasos sinadi yoki nasos dvigateli ishdan chiqadi.

Rotorli nasoslar har xil bir jinsli suyuqliklarni uzatishda avtonom qurilma sifatida, shuningdek, gidroyuritmalar tarkibida suyuqlikni harakatlantiruvchi yoki suyuqlikka kerakli energiya bosim beruvchi nasos holida va harakatlanayotgan suyuqlik orqali o'zi harakat olib energiyasini boshqa mashinalarga qurilmalarga uzatuvchi gidrodvigatellar tarzida ishlatilishi mumkin. Rotorli nasoslarning hajmiy FIK i 0,7÷0,95 atrofida bo'lib, nasosning ishqalanuvchi qismlarining yeyilishiga mos ravishda o'zgaradi. Nasos aniq ishlangani uchun mexanik FIK yuqori bo'ladi.

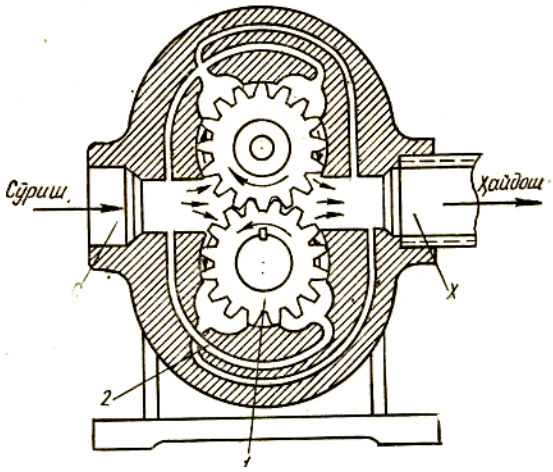
Silindrlari umumiy blokka birlashtirilgan ko'p silindrli nasoslar rotorli-porshenli nasoslar deyiladi. Porshenni harakatga keltirish usuliga qarab aylanuvchi va qo'zg'almas blokli–rotorli–porshenli mashinalar mavjud. Silindrlar blok o'qiga nisbatan radial yoki aksial joylashishi mumkin. Agar blokda silindrlar radial joylashgan bo'lsa – bu nasoslar radial-porshenli deyiladi. Gidromashina blokiga silindrlar aksial joylashgan bo'lsa – aksial – porshenli nasoslar bo'ladi. Ko'pchilik rotorli – porshenli mashinalarning xarakterli tomoni shundaki, ularda so'ruvchi va uzatuvchi klapanlar yo'q. Bu xususiyat nasoslardan aylanishlar sonining yuqori qiymatlarida foydalanish imkoniyatini beradi.

Rotorli–porshenli mashinalarda krivoship–shatunli mexanizm yo'q, lekin bu mashinalarning kinematik asosini krivoship–shatunli mexanizmlarning inversiyasi tashkil qiladi. Bu nasoslar gidrouzatmalarda, metallga ishlov berish stanoklariga moy uzatishda, ichki yonuv dvigatellariga yoqilg'i, surkov moyi, stanok keskich-lariga sovituvchi suyuqlik uzatishda ishlatiladi. Rotorli gidromashinalar tarkibiga kiruvchi rotorli–plastinkali, shesternyali, vintli, rotorli – porshenli (radial va aksial joylashgan silindrli) nasoslarning konkret ishlatilish joylari to'g'risida keyinroq to'xtab o'tiladi.

2.24 Rotorli nasoslarning tuzilishi va xossalari
a) Shesternyali nasoslar

Shesternyali nasoslarning tuzilishi juda sodda. Oddiy shesternyali nasoslarning asosiy ish detallari ikkita bir xil shesternyadan iborat bo'lib (2.22 - rasm), ular o'zaro ilashgan va korpus 2 ishiga joylashtirilgandir. Yetaklovchi shesternya harakatni dvigateldan oladi. Nasosda ikkita qopqoq bo'lib, ularda yetaklovchi va yetaklanuvchi valiklar podshipnik va salniklar bilan ta'minlangan. Nasos korpusida ikkita teshik bo'lib, bittasi (S) so'rish teshigi shesternya tishchalari o'zaro ajralayotgan tomonda, ikkinchisi (H) - haydash teshigi teskari tomonda (tishchalar birikayotgan tomonda) bo'ladi. Nasosning ishlash prinsipi quyidagicha. Yetaklovchi val o'zida o'rnatilgan shesternyasi bilan dvigatel yordamida harakatga keltiriladi, yetaklanuvchi shesternya esa undan aylanma harakat oladi. Shesternyalar aylanayotganda tishlar so'rish bo'shlig'i (S) da bir–biridan uzoqlashadi. Natijada tishlar orasidagi chuqurchada suyuqlik katta tezlikda olib ketilishi sababli so'rish bo'shlig'ida siyraklanish beradi va so'rish teshigiga suyuqlik keladi. Tishlar orasidagi chuqurchalardagi suyuqlik tishlar o'zaro birikkan paytda haydash bo'shlig'i (X_1) ga siqib chiqariladi, natijada haydash bo'shlig'ida bosim ortib, suyuqlik tarmoqqa uzatiladi. Shesternyali nasoslar

ishlayotganda tishlar orasidagi chuqurchalarda katta bosim vujudga kelib, u valik va nasos tayanchiga beriladi.

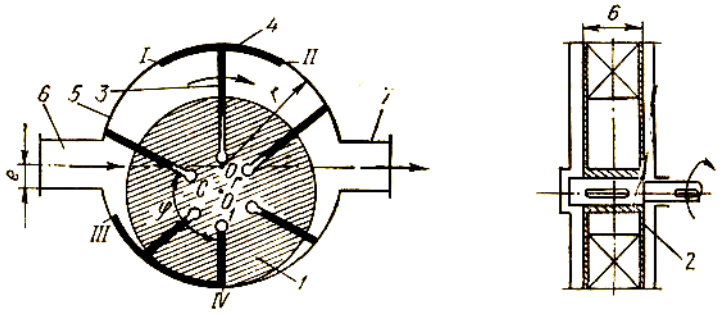


2.22 - rasm. Shesternyali nasoslar

Bu kuchlarni kamaytirish uchun tishlar orasidagi teshikchalarda suyuqlikning qolib ketishiga yo'l qo'ymaslik kerak. Shu maqsadda yuqori bosimli nasoslardagi chuqurchalarda radial kanallar ariqchalar yasaladi. Bu ariqchalardan qoldiq suyuqlik chiqarib yuboriladi, natijada nasos tayanchi va valiklaridagi yuk kamayadi. Shesternyali nasoslar tashqi va ichki ilashuvchi qilib yasaladi. Tashqi ilashuvchi nasoslar ko'p ishlatiladi. Ichki ilashuvchi kompakt nasoslar kichik qurilmalarda ishlatiladi. Shesternyali nasoslar hosil qilgan bosimiga qarab past (10 k/sm^2 gacha), o'rtacha (30 kG/sm^2 gacha) va yuqori (100 kG/sm^2) bosimli bo'ladi. Past bosimli nasoslar stanok va mashinalarning moylash–sovitish sistemalarida qo'llaniladi. O'rtacha bosimli nasoslar kuch organlariga harakatni tez uzatish kerak bo'ladigan stanoklarning gidrouzatmalarida (masalan, parmalash va jilvirlash stanoklarida) ishlatiladi. Yuqori bosimli nasoslar stanokning ichki organiga katta kuch uzatish lozim bo'lgan gidrouzatmalarda qo'llanadi. Shesternyali nasos 2, 3, 4 va hatto 5 shesternyali bo'lish mumkin, ammo 3 dan yuqori shesternyalarni qo'llaganda FIK kamayib ketadi. 3 shesternyali nasos 2 shesternyaliga nisbatan katta sarfga ega, lekin hajmiy FIK i kichik. Keyingi paytlarda hajmiy FIK ni oshirish maqsadida gidravlik kompensatorli shesternyali nasoslar chiqarila boshladi. Yon shetdagi tirqishlarni gidravlik kompensaisiyalash uchun vtulka kuchli ishqalanish va yedirilish hosil qilmaydigan qilib shesternyaga mahkam siqib qo'yiladi. Bundan tashqari, yon qistirmalardan foydalanib yon chet tirqishlarni kichraytirish usulidan ham foydalaniladi. Bu qistirmalar elastik devorli katakchalarga ega bo'lib, shayba holida shesternya bilan nasos korpusi orasiga qo'yiladi. Nasos ishlayotganda devordagi tirqishlardan qistirma katakchalari moyga to'latiladi. Bosim ostida katakcha to'siqlari deformasiyalanadi va tirqishlardan moy mos shesternya yonlariga keladi.

b) Plastinkali (shiberli) nasoslar

2.23 – rasmda oddiy rotorli–plastinkali nasosning tuzilishi ko’rsatilgan. Rotor 1 nasos korpusida bir-biriga mahkam siqilgan disklar 2 orasiga joylashtirilgan.



2.23 - rasm. Plastinkali nasoslar

Nasosning silindrik korpusi ichida aylanuvchi baraban bo’lib, uning o’qi korpus o’qiga nisbatan *e* masofaga yoki ekstsentritetga siljigandir. Rotor radiusiga tomon ozgina qiyalashgan yoki radial joylashtirilgan uyachalarda plastinkalar (shiberlar) 3 o’rnatilgan. Statorga taqalgan va rotor bilan birga aylanadigan plastinkalar statorning ichki silindrik yuzasi bo’ylab sirpanadi hamda rotorga nisbatan ilgarilanma qaytma harakatda bo’ladi. Rotor ekstentrik joylashgani sababli rotor bilan stator orasidagi bo’shliqning hajmi kattalashadi. Natijada bosim kamayib, moy bo’shliqni to’latadi. Moy stator chetida joylashgan va nasosning so’rish trubasi 6 bilan ulangan tuynuk 5 orqali kiradi va rotorning aylanish yo’nalishi bo’ylab plastinkalar yordamida siljishi. Plastinkalar rotor bilan stator oralig’idagi eng uzoq masofali nuqtadan o’tgach plastinkalar orasidagi bo’shliq hajmi kichraya boradi va moy qarshidagi tuynukdan 7 orqali haydash trubasiga siqib chiqariladi. Plastinkali nasoslar o’zgarmas sarfli va boshqariluvchi sarfli qilib yasaladi. Bu nasoslarda so’rish pulslanuvchi bo’lib, eng kam so’rish nasos ishga tushgan paytda boshlanib, rotorning aylanishi tezlashuvi bilan so’rish oshib boradi. Eng katta so’rish stator va rotor orasidagi masofa maksimal uzaygandagi plastinkalar holatiga mos bo’ladi. Keyinchalik nasosning sarfi kamayib borib plastinkalar eskirganda minimumga etadi. Suyuqlik so’rishning pulslanishni kamaytirish maqsadida 4 dan 12 gacha plastinka qo’yiladi. Haydash va so’rish bo’shliqlari qo’shilib ketmasligi uchun I-II va III-IV zichlovchi do’ngliklar yasaladi. Ularning uzunligi birinchi plastinka zichlovchi do’nglik chegarasiga kirgan paytda ikkinchisi shu chegaradan chiqib ketadigan kattalikda bo’lishi kerak. Berk hajmda moyning qolib ketishini yo’qotish uchun III-1V do’nglik I-II dan qisqaroq qilinadi. Plastinkali nasoslarda har qaysi plastinka bir aylanish davri ichida bir marta so’rish va haydashda qatnashadi, shuning uchun ular bir harakatli rotorli plastinkali mashinalar deyiladi.

Bir harakatli rotorli–plastinkali nasoslarning kamchiligi podshipniklarga tushadigan bir tomonlama katta zo’riqishning mavjudligidir. Bu kamchilikni yo’qotish uchun ikki xarakatli rotorli–plastinkali nasoslar qo’llaniladi. Ularda rotor va podshipniklar ortiqcha zo’riqishsiz ishlaydi. Ikki harakatli nasoslarda so’rish 2 marta katta va o’zgarmas miqdorga ega bo’lib, rotorning buralish burchagiga bog’liqmas. Chunki bir kameradan ikkinchisiga uzatish shundan

bajariladiki, istalgan daqiqada nasosning umumiy so'rishi bir xil bo'ladi. Rotorli–plastinkali ikki harakatli nasoslarda so'rish va haydash tuynuklari orasidagi qismda yo'naltiruvchi rotor markazidan qo'yib chizilgan aylana bo'ylab, tuynuklar egallagan qismda esa Arximed spirali bo'ylab profillangan. Rotorli nasoslar nisbatan kichkina sarfda (5 dan 200 *l*/min gacha) va yuqori bosimda (70 at $7 \cdot 10^6$ H/m^2 gacha) moy va boshqa suyuqliklarni uzatishda ishlatiladi. Bu moy va suyuqliklar nasosning harakatlanuvchi qismini moylovchi va nasos ichki yuzalaridan korroziyani yo'qotuvchi vazifasini ham o'taydi. Plastinkali nasoslardan benzo-nasos sifatida, metall kesuvchi stanoklarda, aviasiyada ham foydalaniladi.

2.25 Rotorli nasoslarni boshqarish

Yuqorida, markazdan qochma nasoslarda so'rishni boshqarishning bir nechta usullari qayd qilib o'tilgan edi. Hajmiy nasoslarning tuzilishi xilma-xil bo'lgani uchun ularda boshqarish usullarini qo'llash qiyin. Hajmiy nasoslarda so'rishni boshqarishga u bilan bog'liq bo'lgan q_n, n_n, η_{hn} parametrlarni o'zgartirish yordamida erishiladi. Bu parametrlardan aylanishlar soni n_n ni hisobga olmasa ham bo'ladi, chunki nasoslarda, asosan, boshqarilmaydigan qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron elektr dvigatellar qo'llaniladi. Ular boshqariladigan elektrodvigatellarga nisbatan tejamli va tuzilishi jihatdan sodda bo'ladi. Amalda hajmiy FIK ning kam o'zgarishi sababli boshqarish faqat ish hajmini o'zgartirish bilan bajariladi. Ish hajmini o'zgartirishga nasos tuzilishiga konstruktiv tuzatish kiritib yoki konstruktiv tuzatishsiz bir nechta usul bilan erishiladi. Bu usullarga ekstsentritet *e* ni (plastinkali va radial-porshenli nasoslarda), shayba yoki silindrlar blokining og'ish burchagi γ ni (aksial-porshenli nasoslarda), ish silindrlari sonini (ekstsentrik, radial-porshenli va aksial-porshenli nasoslarda), tishlarning ilashish uzunligini (shesternyali nasoslarda) va hokazolarni o'zgartirish kiradi. Ularning har biri to'g'risida to'xtalib o'tamiz.

a) Ekstsentritet *e* ni va < *γ* ni so'rish yoki porshen yo'lini o'zgartirish.

Boshqariluvchi radial rotorli-porshenli nasos silindrlar bloki 2, porshenlar 3, taqsimlash qurilmasi 5, yo'naltiruvchi silindr 4, ariqchalar *a, b* va silindrni blok 2 o'qiga nisbatan $e(l = 2l)$ kattalikka harakatlantiruvchi qurilmadan iborat (2.22-rasm). Taqsimlovchi vazifasini ichi bo'sh (g`ovak) va o'q bajarib, unga aylanuvchi silindrli blok joylashtirilgan. Aylanish paytida silindrlar o'z ariqchalari bilan so'rish kanalida *a* va haydash kanali *b* ga navbatma-navbat ulanadi. Silindrlar neytral holatdan o'tayotganda uning ariqchalari zichlagich bilan berkitiladi. Porshenning kallagi silindrning ichki tomoniga markazdan qochma kuchlar va yordamchi nasos uzatayotgan suyuqlik bosimi ta'sirida siqiladi. Agar ekssentritet $e \gtrless 0$ (2.23 - rasm) bo'lsa, porshenlar silindr bo'ylab yurib, silindrda ilgarilanma-qaytma harakat qiladi: bunda u aylanish markazidan qochib so'rishni va markazga tomon yurib, haydashni bajaradi. Agar *e=0* bo'lsa, radial siljish bo'lmaydi va nasos suv uzatishni to'xta tadi. Ekstsentritetning kattaligini va ishorasini o'zgartirib, so'rishni va suyuqlik oqimi yo'nalishini o'zgartirish mumkin. Bu nasosda ish hajmi va so'rishni 121.6 – paragrafda keltirilgan formulalar yordamida hisoblanadi.

Aksial rotorli-porshenli nasoslar qiya shaybali yoki qiya silindrli blokidan iborat bo'ladi (2.22 - rasm). Silindrlar bloki yoki shaybaning qiyalik burchagi *γ* ning maksimal qiymati $\gamma_{\max} = 20 \div 30^0$ ga teng, bundan oshib ketsa, mexanik yo'qotishlar ko'payadi va silindrlar yeyilishi tezlashadi. Agar kichik bo'lsa nasos to'xtaydi. Burchakni o'zgartirib, faqat so'rishni emas, balki nasosdagi suyuqlik yo'nalishini ham o'zgartirish mumkin.

γ_{max} paytidagi ish hajmi va so'rish kattaligini 121-paragrafda keltirilgan formuladan ko'rish mumkin.

Plastinkali nasoslarda so'rishni boshqarish uchun ekstsentrisitetni o'zgartiriladi, bu plastinka yuradigan yo'lni o'zgartiradi va hajm o'zgarishiga olib keladi.

b) Ish silindrlari sonini o'zgartirish.

Nasoslar ba'zan ko'p silindrli bo'ladi. Silindrlar soni 2 dan 5 gacha boradi. Ular bir tekislikda yoki aylana bo'ylab joylashgan bo'ladi. Nasoslarning ish hajmini o'zgartirish uchun mana shu silindrlardan bir nechtasini to'xtatish (agar kam sarf kerak bo'lsa) yoki hamma silindrlarni ishga tushirish mumkin (agar katta sarf kerak bo'lsa). Plastinkali nasoslarda boshqarish (2.22 - rasm) plastinalar sonini 4 dan 12 gacha o'zgartirib amalga oshiriladi.

v)Tishlarning ilashish uzunligini o'zgartirish

Shesternyali nasoslarda (2.22 – rasm) sarf yoki ish hajmi yetaklanuvchi va yetaklovchi shesternyalardagi tishlar soniga, ularning ilashish uzunligiga bog'liq. Tishlar qancha jips ishlasa, hajmiy yo'qotishlar kam bo'ladi, FIK yuqori bo'ladi, lekin tez ishdan chiqadi. Sarfni kamaytirish zarur bo'lgan paytda tishlarning uzunligini qisqartirish mumkin. Buning uchun shesternyalar o'qlari orasidagi masofa uzaytiriladi. Yuqorida ko'rsatilgan usullar nasos tuzilishiga konstruktiv tuzatishlar kiritilmasdan amalga oshirish mumkin bo'lgan usullardir.

Bevosita nasos konstruksiyasini o'zgartirib, sarf boshqariladigan usul – porshen diametrini o'zgartirishdir.

Uchinchi qism

1. bo’lim. GIDROUZATMALAR VA HAJMIY GIDROYURITMALAR

8. UMUMIY TUSHUNCHALAR

3.1 Gidrodinamik uzatmalarning vazifasi va ishlatilish sohalari

Suyuqliklar ishtirokida bir mexanizmning ikkinchi mexanizmni harakatga keltirishiga asoslangan mexanizmlar *gidravlik uzatmalar* deyiladi, bunda suyuqlik uzatma mexanizmidagi kuch zanjirining bir halqasi hisoblanadi. Gidravlik uzatma bir agregatda ikki xil parrakli mashinadan, ya’ni markazdan qochma nasos va gidravlik turbinadan birgalikda foydalanuvchi qurilmadan iborat. Unda energiya elektr dvigatelidan gidrodvigatelga suyuqlik oqimi yordamida beriladi. Gidravlik uzatmalar katta energiya sig’imiga ega bo’lib, kinetik imkoniyatlari deyarlik cheklanmaganligi tufayli mashinasozlik texnikasining turli sohalarida keng qo’llanilmoqda.

Transport mashinalarida gidravlik uzatmalardan foydalanish yetaklovchi g’ildiraklarning tezligini juda kamaytirish imkonini beradi, bu esa mashinalarning yo’ldagi to’siqlardan o`ta olishini va dvigatellarning barqaror ishlashini ta’minlaydi.

Gidravlik uzatmasi bo’lmagan avtomobil dvigatellari, ko’pincha, turgan joyidan qo’zg’alishda, tepaliklarga ko’tarilishlarda, burilishlarda va boshqa hollarda o’chib qoladi. Gidravlik uzatmali dvigatel bu kamchiliklardan holidir. Maxovik bilan dvigatel va kuch zanjirining qolgan halqalari orasida bikr bog’lanish yo’qligi sababli, ular, shuningdek, dvigatelning o’zi ham zarbaga uchramaydi. Gidravlik uzatmalar turgan joyidan siljishda va tezlikni o’zgartirishda hosil bo’ladigan keskin silkinishlarni kamaytiradi, bu esa mashinadan foydalanish davrini uzaytiradi. Gidravlik uzatmali avtomobil tepalikka ko’tarilishda, pastlikka tushishda va burilishlarda kam tajribali haydovchining boshqarishiga ham imkon beradi.

Korpusda ish g’ildiraklarining mumkin qadar yaqinlashtirilishi sababli qurilmalarda trubalar, spiral kameralar, diffuzorlarning zaruriyati bo’lmay qoladi, demak, bu qismlardagi gidravlik qarshiliklarga bo’ladigan sarf bartaraf qilinadi. Shuning uchun FIK faqat ish g’ildiraklaridagi yo’qotishlar hisobiga bo’ladi va 0,85 ÷ 0,98 qiymatlarga yetadi.

Teplovozlar, avtomobillar, traktorlarda, kuchli ventilyator va nasos uzatmalarida, kemachilikda va burg’ulash mashinalarida, yer qazish va yo’l mashinalarida, aviasiyada gidravlik uzatmalardan foydalaniladi.

Hozir deyarlik hamma zamonaviy metall ishlash stanoklari gidrouzatmalar bilan ta’minlangan.

Gidrouzatmalardan foydalanib bajariladigan turli-tuman harakat va operasiyalarni tushunish uchun hajmiy gidrouzatmalar haqida tushunchaga ega bo’lish zarur, ular haqida keyinroq to’xtalamiz.

3.2 Ishlash prinsipi va guruhlanishi

Ishlash prinsipiga qarab gidravlik uzatmalar hajmiy va gidrodinamik turlarga bo'linadi.

Hajmiy gidravlik uzatmalar hajmiy nasoslar yordamida ishlaydi. Bunday uzatmalarda energiya suyuqlik orqali yetaklovchi valdan statik bosim sifatida uzatilib, gidrodvigatelni ishga tushiradi.

Hajmiy gidravlik uzatmalarda energiya yetaklovchi valga statik bosim ko'rinishida berilgani sababli uni, ko'pincha, gidrostatik uzatma ham deydilar.

Gidrodinamik uzatmalar parrakli gidromashinalar yordamida ishlaydi. Bu yerda ish g'ildiraklarining parraklari yordamida suyuqlikka berilgan dinamik bosim energiyasidan foydalaniladi. Bu uzatmalar ba'zan turbouzatma deb ataladi, bunga sabab ularda markazdan qochma nasos va gidravlik turbinalardan birgalikda foydalaniladi.

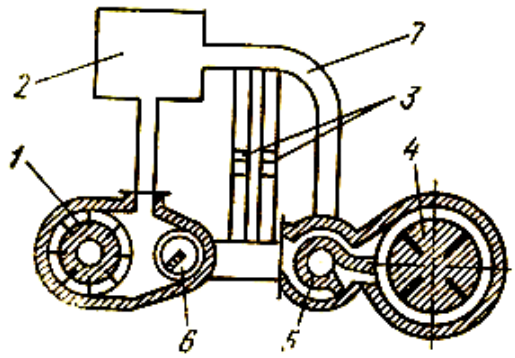
Gidrodinamik uzatmalar bir oqimli va ikki oqimli bo'lishi mumkin. Bir oqimli gidrodinamik hamma quvvat gidravlik g'ildiraklar orqali uzatiladi. Ikki oqimli gidrodinamik uzatmalarda esa dvigatel: bir qismi gidravlik gildiraklar orqali, ikkinchi qismi esa mexanik yo`l bilan uzatiladi.

Aylantirish momentining uzatilish usullariga qarab gidrodinamik uzatmalar ikkiga bo'linadi:

1) gidroilashgich yoki gidromuftalar;
2) gidrotransformatorlar yoki turbotransformatorlar.

Mashinalarda gidromuftalar va gidrotransformatorlar alohida va turli kombinasiyalarda, ya'ni gidromufta va gidrotransformator; gidromufta va ikkita yoki uchta gidrotransformator va hokazo tarzda ishlatilishi mumkin.

Xajmiy gidrouzatmaning ishlash prinsipini quyidagi oddiy sxemada tushuntiramiz (3.1 - rasm). Uzatma rotasion nasos 1, sovitgich 2, teskari klapan 3, turbinalar 4, reversiv taqsimlagich 5 va taqsimlash klapani 6 dan iborat.

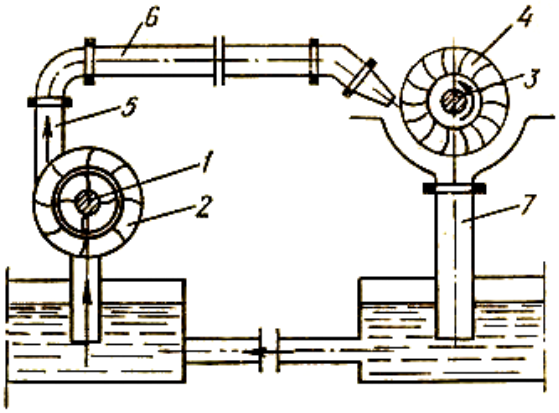


3.1. – rasm. Hajmiy gidrouzatmaning ishlash prinsipi

Suyuqlik nasos 1 dan taqsimlash klapani 6 va reversiv taqsimlagich 5 orqali turbina 4 ning kuragiga o'tadi. Undan keyin suyuqlik turbinadan truba 7 orqali sovitgich 2 ga keladi, bu yerda suyuqlik sovitiladi va yana rotasion nasosga yetkazib beriladi. Reversiv taqsimlagichning holatini o'zgartirish yo'li bilai

operator suyuqlikni turbinalarning kuraklariga yuqoridan yoki pastdan yo’naltirib mashinaning harakat yo’nalishini o’zgartiradi.

Hajmiy gidravlik uzatma nasosining seksiyalari soni bittadan to’rtgacha bo’lishi mumkin. Taqsimlash klapani yordamida gidravlik uzatmaning seksiyalarni ishga tushirish yoki to’xtatish yo’li bilan zarur bo’lgan uzatish nisbatiga erishamiz. Ya’ni tezlik nasosdan gidrodvigatelga kirayotgan suyuqlik miqdorini o’zgartirish hisobiga boshqariladi. Sistemada nasosda dvigatelgacha bo’lgan yo’lda (suyuqlikning bir qismini) boshqa yo’nalishga burib yuboruvchi qurilmalar orqali ham gidrodvigatel tezligini o’zgartirish mumkin. Hozirgi ko’pgina zamonaviy gidrouzatmalardagi ish qismlarida suyuqlik sarfi va harakat tezligi avtomatik ravishda boshqariladi.



3.2 - rasm. Gidrodinamik uzatmaning ishlash prinsipi.

Gidrodinamik uzatmaning ishlash prinsipini 3.2 - rasmdagi sxema bo’yicha tushuntiramiz. Bu rasmda 1 - nasosning yetaklovchi vali, 2 - markazdan qochirma nasos, 3 - boshqariluvchi turbina vali, 4-turbina, 5, 6, 7 - trubalar. Nasos g’ildiraklarini aylantirish bilan suyuqlik oqimiga energiya beriladi. Qo’shimcha energiya olgan suyuqlik turbina g’ildiragiga o’tadi va olgan energiyasini turbinaga berib, ish suyuqligi nasosga qaytadi. Suyuqlikning bunday berk harakati nasos va turbina g’ildiraklaridagi burovchi momentning uzatilishini ta’minlaydi.

2. bo’lim. HAJMIY GIDROUZATMALAR

9. HAJMIY GIDROUZATMALAR. ASOSIY TUSHUNCHALAR

3.3 Gidrouzatmalarning vazifalari, guruhlanishi, qo’llanish sohasi, afzalligi va kamchiliklari

Hajmiy gidrouzatmalar hajmiy gidromashinalar yordami bilan mexanik energiyani uzatish va o’zgartirish uchun mo’ljallangandir. Hajmiy nasos va gidrodvigateldan tuzilgan qurilma hajmiy gidrouzatmaning prinsipial asosi hisoblanadi. Agar nasos va gidrodvigatel qurilishi jihatdan bo’linmaydigan birikma tashkil qilsa, unda bunday sodda gidrouzatma hajmiy gidrouzatma deyiladi. Agar kuch gidrosistemasi alohida nasoslar, gidrodvigatellardan tashkil topgan bo’lib, gidroapparat elementlari, yordamchi qurilmalarga ega bo’lsa, bunday gidrosistemani ham hajmiy gidrouzatma deb atash qabul qilingan. Shunday qilib, hajmiy gidrouzatmalarga oddiy gidravlik sistemalar kiradi. Ular mexanik energiyani uzatish va o’zgartirish uchun xizmat qiladilar.

Mashinalar va ishlab chiqarish jarayonlarida avtomatik boshqarish qo’llanishi bilan gidravlik uzatmalarning qiymati oshib bormoqda, chunki bu xildagi uzatma bilan boshqarish oson va uni ishonchli gidroapparatura qurilmalari yordamida suyuqlik oqimiga oddiygina ta’sir etib avtomatlashtirish mumkin.

Hozirgi metallga ishlov berish stanoklarining deyarli hammasi: eng oddiy bo’ylama randalash stanoklaridan boshlab, murakkab nusxa ko’chirish stanoklarigacha hajmiy gidrouzatma bilan ta’minlangan. Shuningdek, paxta zavodlaridagi gidropresslar ham gidrouzatmalar yordamida harakatga keladi. Dvigatelning chiqish zvenosiga qarab gidrouzatmalarni ilgarilab boradigan va aylanma harakat qiladigan gidrouzatmalarga ajratiladi. Shuning uchun gidrouzatmaning nomi gidrodvigatelning turiga qarab aniqlanadi. Gidrodvigatel ishini xarakterlaydigan kattaliklarning o’zgarishi suyuqlik sarfini va dvigatel bilan nasosni ulaydigan magistraldagi bosim kattaligini o’zgartirish yo’li bilan boshqariladi.

Gidrouzatmalar boshqarilmaydigan. qo’l bilan boshqariladigan va avtomatik boshqariladigan, ergashuvchi gidrouzatmalarga ajraladi. Mavjud mexanik, elektrik, pnevmatik, kombinasiyalangan va boshqalarga nisbatan gidrouzatmalarning quyidagi ustunliklarini ko’rsatish mumkin;

1. Kichik gabaritlarda ham katta zo’riqish va quvvat uzatishi mumkin.
2. Kuch organlarining silliq harakat qilishi ta’minlangan, tezlik va yuklanish avtomatik boshqariladi.
3. Ilgarilama-qaytma va aylanma harakatlarni tez o’zgartirishiga imkon beradi.
4. O’zgarayotgan kuchlarni bosim orqali nazorat qilish manometrlar yordamida oson amalga oshiriladi.

Yuqoridagi ustunliklar bilan bir qatorda kamchiliklari ham bor:

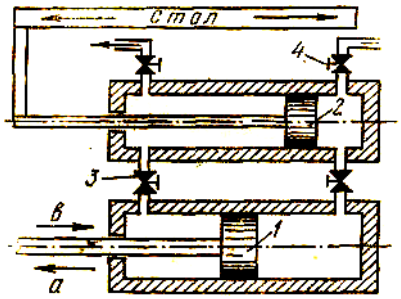
1. Gidravlik sarf yoki tezlik katta bo’lganda FIK past bo’ladi.
2. Havo tiqilib qolganda gidravlik zarbalar natijasida silkinish ro’y beradi.
3. Suyuqlikning ortib ketishi va siqilishi aniq koordinasiyalashni qiyinlashtiradi.

3.4 Hajmiy gidrouzatmaning ishlash prinsipi

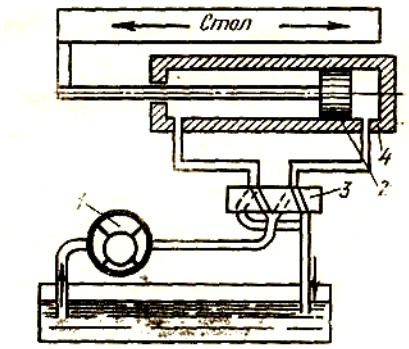
3.3 - rasmda nasos porshen 1 ning ilgarilama-qaytma harakatini kuch silindridagi porshen 2 ning ilgarilama-qaytma harakatiga aylantiruvchi qurilmaning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Porshen 1 strelka bilan ko'rsatilgan yo'nalishda harakat qilganda suyuqlik kanal 3 bo'ylab keladi va porshen 2 ni bosib, stolni chapga strelka *b* bilan ko'rsatilgan yo'nalishga siljitadi. Porshen 2 ning boshqa tomonidagi silindrda bo'lgan suyuqlik kanal 4 dan chiqib ketadi. Porshen 1 strelka *a* yo'nalishi bo'ylab harakat qilganda porshen 2 va u bilan bog'liq bo'lgan stol teskari yo'nalishda harakat qiladi.

3.4 - rasmda nasos rotori 1 ning aylanma harakati kuch silindri 4 dagi porshen 2 ning to'g'ri chiziqli harakatiga o'tkazilishi misol tariqasida keltirilgan. Taqsimlash qurilmasi 3 suyuqlikning porshen 6 o'ng va chap tomonidan navbat bilan berilishini boshqaradi va mos ravishda porshenning ishlamayotgan tomonidagi suyuqlikning idishga qaytadan chiqib ketishini ta'minlaydi.

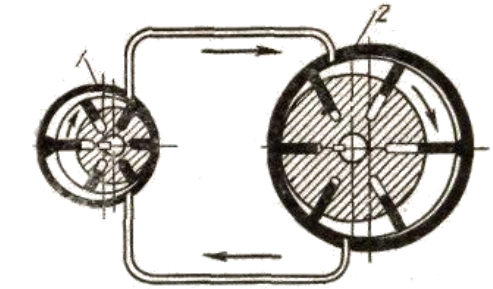
3.5 - rasmda esa nasos rotori 1 ning aylana xarakatining gidrodvigatel rotori 2 ning aylanma xarakatiga o'zgartirish sxemasi berilgan. Bu sxemada gidrosistema ochiq bo'ladi: suyuqlik idishdan *a* truba bo'ylab so'rib olinadi va o'sha rezervuarga truba *b* bo'ylab chiqariladi. Shuningdek, hajmiy gidrouzatma sxemasi 3.6 - rasmda ko'rsatilgan, unda nasos rotori 1 ning aylanma harakati gidrodvigatel rotori 2 ning aylanma harakatiga o'zgartiriladi. Bunda gidrosistema yopiq bo'ladi.



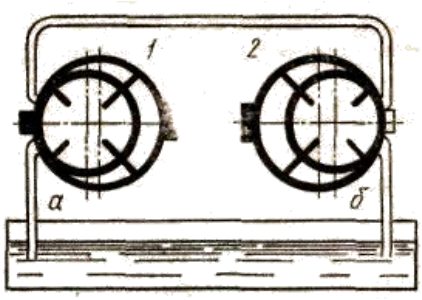
3.3 - rasm. Nasos va gidrodvigateli porshenli hajmiy gidrouzatma



3.4 - rasm. Nasosi rotorli va gidrodvigateli porshenli gidrouzatma



3.5 - rasm. Rotorli ochiq hajmiy



3.6 - rasm. Rotorli yopiq hajmiy

Ilgarilama-qaytma harakat qiladigan gidrouzatmalarda suyuqlikning potensial energiyasini mexanik energiyaga aylantirishda porshenli gidrosilindr sistemaning asosiy elementi hisoblanadi. Bir tomonlama harakat qiladigan kuch silindrlari faqat bir tomondan suyuqlik bosimi ta'sirida bo'ladi, teskari harakat esa, prujina ta'sirida amalga oshadi. Bunday silindrlarni *bir tomonlama harakatlanuvchi* deb atash qabul qilingan. Bular bilan bir qatorda ikki tomonlama va burilma harakatlanuvchi gidrosilindrlar ham qo'llaniladi. Burilma gidrosilindrlar *kvadrantlar* deyiladi. Turli xil gidrosilindrlar va rotorli gidrodvigatellar (gidromotorlar) ning sxemalari, qurilmalari va ishlash prinsiplari „Gidravlik dvigatellar" bobida ko'riladi.

3.5 Chiqish tezligini drosselli va hajmiy boshqarish

Drosselli boshqarishda nasos iste'mol qiladigan quvvat o'zgarmas qoladi, gidrosilindr porshenining tezligi esa drossel qarshiligining kattaligiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Moyning bir qismida bosim ortib ketadi va hech bir foydali ish bajarmay, saqlagich klapan orqali bakka quyiladi.

Binobarin, drosselli boshqarish sarf kattaligining, ya'ni gidrouzatma FIK ning o'zgarishiga asoslangan. Shu sababli drosselli boshqarish quvvat kichik bo'lganda qo'llaniladi.

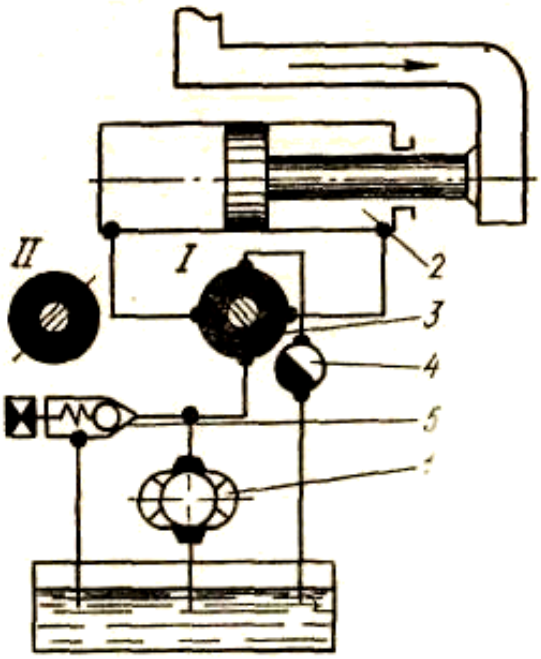
Hajmiy boshqarishli gidrorzatmadan drosselli boshqarishning farqi shuki, nasosda suyuqlik sarfi doimo silindrdagi suyuqlik sarfidan katta bo'ladi. Qoldiq moy gidrosilindrdan maxsus bakka chiqazib yuboriladi.

Silindrga keladigan yoki silindrdan chiqib ketadigan moy miqdori gidrosilindrdan chiqishda, unga kirishda yoki parallel ulangan drossel bilan boshqariladi.

3.7 - rasmda chiqishda drosselli boshqariladigan va ilgarilama harakat qiladigan gidrouzatmaning sxemasi keltirilgan.

Drosselning suyuqlik o'tkazuvchi trubasining kesimi qanchalik katta bo'lsa, gidrosilindrga moy shunchalik ko'p oqib o'tadi. Dam beradigan nasosning qoldiq moyi quyish klapani orqali oqib chiqib ketadi.

Gidrouzatma sxemasiga nasos va gidrosilindrdan tashqari, taqsimlagich 3, drossel 4, saqlagich klapan 5 ham kiradi. Bakdan so'rib olinadigan moy nasos yordamida gidrosilindrning porshen bo'shligiga yuboriladi va u porshenni harakata keltiradi. Bu paytning o'zida gidrosilindrning shtok bo'shlig'idagi moy bakka quyiladi. Taqsimlovchi II holatga o'tkazgandan keyin suyuqlik oqimining yo'nalishi o'zgaradi, buning hisobiga porshen teskari tomonga harakat qiladi. Gidrouzatmada bosimning haddan tashqari oshib ketishidan saqlash uchun sxemada saqlagich klapan ko'zda tutilgan, u gidrosilindr shtokidagi tashqi yuklanish haddan tashqari ortib ketganida avtomatik ravishda ishlaydi. Bunda moy gidrosilindrni chetlab o'tib, bakka yuboriladi, sistemada esa saqlagich klapanning sozlash prujinasiga mos keladigan bosim barqarorlashadi.



3.7 - rasm. Drosselli boshqariladigan ilgarilama-qaytma gidrouzatma

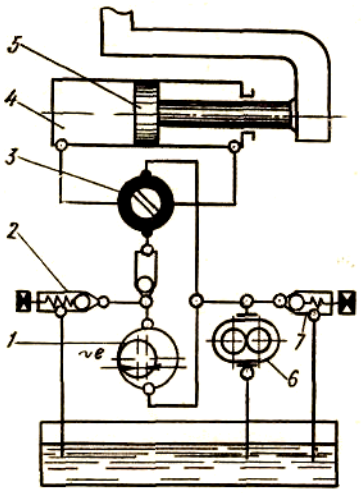
Porsheniing ko’chish tezligi nasosdan gidrosilindrga keladigan moy sarfiga bog’liqdir:

$$v = \frac{Q}{S}, \qquad (22.1)$$

bunda Q – gidrosilindrning sarfi; S – gidrosilindrning samarali yuzasi. Porshenning yuzasi o’zgarmas, shuning uchun porshen tezligini faqat sarfni o`zgartirish hisobiga (drosselli) boshqarish mumkin.

Porshen tezligi o’zgarmas bo’lishi uchun maxsus moslagichlar (regulyatorlar) ishlatiladi. Moslagich shtokdagn yuklanishning o’zgarish xarakteriga bog’liq bo’lmagan holda porshen tezligini o’zgarmas saqlashga imkoniyat beradi.

Hajmiy boshqarishli ilgarilama harakat qiladigan gidrouzatmaning sxemasi 3.8 - rasmda ko’rsatilgan. Boshqariladigan nasos yordamida moy gidrosilnndr 4 ning bo’shlig’iga uzatiladi va porshen 5 ni siljitadi. Moy silindrning shtok bo’shlig’idan taqsimlagich 3 va tirgak klapan 7 orqali bakka siqib chiqiladi. Porshen tezligini bosqichsiz tartibga solish nasos uzatishinnng o’zgarib turishi hisobiga amalga oshadi. Porshenning harakat tezligi kichik bo’lganda, ya’ni nasos kichik uzatishga mo’ljallab boshqariladigan bo’lsa, moyning oqib ketish miqdorini gidrosilindrdan chiqadigan suyuqlik sarfi bilan tenglashtirish mumkin. Bu esa yuklanish o’zgarganda tezlikning o’zgarishiga olib keladi va porshenning harakat tezligi kichik bo’lganda hajmiy boshqarish imkoniyatlarini chegaralab qo’yadi. Hajmiy boshqarishli gidrouzatmaning ustunligi o’zgaruvchan uzatishli nasosning energiyasini yo’qotmasdan, ish organidagi tezlikning uzluksiz o’zgarib turishiga imkon berishidadir.



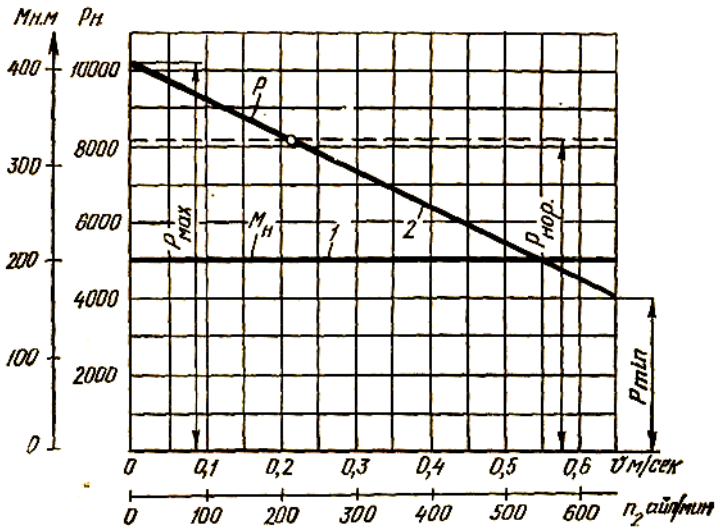
3.8 - rasm. Hajmiy boshqariladigan ilgarilama-qaytma gidrouzatma

Boshqarish usulini tanlash ko’pgina ko’rsatkichlar bilan aniqlanadi. Bularga quvvat, bosim, foydali yuklanishning o’zgarish xarakteri va boshqalar kiradi. Hajmiy boshqarish va yuklanish o’zgarmas bo’lganda shtokdagi nasos quvvati va porshen tezligi nasosning so’rishiga proporsionaldir. Boshqarishning bu usuli ishga tushiruvchi yuklanish bo’lganda va shtokda katta zo’riqish talab qilinganda qo’llaniladi.

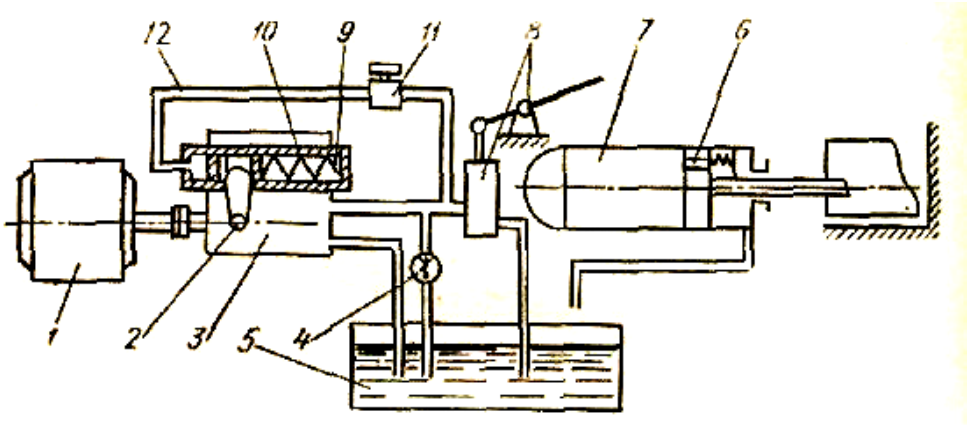
3.6 Hajmiy gidrouzatmalarning xarakteristikalari va FIK

Hajmiy gidrouzatma ajoyib bir xossaga ega: yetaklovchi valdagi momentni o’zgarmas saqlagan holda. yuklanishning o’sishi bilan ish asboblaridagi zo’riqishni yoki momentni kattalashtira oladi Bu xossa metallarni ishlash, yer qazish ishlari va boshqa hollarda mashinalardagi yuklanish katta oraliqda o`zgarib turishi mumkin bo’lgan va operator o’z vaqtida uning o’zgarishini hisobga olib, motorni yoki ish asboblarini yukning ortib ketishi yoki buzilishidan saqlashi zarur bo’lgan hollarda juda qimmatlidir.

3.9 - rasmda 3.10 - rasmdagi sxema bo’yicha qurilgan hajmiy gidrouzatmaning tashqi xarakteristikasi tasvirlangan bunda tezlikni tartibga solish uchun nasos sarfi o’zgartiriladi. Bosimga bog’liq ravishda nasos sarfini tartibga soladigan 9,10 qurilmalar (3.10 - rasmga qarang) shunday sozlangan bo’lishi mumkinki, unda yetaklovchi valdagi moment M_n ning o’zgarmasligi ta’minlanadi.



3.9 - rasm. Hajmiy gidrouzatmaning xarakteristikasi



3.10 - rasm. Nasos sarfini boshqarishli hajmiy gidrouzatma

3.9-rasmda moment M_n ning tezlikka bog'liqligi to'g'ri chiziq ko'rinishida berilgan bo'lib, tezlik o'qiga paralleldir Biroq silindrda bosimning ortishi bilan ish organidagi qarshilik ortadi va moslagich 9 ning harakati tufayli ish organi harakatining tezligi kamayadi. Ish zvenosida zo'riqishning tezlikka bog'liqligini xarakterlovchi grafik yotiq chiziq 2 ko'rinishida bo'ladi. Chiziq 2 ning ordinata o'qidan kesgan bo'lagi P_{max} bo'ladi.

$\frac{P_{\max}}{P_{nor}}$ nisbat transmissiyaning ehtiyotlagich xossasini aniqlaydi: bu nisbat qanchalik yuqori bo'lsa, gidrouzatmaning sifati shunchalik yaxshi bo'ladi.

1 va 2 grafiklardan ish organidagi o'zgaruvchan zo'riqish yetaklovchi valdagi momentning o'zgarishiga ta'sir etmasligi ko'rinadi. Hajmiy gidrouzatmaning bu xossasi tashqi xarakteristikaning „shaffofmasligi" deyiladi. Ijro etuvchi mexanizm kuch silindri emas, balki gidromotor bo'lganda ham hajmiy gidrouzatma xuddi shunday tashqi xarakteristika tuzish mumkin. U xolda abstsissa o'qiga gidrodvigatelning aylanishlar soni n_T ni, ordinata o'qiga esa momentni qo'yiladi.

Gidromotor ish xajmini boshqarish imkoni bo'lgan gidrouzatmalarda uning burovchi momenti xarakteristikasi gorizontal chiziq ko'rinishda bo'ladi.

Gidrouzatmalarda nasos sarfining o'zgarishini boshqarish usuli xam foydalaniladi. FIK ning qiymatlari xaddan tashqari yuqori bo'lgan soxada nasos sarfini boshqarish 40÷1 oralig'ida amalga oshiriladi, motor ish xajmini boshqarish esa 4÷1 orolig'ida ruxsat etiladi. Nasos va motorning boshqariladigan umumiy boshqarish soxasi 1000÷1 oralig'ida bo'lgan, gidrouzatkichlar xam bor.

Ish organidan olinadigan quvvati N_{no} suyuqlik bilan keltiriladigan N_c quvvati kichik. Bularning nisbati

$$\eta = \frac{N_{no}}{N_c} \tag{22.2}$$

esa gidrouzatmaning umumiy FIK ni beradi va u quyidagicha hisoblanadi:

$$\eta = \eta_T \cdot \eta_S \cdot \eta_{Tr} \tag{22.3.}$$

bunda η_T – taqsimlagichning FIK; η_S – silindrning FIK; η_{Tr} – silindrning mumiy FIK.

Yuqorida ko'rilgan FIK larning har biri o'z navbatida gidravlik, hajmiy va ba'zan mexanik FIK larning ko'paytmasidan iborat bo'ladi, ya'ni:

$$\eta_T = \eta_{T.g}\eta_{T.haj} \tag{22.4}$$

$$\eta_S = \eta_{S.g}\eta_{S.haj}.\eta_{S.nex} \tag{22.5}$$

$$\eta_{Tr} = \eta_{Tr.g}\eta_{Tr.haj} \tag{22.6}$$

Nasos validagi quvvat quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N_v = \frac{N_c}{\eta_n} \tag{22.7}$$

Bunda η_n – nasosning umumiy FIK; u gidravlik, xajmiy va mexanik FIK lar ko'paytmasiga teng:

$$\eta_n = \eta_g \cdot \eta_{haj} \cdot \eta_{mex} \tag{22.8}$$

Xamma gidravlik FIK lar ko'paytmasi $\eta_{ng} \cdot \eta_{Tr.g} \cdot \eta_{S.T}$ sistemasining umumiy gidravlik FIK ni beradi, uni quyidagi formuladan aniqlash mumkin

$$\eta_g = \frac{p_n - \sum \Delta p}{p_n} = 1 - \frac{\sum \Delta p}{p_n} \tag{22.9}$$

bunda p_n – nasos hosil qilgan to'liq bosim; $\sum \Delta p$ - bosimning yo'qolishi.

Bosimning pasayishi quyidagi formuladan hisoblab topiladi:

$$\sum \Delta p = \sum \zeta_n \frac{v_n^2}{2g} \gamma = \frac{\gamma}{2g} \sum \zeta_n v_n^2 \tag{22.10}$$

bunda ζ_n – mahalliy yo'qotish koeffisienti; v_n – moy uzatgich trubaning birorta elementidagi suyuqlikning m/s lardagi o'rtacha tezligi bo'lib, u quyidagi formula-dan aniqlanadi:

$$v = \frac{Q}{S} \tag{22.11}$$

bunda Q – suyuqlik sarfi m^3/s; S – trubauzatgichning haqiqiy kesim yuzasi, m^2. $\eta_{n.haj}$, $\eta_{m.haj}$, η_{mo}, $\eta_{s.haj}$ ko'paytma sistemaning umumiy hajmiy FIK ni beradi, uni quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin:

$$\eta_{haj} = \frac{Q_n - Q_{oq}}{Q_n} = 1 - \frac{Q_{oq}}{Q_n} \tag{22.12}$$

bunda Q_n – nasosning nazariy sarfi; Q_{oq} – oqib ketish sarfi. Uni (5.19) formula bilan aniqlanadi:

$$Q_{oq} = \frac{h_T^3 \Delta P \cdot \delta}{12 \mu L} \tag{22.13}$$

bunda h_T – tirqish kattaligi; δ – tirqishning eni; ΔP – bosim o'zgarishi; μ – suyuqlikning dinamik qovushoqlik koeffisiyeti; L – tirqishning suyuqlik oqimi yo'nalishidagi uzunligi.

Butun sistema uchun η_g – va η_{haj} - ko'paytma suyuqlikning FIK ni beradi. U holda umumiy FIK quyidagiga teng bo'ladi:

$$\eta = \eta_c \cdot \eta_{mex.n} \cdot \eta_{mex.s} \tag{22.14}$$

bunda $\eta_{mex.n}$ – nasosning mexanik FIK; $\eta_{mex.s}$ – ish silindrining mexanik FIK. Quvvatni moment va burchak tezlik orqali ifodalasak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\eta = \frac{N_{T.o}}{N_c} = \frac{M_{g.d}\omega_{g.d}}{M_c \omega_c} \tag{22.15}$$

bunda $M_{g.d}$ – gidrodvigatel hosil qilgan moment; M_c – nasos validagi moment; $\omega_{g.d}$ – gidrodvigatel valining burchak tezligi ω_c – nasos valining burchak tezligi.

Agar gidrodvigatel o'rnida kuch silindri bo'lsa, u holda bunday sistemaning FIK quyidagi formula bilan aniqlanishi mumkin:

$$\eta = \frac{pv}{102 M_c \omega_c} = \frac{pv60 \cdot 102}{102 M_c 2\pi n_c} \approx \frac{pv716}{102 M_c n_c} \approx \frac{7pv}{M_c n_c} \tag{22.16}$$

bunda p – porshen shtokidagi bosim; v – porshen shtokining tezligi; M_s – nasos validagi moment; n_s – nasos valining aylanishlar soni. Gidromotor valining (yetaklanuvchi val) aylanishlari soni quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$n_g = \frac{Q}{q} \tag{22.17}$$

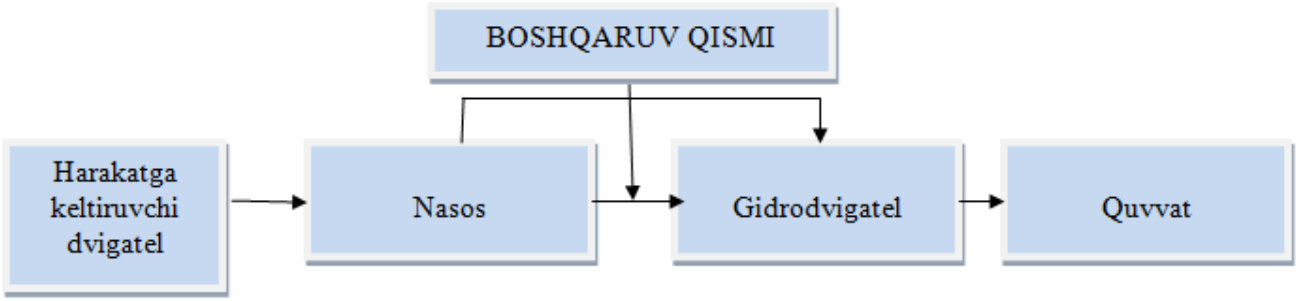
bunda Q – suyuqlikning haqiqiy sarfi; q – motor rotorining bir aylanishga mos keladigan suyuqlik miqdori.

To’rtinchi qism

1. bo’lim. HAJMIY GIDROYURITMALAR

I. HAJMIY GIDROYURITMALARNING VAZIFALARI VA ISHLATISH SOHALARI.

Gidroyuritmalar deb, suyuqlik orqali mexanik energiyani uzatish va o‘zgartirish uchun mo‘ljallangan gidravlik tizimlarga aytiladi.



1.1 rasm. Gidroyuritmaning tarkibiy qismi

Har qanday gidroyuritmaning ish jarayonini quyidagicha ifodalash mumkin: Dvigatel (1) yordamida (bu erda elektrodvigatel va boshqa xil dvigatellar bo‘lishi mumkin) nasos ishga tushirilib, nasos (2) yordamida esa dvigatelning mexanik-energiyasi suyuqlikning gidravlik energiyasiga aylantirilib, gidrodvigatelga uzatiladi. Gidrodvigatel suyuqlik bosimi ta’siri ostida kerak bo‘lgan quvvatni hosil qiladi. 1.1 - rasmda shu ish jarayoning tarkibiy qismi (strukturasi) keltirilgan.

1.1 Hajmiy gidroyuritmalar klassifikatsiyasi.

Gidroyuritmalar, ish qismlari-gidrodvigatellarning xarakatiga qarab uch xil bo‘ladi (2-rasm).

1. Ilgarlanma-qayta xaraktlanuvchi-burilma gidrodvigatellar (2[a]-rasm).
2. CHeklanganburchakda xarakatlanuvchi – burilma gidrodvigatellar (2-rasm, b).
3. Aylanma harakatlanuvchi-gidromotorlar (2.2 - rasm, v).

Gidroyuritmalar quvvat beruvchi manbalariga qarab ikki xil bo‘ladi:

1. Nasosli
2. Akkumulyatorli.

Suyuqlikning gidrotizimdagi harakatiga qarab.

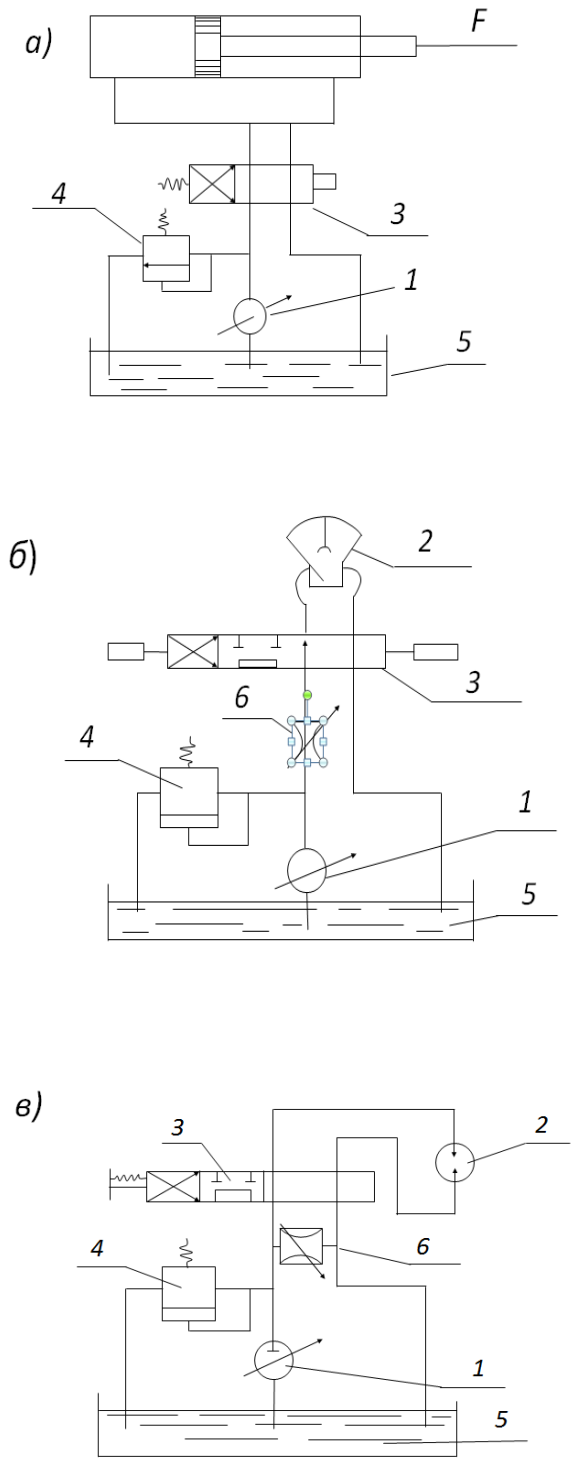
1. Ochiq tizimli suyuqlik harakati.
2. Yopiq tizimli suyuqlik harakati.

2-rasmda keltirilgan gidroyuritmalar sxemasi suyuqlik harakati ochiq tizimli bo‘lgan gidroyuritmalar tarkibga kiradi.

Gidroyuritmalar ishini boshqarish imkoniyatlariga qarab ikki xil bo‘ladi:

1. Boshqariladigan gidroyuritmalar:
2. Boshqarilmaydigan gidroyuritmalar.

Gidroyuritmalar quyidagi asosiy qismlardan iborat: nasos. Gidrodvigatel, quvurlar, boshqarish mexanizmlari (gidroapparaturalar) va yordamchi qurilmalar (gidrobak, filtr, klapan va boshqalar), (2.2 - rasm).



2.2 - rasm. Hajmiy gidroyuritmalarning sxemasi.

a) ilgarilanma-qaytma harakatlanuvchi gidrotsilindr; b) cheklangan burchakda harakatlanuvchi gidrodvigatel (burilma gidrodvigatel),v) aylanma harakatlanuvchi gidromotor.

1-nasos, 2-gidrodvigatel, 3-taksimlagich, 4-kalpok (klapan), 5-gidrobak, 6-drassel.

1.2 Gidroyuritmalarning afzallik va kamchiliklari.

Mavjud bo‘lgan boshqa yuritmalar (mexanik, elektrik, pnevmatik va boshqalar)ga qaraganda gidroyuritmalar quyidagi afzalliklarga ega:

-O‘lchamlari ixcham bo‘lib, katta kuch va quvvat uzatish imkoniyatining mavjudligi.

-Gidrodvigatellar harakatini silliq uzatish.

-Tezlik va berilayotgan quvvat miqdorini avtomatik boshqarish imkoniyatining mavjudligi.

-bosim va kuch momentlarini o‘zgartirish imkoniyatlarining qulayligi.

Gidroyuritmalar bir qator kamchiliklarga ham ega:

-tezlik katta bo‘lganda, FIK (foydali ish koeffitsienti) past bo‘lishi;

- ish suyuqliklariga havo aralashganda, yuritmalarning notekis ishleshi;

-qo‘llaniladigan suyuqlik narxining yuqoriligi;

-xizmat ko‘rsatish darajasining yuqoriligi;

-yuqori na past haroratli joylarda ish unumdorligining pastligi.

1.3 Gidroyuritma harakatining differensial tenglamasi.

Gidroyuritma murakkab dinamik tizim bo‘lib, ish jarayonining chiziqli va chiziqsiz bo‘lgan tenglamalar orqali ifodalanishi mumkin.

Bu erda gidroyuritma harakatining chiziqli modelini qo‘ramiz. U holda gidroyuritmaning haraqat tenglamasini dinamikaning asosiy tenglamasi, Nyutonning ikkinchi qonuni asosida to‘g‘ri chiziqli harakat qiluvchi gidrodigatel-gidrotsilindr uchun quyidagicha yozamiz.

$$m\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = F_x - F_k \qquad (1)$$

bu erda: m -gidrodvigatelning harakatdagi qismining massasi, kg.

ϑ-shtok tezligi, sh/s

F_x, F_k-mos ravishda gidrodvigatelni harakatga keltiruvchi va harakatga qarshilik ko‘rsatuvchi kuchlar:

t-vaqt, S.

Ma’lumki: $F_x = F_x^I + \Delta F_x;\ \ F_k = F_k^I + \Delta F_k;$

bu erda: F_x^I , F_k^I -mos ravishda barqaror tartibdagi harakatga keltiruvchi va qarshilik ko‘rsatuvchi kuchlar, ya’ni ish jarayoni boshlangunga bo‘lgan holat:

$\Delta F_x, \Delta F_k$ -mos ravishda barqaror tartibga nisbatan o‘zgargan kuchlarning miqdori: va statik sharoitda $F_x^I = F_k^I$ bo‘lib, u holda (I)tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$m\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \Delta F_x + \Delta F_k;$$

U holda ΔF_x quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta F_{x_1} + S\Delta \mathrm{P}; \quad (2)$$

bu erda: S -porshon yuzasi: m^2

ΔP-gidrotsilindrdagi bosimlar farqi, Pa mos ravishda barqaror tartibga nisbatan o‘zgargan kuchlarning (F_k) miqdori ishqalanishdagi qarshilikga bog‘liq bo‘lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta F_k = \lambda_1 \cdot \Delta \vartheta; \quad (4)$$

λ_1-ishqalanish koeffitsienti;

$\Delta \vartheta$-porshon tezligining o‘zgarishi, m/s

Yuqoridagilarni hisobga olib gidrotsilindr harakat tenlamasini yozamiz:

$$m\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = s = S\Delta P - \lambda_1 \cdot \Delta \vartheta; \quad (5)$$

Gidrodvigatel sifatida gidromotor foydalanilsa, uning harakat tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$J\frac{\partial \omega}{\partial t} = W \cdot \Delta P - \lambda_2 \cdot \Delta \omega; \quad (6)$$

bu erda: $P = \mathrm{P}_1 - \mathrm{P}_2$ -gidrodvigateldagi bosimlar farqi

$\mathrm{P}_1, \mathrm{P}_2$-mos ravishda gidrodvigatelning kirish va chiqish qismidagi bosimlar farqi; Pa

J-inersiya momenti, m^i

$\Delta \omega$-gidromotor o‘qining burchak tezligi, s^{-I}

W-gidromotorning solishtirma xajmi, m^3

λ_2-ishqalanish koeffitsienti.

2. GIDRODVIGATELLAR

Gidrodvigatellar xajmiy gidroyuritmalarning asosiy qismi bo‘lib ish qimining harakatiga qarab gidrotsilindrlarga, burilish gidrodvigatellarga va gidromotorlarga ajraladi.

2.1 Gidrosilindrlar

Gidrotsilindr deb-ish qismi ilgarlanma-qaytma harakatlanuvchi hajmiy gidrodvigatelga aytiladi.

Qishloq xo‘jaligi va qurilish mashinalarida porshenli, plunjerli, silfonli teleskopik va membranali gidrotsilindrlar qo‘llaniladi. Gidrotsilindrlar sxemasi 3 - rasmda keltirilgan.

Gidrotsilindrlarning porshonli suyuqlik ta’sirida bir tomonlama va ikki tomonlama harakatga kelishi mumkin. (3.1-rasm).

Gidrotsilindrning shartli belgisi quyidagicha ifodalanadi:

S-8x200

bu erda: 80- porshen diametri, mm

200-porshen siljish yo‘li, mm

Gidrotsilindrning asosiy kattaliklari:

-porshen shtokiga ta’sir etayotgan kuch:

$$F = \mathrm{P} \cdot S_n \cdot \eta_m; \quad (7)$$

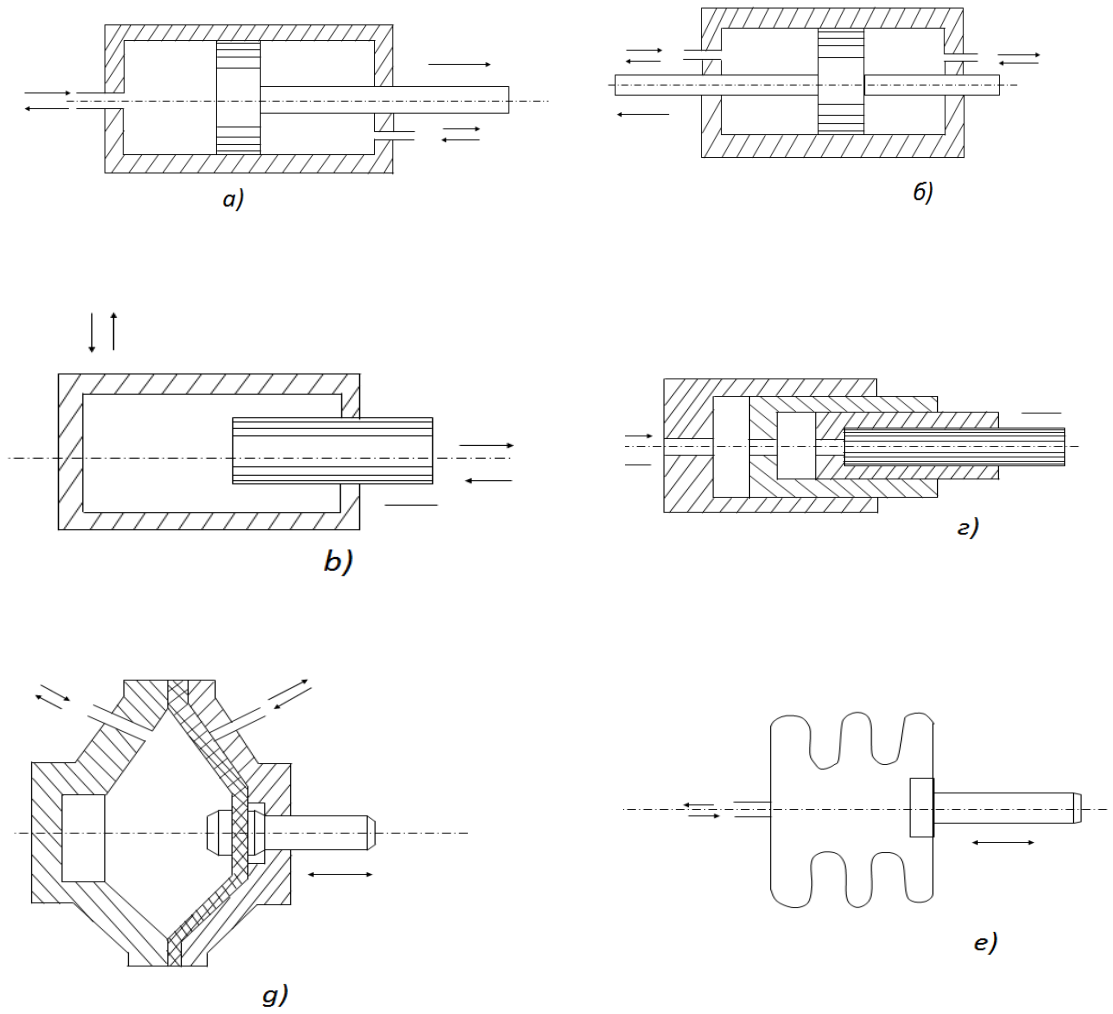
bu erda: P-suyuqlik bosimi, Pa

S_n-porshenning yuzasi, m^2

η_m-mexnik FIK.

-porshen siljining tezligi,

$\vartheta = \frac{Q}{S_n}$ м/с yoki $\vartheta = \frac{L}{t}$; м/с



3.1 - rasm. Gidroyuritmalar sxemalari.

Vt-porshenli bir tomonlama;b-ikki tomonlama; v-plunjerli bir tomonlama; g-teleskopik drebranali; e-silfonli; 1-shtok; 2-silindr; 3-porshen; 4-plunjer; 5-membrana; 6-silfon.

bu erda: Q -uzatayotgan suyuqlik sarfi, m^3/s.

L_1-porshenning siljish yo‘li, m

t -vaqt, s

-gidrotsilindrning quvvati:

$$N = \mathrm{P} \cdot Q, \kappa Bm \quad (9)$$

2.2 Burilma gidrodvigatellar

Burilma gidrodvigatellar deb, ish qismi cheklangan burchakda xarakatlanuvchi xajmiy gidrodvigatellarga aytiladi.

Burilma gidrodvigatellar traktorlar va qishloq xo‘jaligi mashinalarining boshqarish mexanizmlarida, ish qismi $0\text{-}360^0$ gacha o‘zgaruvchi qishloq xo‘jaligi mashinalarining moslamalarida, gidroavtomatikada qo‘llaniladi.

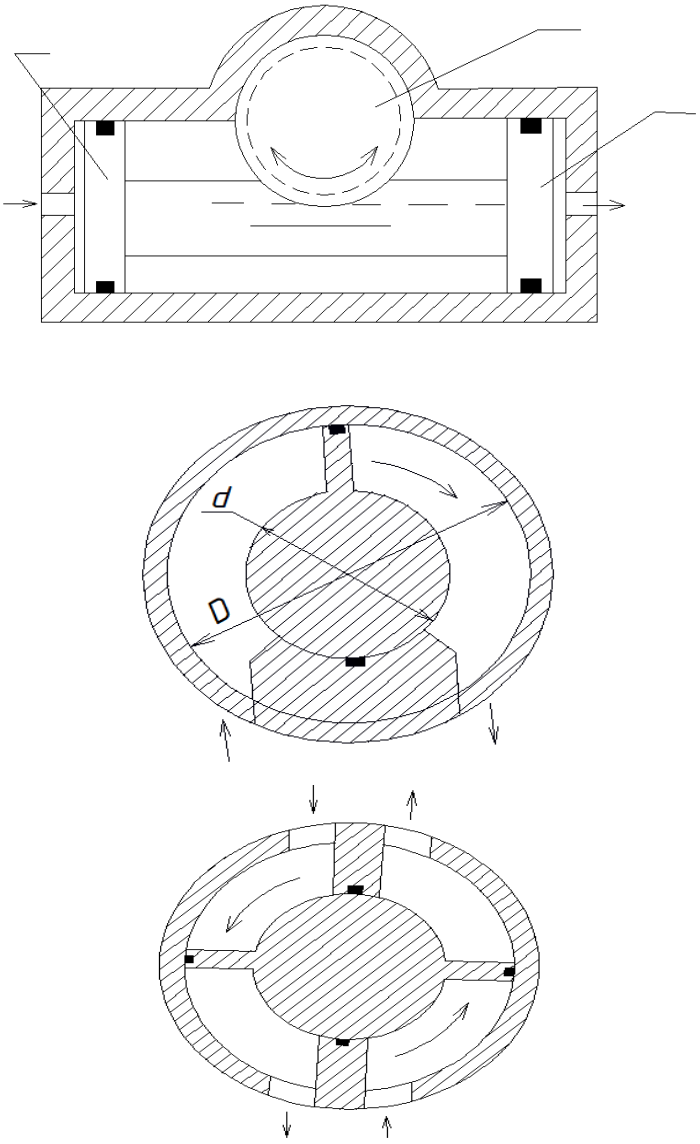
Burilma gidrodvigatellarni tuzilishiga qarab ikkiga ajratish mumkin:

1. Ilgarilanma xarakatni aylanma xarakatga o‘zgaruvchi gidrodvigatellar, bularga porshenli burilma gidrodvigatellar misol bo‘la oladi (4.1 - rasm, a).

2.Harakat turini o‘zgartirmaydigan gidrodvigatellar, bularga shiberli (4.1-rasm, b) plastinkali burilma gidrodvigatellar misol bo‘ladi.

SHiberli burilma gidrodvigatellar aylanish o‘qining burchak tezligi qo‘yidagicha aniqlanadi.

$$\omega = \frac{8 \cdot Q}{z \cdot b(D^2 - d^2)}; c^{-1} \qquad (10)$$



4.1 - rasm. Burilma gidrodvigatellar sxemasi.

A-porshenli; 1- porshen; 2- shesternya. B-bir shiberli. V-ikki shiberli.

bu erda: Q -gidrodvigatelga uzatilayotgan suyuqlik sarfi. m^3/s ;

z - shiberlar soni, dona.

b -ish kamerasining eni, m.

D -stator diametri, m.

d -rotor diametri, m.

Aylantiruvchi momenti esa quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$M = \frac{z \cdot b(D^2 + d^2)}{8} \text{P}; \text{нм} \qquad (11)$$

bu erda: P -ish suyuqligining bosimi, Pa.

2.3 Gidromotorlar.

Gidromotorlar deb, ish qismi aylanma xarakatlanuvchi xajmiy gidrodvigatellarga aytiladi.

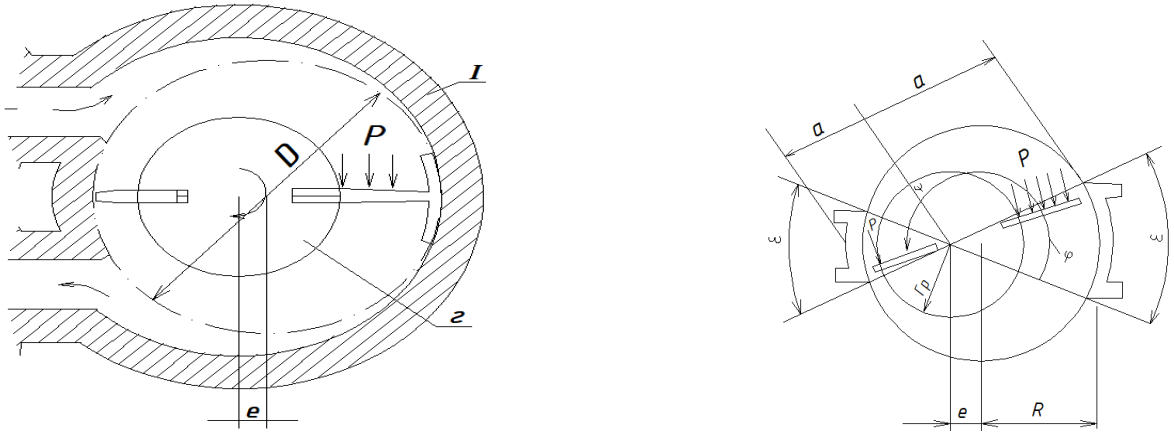
Gidromotorlar tuzilishi porshenli, plastinkali, shestrnyali, vintli va boshqa nasoslarni o‘z ichiga olgan rotorli nasoslardan farq qilmaydi.

Gidromotorlar qaytarish hususiyatiga ega, ya’ni gidromotorni elektr dvigatelga ulash bilan undan nasos sifatida foydalanish mumkin.

Gidromotorlar klassifikatsiyasi 5.1 - rasmda keltirilgan.

Plastikali gidromotorning umumiy va hisoblash sxemasi 6-rasmda keltirilgan.

Ishlash tartibi quyidagicha:



5.1 - Rasm Suyuqlikning bir tomonlama harakatlantiruvchi plastinkali gidromotorning xajmiy (a) va (b) sxemasi

Nasos yordamida uzatilgan suyuklik bosimi plastinka yuzasiga ta’sir ko‘rsatib, aylantiruvchi moment hosil qiladi va plastinkalarni xarakatga keltiradi. U holda aylantiruvchi moment quyidagicha aylanadi:

$$M = \mathrm{P} \cdot b \cdot h \cdot a; н.м. (12)$$

bu erda: M -aylantiruvchi moment, n.m.

b -rotorning e’ni, m

P -bosim kuchining elkasi, m

h -plastinkaning ishchi balanligi, m.

a -ekssentrisitet, m.

Gidromotordagi aylantiruvchi moment eng yuqori qiymatga, plastinka gorizontal holatga kelganda ega bo‘ladi.

Radial-porshenli gidromotorningsxemasi 6.1-rasm, a, da keltirilgan.

SHesternyali gidromotor sxemasi 6.1-rasm, b, da keltirilgan. SHesternyali gidromotorning ishlash tartibi shesternyali nasosning ishlash tartibiga o‘xshash bo‘lib, ish kamerasining xajmi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$V = 2\pi \cdot m^2 \cdot z \cdot b_1; м^3 (13)$$

bu erda: m -tishlashish moduli, m

z -tishlar soni, dona

b_1 -shestrnya e’ni, m

Gidromotor kattaliklari ko‘rsatilgan:

Gidromotor orqali o‘tayotgan suyuqlik sarfi:

7.1 - rasm. Gidromotorlar sxemasi.

a) radial-porshenli, 1-rotor, 2-stater, 3-porshenlar, 4-suyuqlik so‘ruvchi teshik, 6-suyuqlik xaydovchi teshik.

b) shesternyali, 1-etaklanuvchi shesternya, 2-korpus (kin), 3-etaklovchi shesternya.

A: B:-so‘rish va haydash kanallari.

$$Q = V \cdot n \ \ м^3 / c, \quad (13)$$

bu erda: V -ish kamerasining xajmi, m^3

n -aylanishlar soni, S^{-1}

-gidromotorning foydali quvvati.

$$N_{\phi} = M \cdot \omega, \text{vt.} \quad (14)$$

bu erda: ω -burchak tezligi, S^{-1}

M -aylantiruvchi moment

$$M = 0{,}159 \frac{P \cdot Q}{n} \eta, нм. \quad (15)$$

bu erda: η -F.I.K.

3. GIDROAPPARATURALAR.

Gidroyuritmaning ishini boshqarish, avtomatlashtirish, suyuqlikning oqimlarini taqsimlash va ularning yo‘qolishini o‘zgartirishda xizmat qiladigan moslamalarga-gidroapparaturalar deyiladi.

Gidroapparaturalarga har xil taqsimlagichlar, klapanlar, drossellar va boshqa moslamalar misol bo‘ladi.

3.1 Gidrotaqsimlagichlar.

Gidroyuritmalarda taqsimlagichlar suyuqlik oqimlarini taqsimlash va yo‘nalishini o‘zgartirish uchun mo‘ljallangan. Konstruktiv tuzilishi bo‘yicha taqsimlagichlar zolotnikli, jo‘mrakli va klaganli turlarga bo‘linadi. (8 - rasm).

Xajmiy gidroyuritmalarda ko‘p hollarda zolotnikli gidrotaqsimlagichlar qo‘llaniladi.

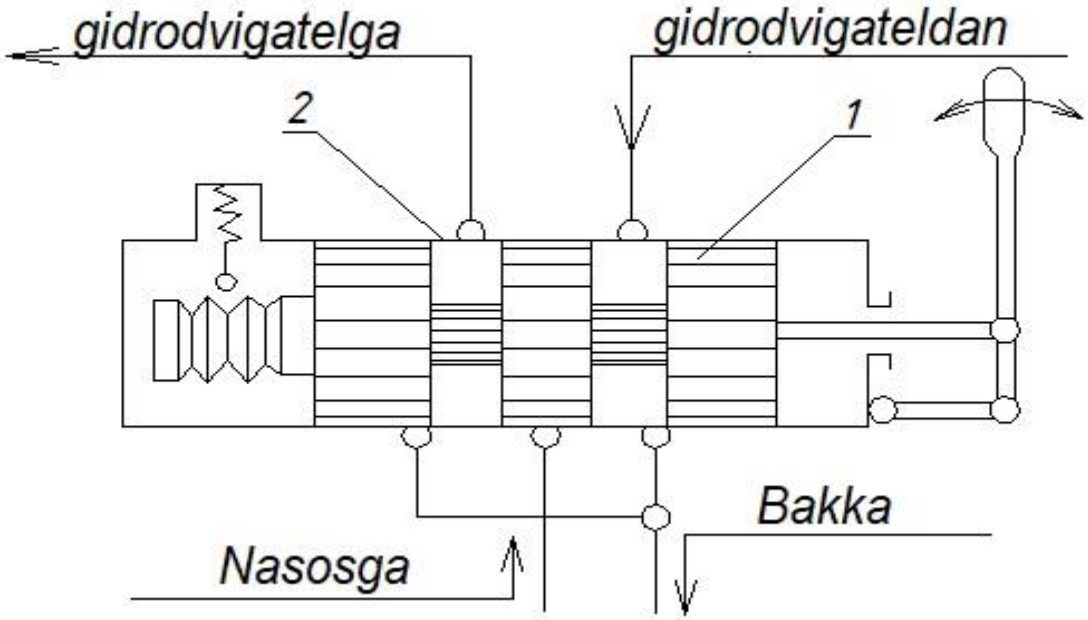
Zolotnikli gidrotaqsimlagichlarning jo‘mrakli gidrotaqsimlagichlardan farqi shundaki, zolotnikli gidrotaqsimlagichlar bosim ta’sirida bo‘lmaydi va suyuqlik sifati yaxshi bo‘lmagan hollarda ham ishga yaroqli.

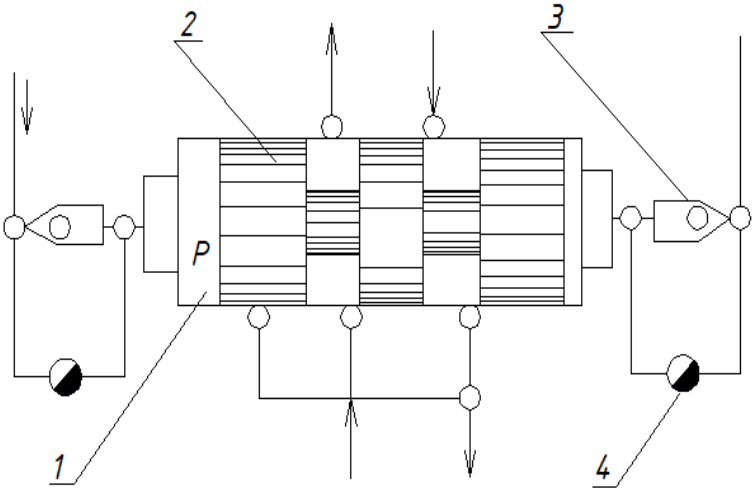
Taqsimlagichlar quyidagicha ifodalanadi, masalan: P-80; bu erda P-taqsimlagich (raspredetel); 80-suyuqlik oqimi, l/min.

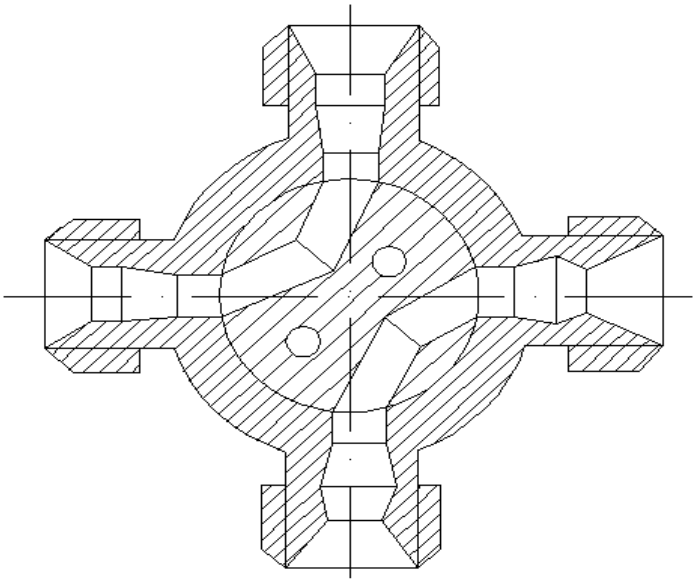
Zolotnikli taqsimlagichlar qo‘l bilan mexanik va elektr yordamida boshqariladi.

Taqsimlagichlarni gidravlik hisoblashda, har bir suyuqlik harakatlanadigan kanallarning ko‘ndalang kesimi yuzasi quyidagicha aniqlanadi.

$$S = \vartheta \cdot Q$$







8.1 - rasm. Gidrotaqsimlagichlar.

a) zolotnikli b)kranli, 1-korpus, 2-plunjer; 3-klapan, 4-drossel.

bu erda: ϑ-suyuqlikning harakat tezligi bo‘lib, 4...6 m/s qabul qilingan.

Q-zolotnik orqali o‘tayotgan suyuqlik sarfi bo‘lib quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = \mu_з \cdot S_з \cdot \sqrt{2(\mathrm{P}_1 - \mathrm{P}_2)/\rho} \qquad (17)$$

bu erda: $\mu_з$-0,60...0,65-zolotnikning sarf koeffitsient.

$S_з$-zolotnik ko‘ndalang kesim yuzasi;

$\mathrm{P}_1, \mathrm{P}_2$-zolotnikning kirish va chiqish qismidagi bosim.

Zolotnikli taqsimlagichlarning qulayligi shundaki ular yordamida gidrodvigatel ishini boshqarish mumkin. Bundaytaqsimlagichlarda kamchilik suyuqlikning to‘kilishi tufayli gidrodvigatelni muvozanat holatda saqlash qiyin bo‘ladi.

3.2 Gidroklapanlar.

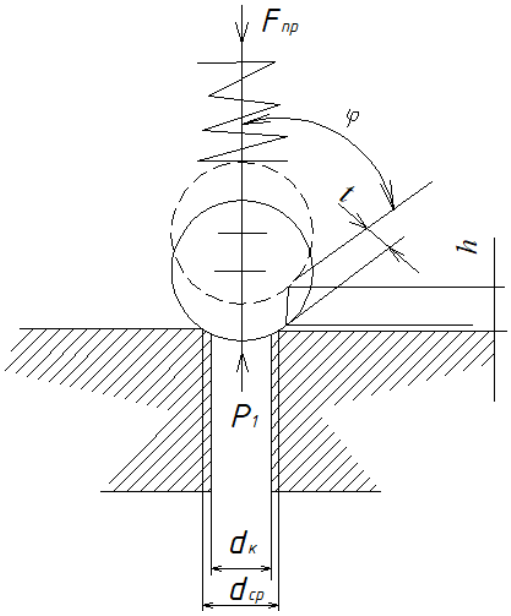
Klapanlar gidroyuritmalarning eng ko‘p tarqalgan elementi bo‘lib, ular yordamida oqim yo‘nalishini o‘zgartirish, kerakli bosim hosil qilish, gidroyuritma qismlarini zo‘riqishdan asrash, gidroyuritmani avtomatik boshqarish mumkin.

Gidroklapanlar bajaradigan vazifasiga qarab boshqaruvchi va yo‘naltiruvchi klapanlarga ajraladi. Boshqaruvchi klapanlar oqim bosimli tartibga soladi. Bunday klapanlar bosimli va reduksion bo‘ladilar (9 - rasm). Jadvalda ba’zi gidroklapanlarning texnik ko‘rsatgichlari keltirilgan.

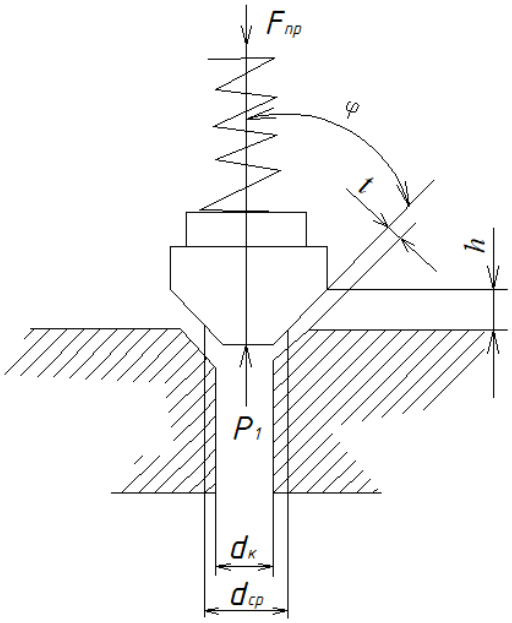
Klapan orqali o‘tayotgan suyuqlik sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = \mu_к \cdot S_x \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta P}{\rho}}; \quad (18)$$

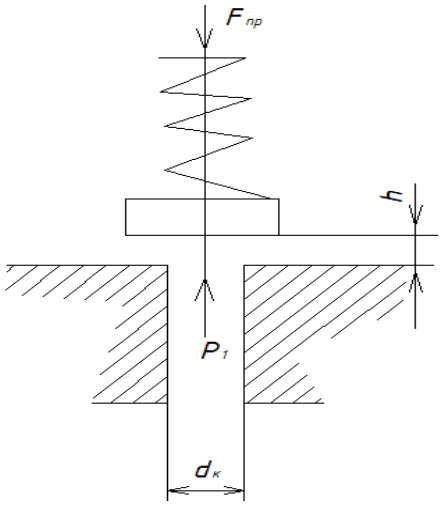
a)



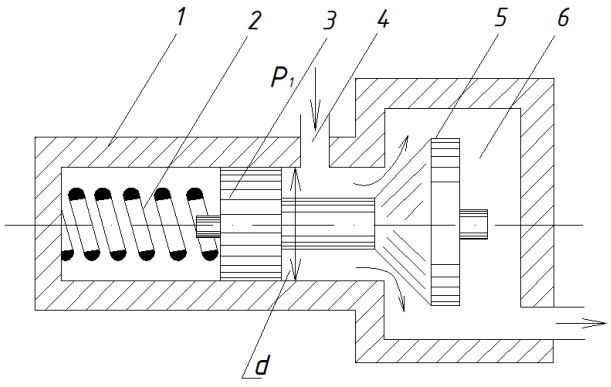
b)

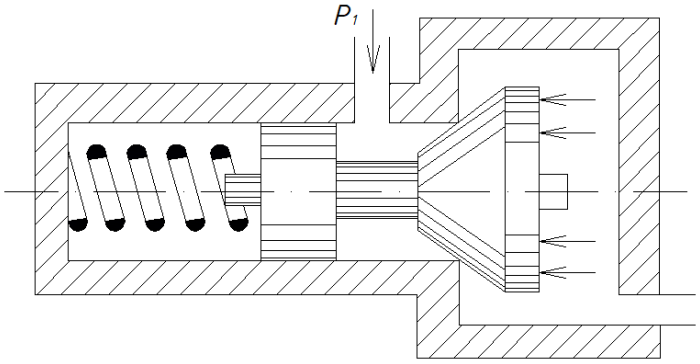


v)



g)





d)

9.1 - Rasm. Gidroklapanlar

a) SHarsimon; b) konusli; v) tekis; d) reduksion; 1-korkus; 2-prujina; 3-plunjer; 4-kanal; 5-konussimon klapan; 6-bosim kamerasi.

bu erda: $\mu_к$-klapanning sarf koeffitsienti, ($\mu_к$=0,6-0,7):

$P = P_1, P_2$-klapandagi bosimlar farqi;

$S_к$-klapanning unumli yuzasi:

$$S_к = \pi \cdot d_c \cdot t$$

-teshikning o‘rtacha diametri;

$$t = h \cdot \sin\varphi$$

h-klapanning ko‘tarilish balandligi bo‘lib, h=0,15…0,25 qabul qilinadi.

Klapan oldidagi kanalda suyuqlik tezligi bosim P=0,5 MPa bo‘lganda, $\vartheta = 5м/с$ qabul qilinib, P=20 MPa bo‘lganda, ϑ=25…30 m/s qabul qilinadi.

Klapan oldidagi kanal diametri

$$d_k = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \vartheta}}; \qquad (19)$$

Klapan ochilishi, quyidagi shart asosida hisoblanadi:

$$\frac{\pi d_k}{4}(P_1 - P_2) = X_0 \cdot C;$$

bu erda: X_0-prujinaning boshlang‘ich siqilishi;

C-prujinaning bunkerlik koeffitsienti.

1-Jadval

Reduksion klapanlarning texnik ko‘rsatgichlari

Ko‘rsatgichlar	**Turi**				
	PK-12	PK-16	PK-20	PK-25	PK-32
Sarfi, l/s	0,40	0,7	1,6	1,2	2,70
CHiqishdagi bosimning miqdori MPa	1,5-15	1,5-1,5	1,5-1,5	1,5-1,5	1,5-1,5
Mumkin bo‘lgan bosimlar farqi, MPa	1	1	1	1	1

3.3 Gidrossellar.

Drossellar suyuqlik sarfini chegaralash orqali, gidroyuritma ish qismining tezligini yoki burchak tezligini o‘zgartirish bilan gidroyuritmaning ishini boshqaradi.

Drossellarning asosiy tavsifi (xarakteristikasi) drosseldan o‘tayotgan suyuqlik sarfi (Q_g)-bilan bosimlar farqi (ΔP) ning bog‘liqligidar. Bu bog‘lanish chiziqli va chiziqli bo‘lmagan bo‘lishi mumkin. (10.1 - rasm).

CHiziqli drossellarda sarf Puazeyl formulasi yordamida aniqlanadi, ya’ni bu turdagi drossellarning kanalidagi oraliq harakat tartibi laminar bo‘ladi.

$$Q = \Delta P \frac{\pi \cdot d^2}{128 \cdot \rho \cdot l \cdot \gamma}; \qquad (20)$$

bu erda: l,d-mos ravishda drossel kanalining uuznligi va diametri;

ρ -suyuqlik zichligi, kg/m^3

γ -kinematik yopishqoqlik koeffitsienti;

ΔP -drosselning kirish va chiqish qismidagi bosimlar farqi.

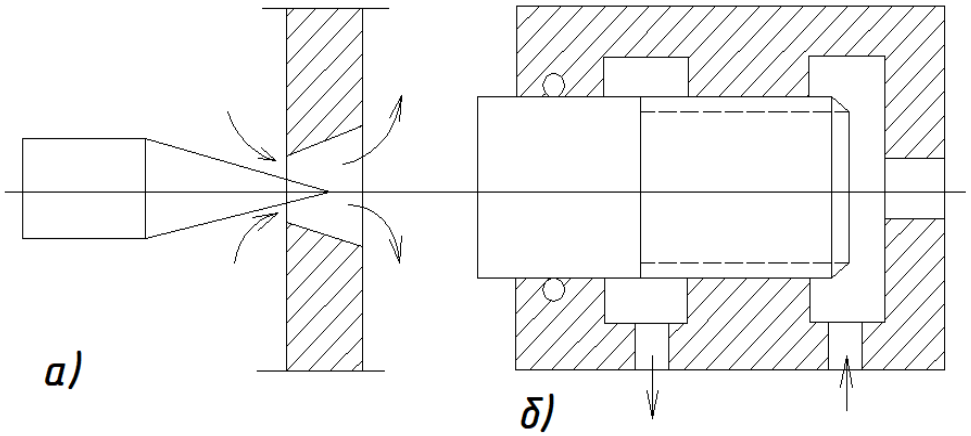
CHiziqli bo‘lmagan drossellarda bosimning pasayishi oqimning uzilishi, yoki uyurma hosil bo‘lishi ta’sirida yuzaga keladi.

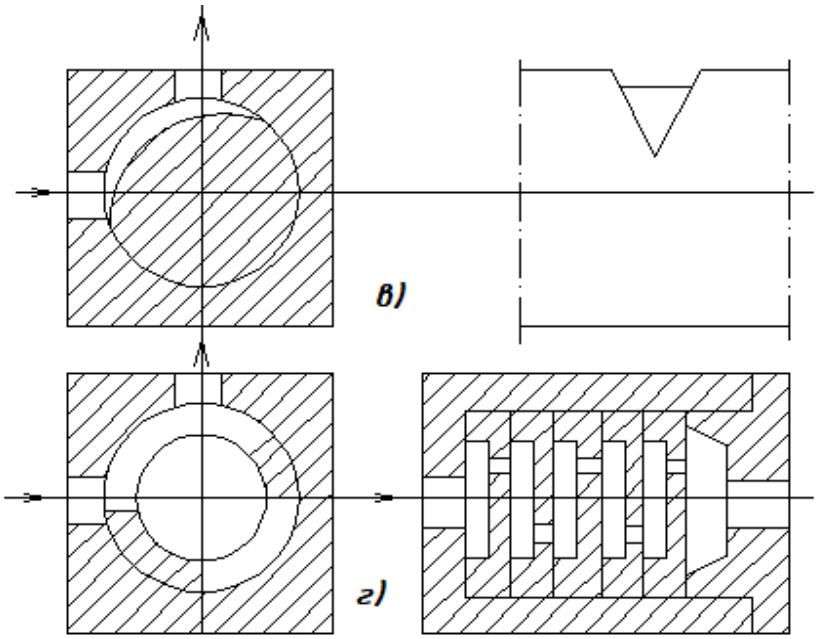
Bunday drossellarda suyuqlik sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_Д = \mu_Д \cdot S_Д \sqrt{\frac{2}{\rho}} \Delta P; \qquad (21)$$

bu erda: $S_Д$ -drossel ko‘ndalang kesimini yuzasi;

$\mu_Д$ -drossel sarf koeffitsienti bo‘lib, suyuqlik harkatining tartibi (laminar yogi turbulent) ga bog‘liq.





10.1-Rasm. Drossellar

4. HAJMIY GIDROYURITMALAR ISHINI BOSHQARISH

Gidroyuritmalar ishini boshqarishning ikki usuli mavjud: drosselli va xajmiy.

4.1 Drosselli boshqarish.

Bu usulda nasos uzatadigan suyuqlik sarfi o‘zgarmas qoladi. Gidrodvigatel ish qismi (shtokning) tezligi drosselni ketma-ket yoki parallel ulash bilan boshqariladi.

Drossel tizmga ketma-ket ulangandi (11.1 - rasm, a) ish qismining tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\vartheta_n = \mu \frac{S_0}{S_n} \sqrt{\frac{2}{\rho}} (\mathrm{P}_1 - \frac{F}{S_n}); м/с \qquad (22)$$

bu erda: μ-drosselning sarf koeffitsienti;

S_0-drossel yuzasi; m^2

S_n-porshen yuzasi; m^2

P_1-drossel oldidagi bosim, Pa.

Ish qismining tezligi drossel ko‘ndalang kesimi yuzasiga bog‘liq bo‘lib, (11.1 - rasm, b) da keltirilgan.

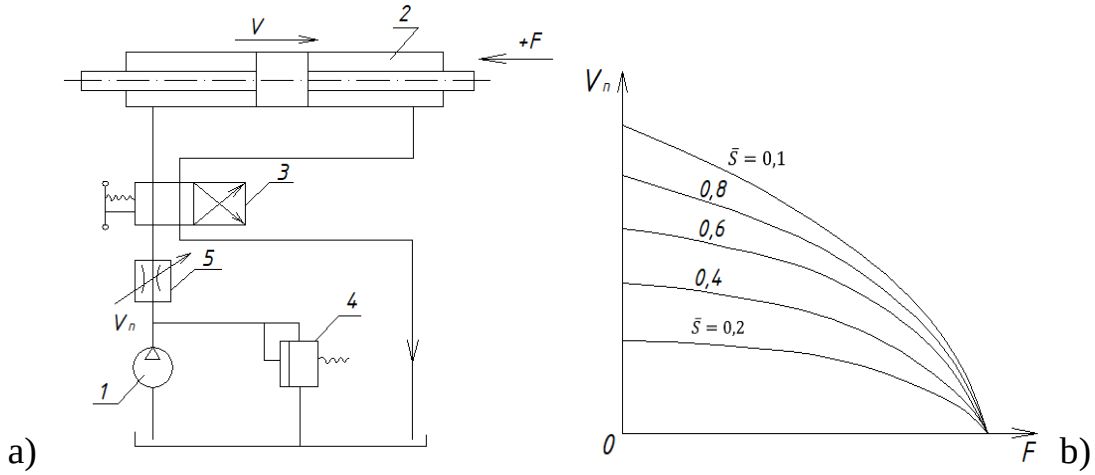
F=0 bo‘lganda ega bo‘ladi. Nasos berayotgan bosim $\mathrm{P}_1 = \frac{F}{S_n}$ bo‘lganda, porshen tezligi nolga teng bo‘ladi.

Drossel ketma-ket ulanganda nasos berayotgan bosim o‘zgarmas qoladi.

Drossel gidrotizmga parallel ulanganda tizmdagi oqim ikkiga bo‘linadi. Oqimning bir qismi gidrodvigatel orqali o‘tsa, qolgan qismi drossel orqali o‘tadi. (12 - rasm, a).

Drossel tizmga parallel ulanganda ish qismining tezligi quyidagicha aniqlanadi.

$$\vartheta_n = \frac{Q}{S_n} - \mu \frac{S_0}{S_n}\sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \frac{F}{S_n}; м/с \qquad (23)$$

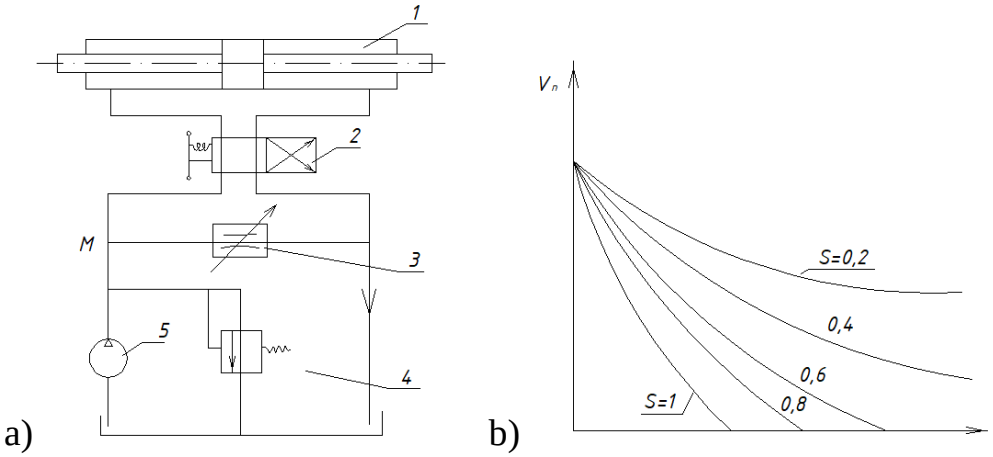


a) b)

11.1 - rasm. Gidroyuritma ishini drosselli boshqarish sxemasi. (drossel tizimga ketma-ket ulangan)

a-sxemasi: v-grafi.

1-nasos: 2-gidrodvigatel: 3-taqsimlagich: 4-klapan: 5-drossel.



a) b)

12.1 - rasm. Gidroyuritma ishini drosselli boshqarish sxemasi. (drossel tizimga paralel ulanganda)

a-1-gidrodvigatel: 2-taqsimlagich: 3-drossel: 4-klapan: 5-nasos.

bu erda: Q-nasos uzatayotgan suyuqlik miqdori, m^3/ss.

Porshenning tezligi drossel ko‘ndalang kesimining yuzasiga bog‘liq bo‘lib F=const bo‘lganda, tezlikning ϑ_{min} dan ϑ_{max} gacha o‘zgarishi -$S_n$ning S_{max}dan F=0 gacha o‘zgarishga bog‘liq 12.1-rasm Drossel tizimga paralel ulanganda bosim o‘zgaruvchan bo‘ladi.

4.2 Xajmiy boshqarish.

Bu usulda gidroyuritmalar ishini boshqarish nasos yoki gidromotor ish kamerasining xajmini o‘zgartirish bilan yoki ikkalasining ham xajmini birdaniga o‘zgartirish bilan amalga oshiriladi.

Xajmiy boshqarilish gidroyuritmaning ustunligi, o‘zgaruvchan uzatishli nasosning energiyasini yo‘qotmasdan ish qismidagi tezlikning uzluksiz o‘zgarib turishiga imkon berishidadir.

Xajmiy boshqarilish gidroyuritmaning ustunligi, o‘zgaruvchan uzatishli nasosning energiyasini yo‘qotmasdan ish qismidagi tezlikning uzluksiz o‘zgarib turishiga imkon berishidadir.

Xajmiy boshqarishning oddiy sxemalari 13.1 - rasmda keltirilgan. Suyuqlik miqdorini yo‘qligini hisobga olmasak, gidrodvigatel sarfi nasos sarfiga teng, ya’ni:

$$Q_н = Q_r;$$

yoki

$$V_н \cdot \Pi_н = V_r \cdot \Pi_r;$$

bu erda: $V_н \cdot \Pi_н$-mos ravishda nasos va gidrodvigatel ish hajmi.

$V_r \cdot \Pi_r$ - mos ravishda nasos va gidrodvigatel aylanishlar soni.

Gidroyuritmadagi bosim miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$\mathrm{P} = \mathrm{P}_r + \Delta\mathrm{P} = 2\Pi\frac{\mathrm{M}_r}{V_r} + \Delta\mathrm{P}; \tag{24}$$

bu erda: P_r -gidrodvigateldagi bosim farqi, Pa

P-ishqalanishdagi yo‘qolgan bosim miqdori, Pa

M_r - gidrodvigatel o‘qidagi aylantiruvchi moment, Nm.

$n_н = const$, $V_r = const$, $\mathrm{P}_r = const$,

bo‘lganda (13-rasm, a).

$$\mathrm{M}_r = \frac{1}{2\pi}V_r \cdot \mathrm{P}_1 = const; \tag{25}$$

$$N_н = N_r = Q \cdot \mathrm{P}_r; \tag{26}$$

Hajmiy gidroyuritma gidromotori boshqarilsa (13.1-rasm, b).

$$\mathrm{M}_r = \frac{1}{2\pi}V_r \cdot \mathrm{P}_1 = \frac{1}{2\pi}V\frac{n_н}{n_r} \cdot \mathrm{P}; \tag{27}$$

$$N_r = Q_r \cdot \mathrm{P}_r = const; \tag{28}$$

5. GIDROYURITMALARDA QO‘LLANILADIGAN SUYUQLIKLAR.

Gidroyuritmalarda qo‘llaniladigan suyuqliklarga ish suyuqligi deyiladi. Gidromashinalarning vazifasiga qarab ish suyuqligi suv, neft moyi, sintetik suyuqliklar va hokazolar bo‘lishi mumkin.

Gidroyuritmalarda ish suyuqligi oraliq muhit sifatida o‘zining asosiy vazifasini bajaradi va shu bilan birga moylovchi modda hamdir. SHu sababli unga turli qo‘shimcha talablar ham qo‘yiladi.

5.1 Ish suyuqliklariga qo‘yiladigan talablar.

1. YAxshi moylovchi hususiyatga ega bo‘lishi kerak.
2. suyuqlik yopishqoqligi haroratga juda kam bog‘liq bo‘lib, qaynash harorati juda yuqori bo‘lishi kerak.

3. Ish suyuqligi emirilishini kamaytirish va kimyoviy barqarorlik hususiyatlariga ega bo‘lishi kerak.
4. Suyuqlik bir jinsli va yaxshi tozalangan bo‘lishi kerak.
5. Ish suyuqligida erigan havo iloji boricha kam bo‘lib, yuqori hajmiy elastiklik moduliga ega bo‘lishi kerak.
Qo‘llaniladigan va tavsiya etiladigan suyuqliklarning turlari va tavsifi 1,2-jadvallarda keltirilgan.

2 - jadval

Qurilishda melioratsiya mashinalarining gidroyuritmalarida qo‘llaniladigan ish suyuqliklarining tavsifi.

Ko‘rsatkichlar	Ish suyuqligi			
	Asosiy		O‘rnini bosuvchi	
1	2	3	4	5
Kinematik yopishqoqlik 50^0S haroratda.....	10	28	12	28
15^0S haroratda.....	150	4000	650	-
40^0S haroratda.....	1500	-	20000	-
50^0S haroratdan yuqori bo‘lganda.	4000	-	-	-
YOpishqoqlik Indeksi.....	130	85	-	85
Quyushqoqlik harorati.....	-60^0S	-35^0S	-45^0S	-15^0S
YOnish harorati ochiq holatdarda, ^{0}S	135	190	163	190
Zichlik $+20^0$S da g/sm^3	0,865	0,885	0,85	0,916

3-jadval

Tavsiya etilgan ish suyuqliklarining tavsifi

Foydalanish	Ish suyuqligining navi		GOST yoki TU	50^0S da yopishqoqligi. St	Suyuqlanish harorati ^{0}S	Nasoslar uchun qo‘llash harorati			
						SHestrnyali		Aksial	
						Foydalanish tartibi			
	Asosiy	O‘rnini bosuvchi				Qisqa vaqtli	Uzoq vaqtli	Qisqa vaqtli	Uzoq vaqtli
Manfiy			TU-38-	10-	-60	-55 dan +40	-42 dan	-50 dan	-40 dan

haroratda	VMGZ	AU AU	101479-74 GOST 1642-75	11 12-14	-45	gacha -30 dan +45 gacha	+35 gacha -20 dan +40 gacha	+75 gacha 25 dan +75 gacha	+65 gacha -10 dan +65 gacha
Musbat haroratda	MG-30	I-30A	TU-38-1-01-50-70 GOST 20799-75	30 28-33	-35 -15	-20 dan +70 gacha -10 dan +60 gacha	-10 dan +60 gacha -5dan +60 gacha	-10 dan +75 gacha 5 dan +75 gacha	+5 dan +70 gacha -5dan +7 gacha

6. GIDROYURITMANING GIDRAVLIK HISOBI

6.1 Asosiy vazifalar.

Gidroyuritmaning gidravlik hisobi asosan quyidagi vazifani o‘z ichiga oladi:
-gidroyuritmani harakatga keltiruvchi nasosni tanlash;
-gidroyuritma quvurlarida yo‘qolgan energiyani hisoblash.
-gidromotorni tanlash;
-gidroyuritmada qo‘llanadigan suyuqliklar hajmini haroratga bog‘liqligini hisoblash;
-gidrodvigatelning asosiy ko‘rsatkichlarini hisoblash va tanlashda quyidagi ma’lumotlar kerak bo‘ladi:
-gidroyuritmaning elementlari hisoblanayotgan mashinaning kattaliklari va sxemasi mavjud bo‘lishi kerak;
-gidroyuritma va unga qo‘yilgan talablar haqida aniq tasavvurga ega bo‘lishi kerak;
-gidroyuritmaning sxemasi mavjud bo‘lishi kerak.

YUqoridagiga asoslanib gidroyuritmaning gidravlik hisobini bir necha masalalar echimi yordamida ko‘rib chiqamiz.

MASALALAR

1 - Masala.

1.Agar ish qismining og‘irligi $G = 50000$n, ish qismini ko‘tarish balandligi h=0,8m, valning aylanishlar soni $\eta = 1450$ayl/min va ish suyuqligi MG-30 moyi bo‘lsa, buldoo‘er ishini boshqaradigan gidroyuritmaning asosiy kattaliklari aniqlansin.

1. Gidroyuritma uchun nasos tanlaymiz.

Echimi: 1. Kerakli quvvat miqdoriga qarab gidroyuritmaning ishlashi uchun shesternayali nasos qabul qilamiz.

2. Ish suyuqligi asosida, nasos burchak tezligini $\vartheta = 5$m/s qabul qilib, shesternya diametrini aniqlaymiz.

$$d = \frac{\vartheta \cdot 60}{\Pi \cdot n} \cdot \frac{5 \cdot 60}{3{,}14 \cdot 1450}$$

Nasos ikkita bir xil diametrli (d=7,0 sm) shestrnyadan iborat va tishlar soni z=12 ta deb qabul qilamiz. U holda tishlanish moduli

$$m = \frac{d}{z} = \frac{7}{12} \approx 0{,}6 см.$$

bo‘lib tishlar e’ni

$$в = 0{,}5 \cdot z \cdot m = 0{,}5 \cdot 12 \cdot 0{,}6 = 3{,}6 см.$$

teng bo‘ladi.

3.Nasos sarfi

$$Q = 0{,}0011 \Pi \cdot z^2 \cdot m^3 \cdot n \cdot \eta = 0{,}0011 \cdot 3{,}14 (12)^2 \cdot (0{,}6)^2 1450 \cdot 0{,}8 = м/с.$$

bu erda: $\eta_Q - хажмий \eta_Q = 0{,}8$

4.Katalogdan (3) sarfi $Q = 125$ l/min va bosimi $P = 2{,}5$ kg/sm^2 bo‘lgan SH-25 tamg‘ali nasos tanlab olamiz.

2.Gidroyuritma quvurni hisoblaymiz.

1. Ma’lumki, suyuqlikning quvurdagi tezlik 3,5+6,0 m/s oraliq bo‘lganligi sabali $\vartheta = 4{,}0 м/с.$ qabul qilib, quvur diametrini hisoblaymiz:

$$A = \frac{Q}{\vartheta} = 5{,}2 см^2 = 5{,}2 \cdot 10^{-4} м.$$

bu erdan quvur diametri

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \omega}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5{,}2}{3{,}14}} = 2{,}6 см = 0{,}026 м$$

3.Gidrotsilindrni hisoblash.

Buldozer gidrotizmda shesternyali nasos va ikkita porshenli gidrodvigatel mavjud.

1. (7) formuladan gidrotsilindr porshenining yuzasi, gidravlik FIK $\eta_r = 0{,}93$ bo‘lganda

$$S_n = \frac{G}{2P \cdot \eta_r} = \frac{2500}{0{,}25 \cdot 0{,}93} = 108 см^2$$

U holda porshen diametri

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot S_n}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 108}{3{,}14}} = 11{,}6 см$$

Aniqlangan diametri standart $d_n = 150 мм$ qabul qilamiz. U holda shtok diametri $\frac{d_\omega}{d_n} = 0{,}5;\ d\omega = 75 мм.$ (10) formuladan ishchi qismining ko‘tarilish tezligi

$$\vartheta = \frac{Q_1}{S_n}$$

S_n - porshenning foydali yuzasi

$$S_n = \frac{\pi \cdot d^4}{4} = 117 см^2$$

$$\vartheta_1 = 0{,}059 м/с$$

Ishchi qismining ko‘tarilish vaqti (V) formuladan

$$t_1 = \frac{L}{\vartheta_1} = \frac{0{,}8}{0{,}059} = 13{,}5с$$

L - porshenning siljish yo‘li, L =0,8=n

(3) formuladan, gidrotsilindr quvvati

$$N = Q \cdot \mathrm{P} = \frac{F \cdot \vartheta_1}{102}; кВт$$

F -porshenga ta’sir etayotgan kuch, mexanik FIK $\eta_м = 0{,}93$ bo‘lganda

$$F = \mathrm{P} \cdot S_n \cdot \eta_м \cdot \eta_г = 3820 кг$$

U holda

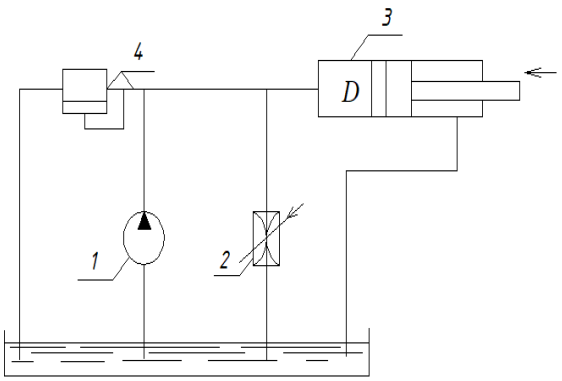
$$N = 2{,}2 кВт$$

2 - Masala:

2. Agar drossel teshigining yuzasi S_0=0,05 sm^2, sarf koeffitsienti $\mu = 0{,}62$ nasos sarfi Q=0,5 l/s va suyuqlik zichligi $\rho = 900 кг/м^3$. Gidrotsilindr shtokiga qo‘yilgan kuch F=1200n; porshen diametri D=40 mm. Quvurda yo‘qolgan energiya hisobga olinmasin. Nasos berayotgan bosim miqdori va porshen tezligi aniqlansin.

1-Rasmda xajmiy gidroyuritmaning oddiy sxemasi keltirilgan.

Klapan 4 yopiq



1 - Rasm

1-nasos; 2-drossel; 3-gidrotsilindr; 4-klapan.

Echimi: 1. (7) formuladan nasos berayotgan bosim miqdori:

$$\mathrm{P} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2} = \frac{F}{0{,}785 D^2} = \frac{1200}{0{,}785(0{,}04)^2} = 0{,}06 МПа$$

2.Sxemadan ko‘rinadiki, drossel sistemaga parallel ulangan u holda (8) formula asosida porshenning tezligi

$$\vartheta_1 = \frac{1}{S_n}(Q = S_n\sqrt{\frac{2F}{\rho \cdot S_n}} = \frac{1}{0{,}785\cdot(0{,}04)^2} = \times(0{,}5\cdot10^{-3} - 0{,}62\cdot0{,}05\cdot10^{-4}$$

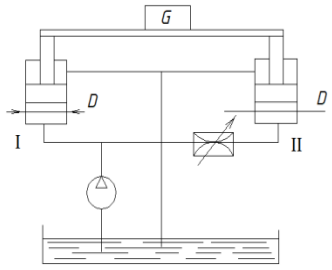
$$\sqrt{\frac{2}{900}}\cdot\frac{1200}{0{,}785(0{,}04)^2} = 0{,}28м/с$$

Javob: $P = 0{,}96мПа; \vartheta = 0{,}28м/с$

3 - Masala:

3.G-yukni $\vartheta = 0{,}15м/с$ tezlik bilan ko‘tarish uchun diametri d=100 mm bo‘lgan ikkita gidrotsilindrdan foydalaniladi. YUk shunday qo‘yilganki, silindr shtokiga ta’sir etayotgan kuch $F_1 = 8кн;$ 2-gidrotsilindr shtokiga ta’sir etayotgan kuch $F_2 = 5кн;$ quvur diametri d=10 mm, suyuqlik zichligi $\rho = 900кг/м^3$ bo‘lsa, platforma yukni bir xil ko‘tarilishi uchun drosselning maxalliy qarshilik koeffitsienti ξ – qancha bo‘lishi kerak.

Ishqalanishda yo‘qolgan energiya hisobga olinmasin (2-rasm).



Echimi: Platforma bir xil ko‘tarilishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak.

$$P_1 = P_2 + \Delta P$$

bu erda: $P_1 - I$ -gidrotsilindrdagi bosim;

$P_1 - II$ gidrotsilindrdagi bosim:

2 - Rasm.

$$P_1 = \frac{F_1}{0{,}785\cdot D^2} = \frac{6}{0{,}785(0{,}1)^2} = 762{,}4кПа$$

$$P_2 = \frac{F_2}{0{,}785\cdot D^2} = \frac{5}{0{,}785(0{,}1)^2} = 635{,}3кПа$$

ΔP - drosselda yo‘qolgan bosim miqdori.

$$\Delta P = 0{,}5\cdot\rho\cdot\xi_g\cdot\vartheta^2$$

ϑ-quvurdagi suyuqlik tezligi, uzilmaslik tenglamasidan

$$\vartheta = (\frac{D}{d})^4\cdot\vartheta_n^2$$

Aniqlangan xadlarni (1) tenglamaga qo‘yib, ξ_g-ni aniqlaymiz:

$$\xi_g = \frac{P_1 - P_2}{0{,}5\cdot\rho\cdot\vartheta^2} = 1{,}24$$

Javob: $\xi_g = 1{,}24.$

4 - Masala:

4. Agar gidrotsilindr porshenning diametri d=100 mm, foydali yuzasi $S_n = 80см^2$, siljish yo‘li L=250 mm, foydalanayotgan nasos tamg‘asi NSH-32,

aylanishlar chastatasi n=1500 ayl/min. Xajmiy FIK $\eta_Q = 0{,}9$ bo‘lsa, gidrotsilindr yordamida mashina ish organini ko‘tarish vaqti aniqlansin.

Echimi: 1. Gidrodvigatel silindriga kelayotgan suyuqlik xajmi.

$$V = S_n \cdot L = 80 \cdot 25 = 2000 см^3 = 2 л$$

2. Nasos berayotgan xaqiqiy suyuqlik sarfi

$$Q_x = V \cdot n \cdot \eta_Q = 0{,}032 \cdot 1500 \cdot 0{,}9 = 43 л/мин = 0{,}72 л/с$$

$$M = 1{,}59 \frac{\mathrm{P} \cdot V}{\eta_м} = \frac{1{,}59 \cdot 10^3 \cdot 0{,}032}{0{,}93} = 53 нм.$$

3.Mashinaning ko‘tarish vaqti

bu erda:

$$t = \frac{V}{Q_x} = \frac{2}{0{,}72} = 2{,}8 с$$

Javob: t=2,8 $м$.

5 - Masala:

5. Agar gidrotsilindr shtokiga qo‘yilgan kuch $F = 8 \cdot 10^4 H$, foydalanayotgan nasos tamg‘asi NSH-32, mexanik FIK $\eta_м = 0{,}93$ aylanishlar chastotasi $n = 1500$ayl/min, porshen yuzasi $S_n = 80 см^2$, nasos FIK $\eta = 0{,}8$ bo‘lsa, nasosni harakatga keltiruvchi quvvat va moment miqdorini aniqlang.

Echimi: 1. Gidrotsilindr silindridagi bosim (7) formuladan

$$\mathrm{P} = \frac{F}{\delta_n} = \frac{8 \cdot 10^4}{8} = 1000 H/см^2 = 100 МПа.$$

2. Nasos validagi aylantiruvchi moment (14) formuladan

$$M = 1{,}59 \frac{\mathrm{P} \cdot V}{\eta_м} = \frac{1{,}59 \cdot 10^3 \cdot 0{,}032}{0{,}93} = 53 Нм.$$

3. Nasosni harakatga keltiruvchi quvvat (3) formuladan
bu erada:

$$N_н = \frac{\mathrm{P} \cdot Q}{612 \cdot \eta} = \frac{10^3 н/см^2 \cdot 43 л/мин}{612 \cdot 0{,}8} = 8{,}75 кВт$$

Javob: M=53 n m: $N_н$ =8,75 kVt.

6 - Masala:

1. Agar shesternyaning boshlang‘ich diametri $d_н = 66 мм$, shesternya e’ni $в = 33 мм$ va bosimlar farqi $\mathrm{P}_н = 70 кгс/см^2$. shesternya diametri $d_t = 76 мм$ va tishlargacha bo‘lgan diametri $d_r = 56 мм$ (m 5 $мм$ -tishlanish moduli). SHesternyali gidromotorning kattaliklarini hisoblang.

Echimi: 1. Gidromotorning ishchi hajmi:

$$V = (\frac{\pi \cdot d_t^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_t}{4}) в = 0{,}785(76^2 - 56^2) \cdot 33 = 67 см^2$$

2.Gidromotor validagi moment

$$M = \frac{V \cdot \mathrm{P}}{2\pi} = \frac{67 \cdot 70}{2 \cdot 3{,}14} = 7{,}6 кг.км = 76 нм$$

3. Gidromotor quvvati:

$$N = \frac{\mathrm{P} \cdot V \cdot n}{45 \cdot 10^4} = \frac{70 \cdot 67 \cdot 1200}{45 \cdot 10^4} = 9{,}4 кВт$$

Mexanik FIK $\eta_м = 0{,}85$ bo‘lganda gidromotor foydali quvvati

$$N_ф = N \cdot \eta_м \approx 8 кВт.$$

4. Gidromotor sarfi (10) formuladan

$$Q = V \cdot n = \frac{67 \cdot 1200}{1000} = 80{,}5 л/мин.$$

5. Gidromotor FIK

$$\eta = \frac{N_ф}{N_k} = \frac{10{,}9 \cdot 75 \cdot 100 \cdot 0{,}9}{10 \cdot 80{,}5 \cdot 70} = 0{,}795$$

7 - Masala:

7. Agar boshqaruvchi drossel ko‘ndalang kesim yuzasi $S_0 = 3мм.$ gidrosistemadagi bosim P=12 MPa, porshen yuzasi $S_n = 25см.$ drosselning sarf koeffitsienti $\mu = 0{,}7$ va suyuqlikning xajm og‘irligi $\gamma = 0{,}85кгк/с^3$ bo‘lsa, gidrotsilindr shtokiga qo‘yilgan kuch va uning tezligini aniqlang.

Echimi: 1. Gidrotsilindr shtokiga qo‘yilgan kuch

$$F = \mathrm{P} \cdot S_n = 12 \cdot 16^6 \cdot 2{,}5 \cdot 10^3 = 3 \cdot 10^4$$

2. SHtok tezligini quyidagicha aniqlaymiz:

$$\vartheta = \frac{Q_{gp}}{S_n}; м/с$$

bu erda Q_{gp} -drosselda o‘tayotgan suyuqlik sarfi

$$\vartheta = \frac{S_{gp}}{S_n} \mu \sqrt{2\frac{\mathrm{P}}{\rho}} = 0{,}7 \frac{3 \cdot 10^{-6}}{2{,}5 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\frac{2 \cdot 12 \cdot 16}{850}} = 0{,}045 м/с$$

Javob: $F = 3 \cdot 10^4$; $\vartheta = 45 мм/с$

8-Masala:

8. Agar gidrotsilindrga qo‘yilgan kuch $F = 22 \cdot 10^3 H,$ shtok tezligi $\vartheta = 10\ см/с$ porshen yuzasi $S_n = 14см,$ ishqalanish kuchi $F_n = 1200н.$ bo‘lsa, gidrotsilindrga berayotgan quvvatni hisoblang.

Echimi: 1.Foydali quvvat (3) formuladan

$$N = \frac{F \cdot \vartheta}{75} = \frac{2200 \cdot 10}{100 \cdot 75} = 3 отк уч и = кВт$$

2. Suyuqlik sarfi

$$Q = S_n \cdot \vartheta = 10 \cdot 14 = 140 см^3/с = 8{,}4 л/мин$$

3. Suyuqlik bosimi

$$\mathrm{P} = \frac{F \cdot F_n}{S_n} = \frac{22 \cdot 10^3 + 1{,}2 \cdot 10^3}{14 \cdot 14^{-4}} = 16{,}6 \cdot 10^6 H/м^2$$

4. Gidrotsilindrdagi suyuqlik tomonidan uzatilayotgan quvvat.

$$N = \frac{\mathrm{P} \cdot Q}{450} = \frac{166 \cdot 8{,}4}{450} = 3{,}1 отк уч и = 2{,}3 кВт$$

Javob: $N = 2{,}3кВт.$

9 - Masala:

9. Agar gidromotor ish xajmi $V_r = 0{,}046л.$ Gidromotorga suyuqlik NSH-32 tamg‘ali nasos orqali uzatiladi. Gidromotorning xajmiy FIK $\eta_Q = 0{,}9,$ aylanishlar chastatasi $n_н = 1500айл/мин$ bo‘lsa, gidromotorning aylanish chastotasini aniqlang.

Echimi: 1. Gidromotorning nazariy aylanishlar chastotasi (17) formuladan

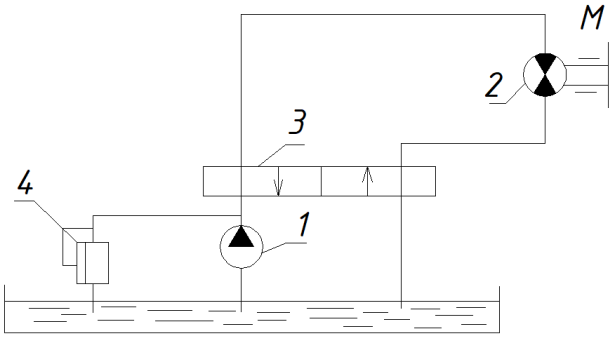
$$n_r = \frac{V_n \cdot n_н}{V_r} = \frac{0{,}032 \cdot 1500}{0{,}046} = 1040айл/мин.$$

2. Gidromotorning haqiqiy aylanishlar chastotasi

$$n_{гх} = n_r \cdot \eta_{Qr} \cdot \eta_{QH} = 1040 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}9 = 840айл/мин.$$

Javob: $n_{гх} = 840$ ayl/min.

10. Agar valdagi moment miqdori Mh5700 nm aylanishlar chastotasi $n = 10{+}80$ gacha o‘zgarsa, gidravlik sxemada keltirilgan (3-rasm) gidroyuritma uchun nasos va gidromotor tanlang



1-nasos;
2-gidromotor;
3-taqsimlagich
4-klapan

3 - Rasm

Echimi: 1. Berilgan boshlang‘ich shartlar asosida gidrosistemadagi bosim miqdorini $P = 160\frac{кгк}{см^2}$ va ish xajmi $V_r = 2{,}5л$ bo‘lgan radkal-porshenli gidromotor tanlab olamiz.

2. Gidromotordagi suyuqlik sarfining ($Q_{\max}$) maksimal miqdori:

$$Q_{\max} = \frac{V \cdot n_{\max}}{\eta_Q} = \frac{2{,}5 \cdot 80}{0{,}98} = 20{,}5л/мин = 3{,}4 \cdot 10^{-3} м^3/с$$

minimal miqdori

$$Q_{\min} = \frac{V \cdot n_{\min}}{\eta_Q} = \frac{2{,}5 \cdot 80}{0{,}98} = 25{,}5л/мин = 0{,}42 \cdot 10^{-3} м^3/с$$

3. Xajmiy yo‘qolishni hisobga olmaganda gidromotor va nasos sarfi teng ($Q_H = Q_r$) bo‘ladi.

Sistemadagi bosim miqdori ($P = 160\frac{кгк}{см^2}$) va gidromotor sarfiga qarab () katologdan aksial-porshenli nasos tanlaymiz:

$Q_r = 204л/мин$ Tanlangan nasosning ish xajmi $V_H = 0{,}16л,$ sarfi $Q = 212$ d/min, va aylanishlar chastotasi $n_н = 1500айл/мин.$

4. Gidromotordagi bosim miqdori (14) formuladan aniqlaymiz.

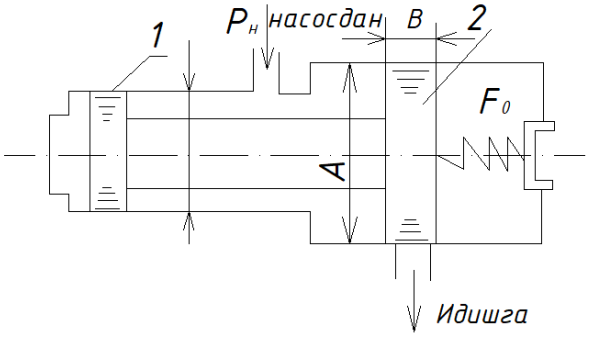
$$P_r = \frac{2\pi \cdot м \cdot \eta_Q}{V_r \cdot \eta_м} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 5700 \cdot 0{,}98}{0{,}0025 \cdot 0{,}94} = 149 \frac{кгк}{м^2}$$

5. Nasos validagi maksimum quvvat (gidromagistralda yo‘qolgan energiyani hisobga olmasa $P_н = P_r$

$$N_{нм} = \frac{P_н \cdot Q_{\max}}{\eta} = \frac{14{,}9 \cdot 10^6 \cdot 204}{0{,}88 \cdot 60} \approx 58 кВт$$

Javob: Xajmiy gidroyuritmaning ishini ta’minlash uchun aksial-porshenli nasos va radial-porshenli gidromotor olamiz.

11-Masala: Agar nasos berayotgan bosim $P_н = 0{,}8 МПа$ bo‘lib, klapan diametrlari: D=24 mm; prujinaning bikirligi S=6 n/mm bo‘lsa, differensial klapan ochilishini ta’minlaydigan prujinaning boshlang‘ich siqilishini aniqlang.



4 - Rasm

Echimi:
1-porshenga ta’sir etayotgan bosim kuchini aniqlaymiz:

$$\rho_1 = P_н \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}8 мПа \cdot 0{,}785 d^2 = 0{,}8 \cdot 0{,}785 (0{,}018)^2 = 0{,}0002 м.Н.$$

2. porshenga ta’sir etayotgan bosim kuchini aniqlaymiz:

$$\rho_2 = P_н \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}8 \cdot 0{,}785 (0{,}024)^2 = 0{,}00036 м.Н.$$

U holda prujinaga ta’sir etayotgan bosim kuchi:

$$_A\rho = \rho_2 - \rho_1 = 0{,}00016 м.Н. = 16 Н.$$

Muvozanat tenglamasidan:

$$_\Delta\rho = F_0$$

bu erda: F_0-prujinaning bikirlik kuchi:

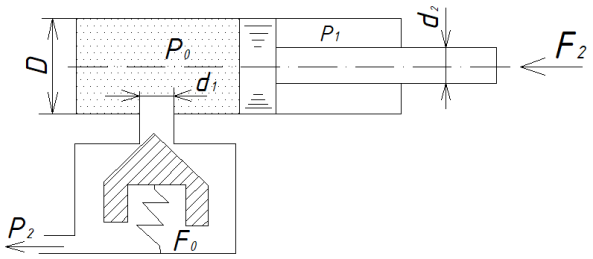
$$F_0 = cx,\ x = \frac{F}{c} = \frac{160 Н}{6 Н / мм} = 26{,}6 мм$$

Javobi: $x = 26{,}6 мм$

12 - Masala:

12. Agar klapanga o‘rnatilgan prujinadagi bikirlik kuchi F_0=100N bo‘lib, bosimi $P_2 = 0{,}2$ MPa bo‘lsa. Klapan teshigining diametri $d_1 = 10 мм$, shtokining diametri $d_2 = 40 мм$, va gidrotsilindr shtoki tomonidagi bosim $P_1 = 1{,}0$ MPa teng.

Diametri D=80 $мм$ bo‘lgan porshenning shtoki qo‘yilgan F_2 kuchning minimum miqdorini aniqlang:



5 - Rasm.

Echimi:

1.Suyuqlik tomonidan klapanga ta’sir etayotgan kuchni aniqlaymiz:

$$\rho = F_0 + \mathrm{P}_2 \cdot S_1; x_1 S_1 = \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}785 d^2$$

$$\rho = F_0 + \mathrm{P}_2 = 0{,}785 d^2;$$

2. Muvozanat tenglamasini tuzib, shtokga qo‘yilgan kuchning minimum miqdorini aniqlaymiz:

$$\mathrm{P}_0 = S_0 - P_1 \cdot S_1 - F = 0$$

bu erda: S_0-porshenning yuzasi:

$$S_1 = S_0 - S_2 = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}785(D^2 - d_2^2)$$

$$\mathrm{P}_0 = \frac{\rho}{S_0} = 1470648 H / м^2$$

Hadlarni tuzilgan tenglamaga qo‘yib, kuchning son qiymatini hisoblaymiz:

$$F = \rho - \mathrm{P}_1 \cdot 0{,}785(D^2 - d^2) = 1470648 \cdot 0{,}785(0{,}08)^2 - 1 \cdot 10^6 (0{,}08^2 - 0{,}04^2) \cdot 0{,}785 = 3629 H \approx 3{,}63 кн$$

Javobi: 3,63kn.

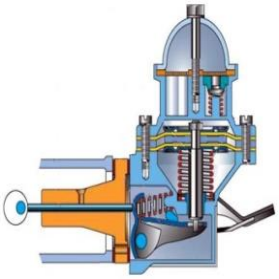
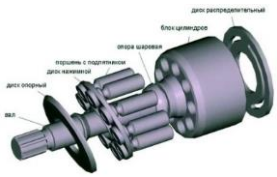
TESTLAR

Test topshirig'i	A	B	C	D
Suyuqlikning zichligi qanday aniqlanadi?	$\rho = \frac{m}{V}$	$\gamma = \frac{G}{V}$	$\gamma = \rho g$	$\beta_C = -\frac{1}{W}\frac{dW}{dp}$
Suyuqlikning solishtirma og'irligini aniqlash formulasi?	$\rho = \frac{m}{V}$	$\beta_C = -\frac{1}{W}\frac{dW}{dp}$	$\gamma = \frac{\rho}{g}$	$\gamma = \frac{G}{V}$
Suyuqlikning siqiluvchanligini aniqlash formulasi?	$\gamma = \frac{\rho}{g}$	$\beta_{t^0} = \frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta t}$	$\rho = \frac{m}{V}$	$\beta_C = -\frac{1}{W}\frac{dW}{dp}$
I.N'yuton gipotezasi to'g'ri yozilgan javobni ko'rsating?	$\gamma = \frac{G}{V}$	$T = \mu\omega\frac{du}{dn}$	$\rho = \frac{m}{V}$	$\beta_C = -\frac{1}{W}\frac{dW}{dp}$
Suyuqlikning harorat ta'sirida kengayishini aniqlash formulasi?	$\beta_{t^0} = \frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta t}$	$\beta_C = -\frac{1}{W}\frac{dW}{dp}$	$\rho = \frac{m}{V}$	$\gamma = \frac{\rho}{g}$
Kinematik yopishqoqlik koeffitsenti bilan dinamik yopishkoqlik koeffitsentining farqi qaysi kattalikka bog'liq?	Zichlik	Og'irlik kuchi	Hajm	Ishqalanish koeffitsenti
Gidravlika fanining predmeti?	Gidravlika – suyuqlikning nisbiy tinch holat va harakat qonuniyatlarini o'rganadi va bu qonuniyatlarni texnikaga qo'llaydi	Gidravlika – tabiiy fanlardan biri bo'lib, suyuqlikning nisbiy tinch holat qonuniyatlarni o'rganadi	Gidravlika – suyuqlikning harakat qonuniyatlarini o'rganadi va bu qonuniyatlarni texnikaga qo'llaydi	Gidravlika – qattiq jismlarning harakat qonuniyatlarini o'rganadi va bu qonuniyatlarni texnikaga qo'llaydi
Manometrik bosim qanday aniqlanadi?	$p_m = p_{atm} - p_0$	$p_m = p_0 - p_{atm}$	$p_m = p_0 - \gamma h$	$p_m = p_0 + \gamma h$
Vakuummetrik bosim qanday aniqlanadi?	$p_v = p_0 + \gamma h$	$p_v = p_0 - p_{atm}$	$p_v = p_0 - \gamma h$	$p_v = p_{atm} - p_0$
P'ezometrik balandlik qanday aniqlanadi?	$h_A = \frac{p_A}{\gamma}$	$h_A = \gamma h$	$h_A = p_A\gamma$	$h_A = p_A$
Vakuummetrik balandlik qanday aniqlanadi?	$h_v = \frac{p_a - p_A}{\gamma}$	$h_v = \gamma h$	$h_v = p_A\gamma$	$h_v = p_A$
Tutash idishlar qonuni to'g'ri yozilgan javobni ko'rsating	$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}$	$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$	$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$	$\gamma_1 h_2 = \gamma_2 h_1$
Bosim o'lchovchi suyuqlikli asboblarni ko'rsating	P'ezometr	Prujinali vakuummetr	Prujinali manometr	Gidravlik press
Gidrostatika bo'limi nimani o'rgatadi?	Suyuqlikning muvozanat qonunlarini o'rganib, texnikaga tadbiq etishini o'rgatadi	Suyuqlik harakat qonunlarini o'rganib, texnikaga tadbiq etishni o'rgatadi	Suyuqliklarni xossalarini o'rganib, texnikaga tadbiq etishni o'rgatadi	Muvozanatdagi suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlarni o'rgatadi
Suyuqlikda bosimning uzatilishi qaysi qonun orqali ifodalanadi?	Arximed qonuni	Paskal' qonuni	Eyler qonuni	N'yuton qonuni
Manometrik bosim qachon nolga teng bo'ladi?	Hamma vaqt	Absolyut bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lsa	Absolyut bosim atmosfera bosimiga teng	Absolyut bosim atmosfera bosimidan katta

			bo’lsa	bo’lsa
Gidrostatikaning asosiy tenglamasi qaysi kuchlar hisobga olinganda to’g’ri bo’ladi?	Faqat og’irlik kuchini	I shqalanish kuchini, og’irlik kuchini	Inertsiya kuchini, og’irlik kuchini	Faqat ishqalanish kuchini
Qaysi ma’lumot Paskal’ qonunini ifodalaydi?	Suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil miqdorda o’zgarishsiz uza-tiladi	Suyuqlikka botirilgan jismga siqib chiqaruvchi kuch ta’sir qilib, bu kuchning kattaligi botirilgan jism siqib chiqargan suyuqlik hajmiga teng bo’ladi	Gidrostatik bosim u ta’sir qilayotgan yuzaga normal bo’yicha yo’nalgan bo’ladi	Gidrostatik bosim u ta’sir qilayotgan yuzaga vertikal yo’nalgan bo’ladi
Vakuummetr 0,5 *at* ni ko’rsatyapti, absolyut bosim qanchaga teng?	$0{,}5\,\frac{kgk}{sm^2}$	$1{,}2\,\frac{kgk}{sm^2}$	$0{,}8\,\frac{kgk}{sm^2}$	$1\,\frac{kgk}{sm^2}$
Muvozanatdagi suyuqlikning berilgan nuqtasidagi og’irlik bosimi umumiy holda nimaga teng?	Absolyut gidrostatik bosimdan suyuqlik erkin satxidagi bosimning ayirmasiga teng	Absolyut gidrostatik bosimdan vakuummetrik bosimning ayirmasiga teng	Absolyut gidro-statik bosimdan shu nuqtadagi manometrik bosimning ayirmasiga teng	Erkin satxdagi gidrostatik bosimdan atmosfera bosimining ayirmasiga teng
Qaysi formula gidrostatikaning asosiy formulasi?	$z+\frac{p}{\gamma}=const$	$z_1+\frac{p_1}{\gamma}>z_2+\frac{p_2}{\gamma}$	$z_1+\frac{p_1}{\gamma}<z_2+\frac{p_2}{\gamma}$	$p=\rho gh$
Ixtiyoriy nuqtadagi bosimni qaysi formula orqali hisoblash mumkin?	$p=p_0+\rho gh$	$p=p_0+gh$	$p=\rho gh$	$p=p_0-\rho gh$
Gidrostatik bosim qiymati yo’nalishga bog’liqmi?	Yo’q, bog’liq emas	Ha, bog’liq	Ba’zan bog’liq, ba’zan yo’q	Harakat mavjud bo’lganda
1 $\frac{kgk}{sm^2}$ da texnik atmosfera …	1,0 *at*	0,5 *at*	1,5 *at*	2,0 *at*
Muvozanatdagi suyuqlikning berilgan nuktasidagi ogirlik bosimi umumiy xolda nimaga teng?	Absolyut gidrostatik bosimdan suyuqlik erkin satxidagi bosimning ayirmasiga teng	Absolyut gidrostatik bosimdan atmosfera bosimining ayirmasiga teng	Absolyut gidro-statik bosimdan shu nuktadagi manometrik bosimning ayirmasiga teng	Erkin satxdagi gidrostatik bosimdan atmosfera bosimining ayirmasiga teng
Quvurdagi bosim 200 *kPa* Manometr qanchani ko’rsatyapti (atmosfera bosimi 100 *kPa* ga teng)?	$100kPa$	150*kPa*	0,5 *at*	0,2 *at*
Quvurdagi bosim 50 *kPa* Vakummetr qanchani ko’rsatyapti (atmosfera bosim 100 *kPa* ga teng)?	0,5 *at*	$20\cdot10^3\,\frac{N}{m^2}$	100*kPa*	1,2 *at*
Suv quvuriga ulangan manometr 0,2 $\frac{kgk}{sm^2}$ ni ko’rsatayapti. Quvurdagi p’ezometrik naporni aniqlang	200 *sm*	0,04 *m*	$700\,\frac{kgk}{sm^2}$	200 *mm*
Suv quvuriga ulangan p’ezometr ko’rsatkichi h_p=70*sm*. Quvurdagi bosimni aniqlang	$400\,\frac{N}{m^2}$	$7000\,\frac{N}{m^2}$	$300\,\frac{kg/s}{sm^2}$	$50\,\frac{gk}{sm^2}$
***N* va *kgk* orasidagi bog’liqlikni aniqlang**	1 *kgk* = 9,81 *N*	1 *kgk* = 0,5 *N*	1 *kgk* = 0,1 *N*	1 *kgk* = 2 *N*
Gidrostatik bosim kuchi analitik usulda qanday hisoblanadi?	$P=p_0-\gamma h$	$P=W_{b.e}=S_{b.e}b$	$P=p_0+\gamma h$	$P=\gamma h_C\omega=p_C\omega$
Gidrostatik bosim kuchi				

grafonalitik usulda qanday hisoblanadi?	$P = p_0 + \gamma h$	$P = \gamma h_C \omega = p_C \omega$	$P = W_{b.e} = \Omega_{b.e} b$	$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$
Vater chizig'i deb nimaga aytamiz?	Suzish tekisligi bilan jism sirtining kesishish chizig'i	Suzayotgan jism normal holatda uning o'rtasidan o'tgan 00 o'qi	Jism yon devori-ning erkin sirt bilan kesishishi	Suzish tekisligiga perpendikulyar bo'lgan chiziq
Arximed kuchi to'g'ri yozilgan javobni ko'rsating	$G = P = \gamma W$	$G = \gamma\omega$	$F = \gamma WS$	$F = m\upsilon$
Bosim markazi deb nimaga aytiladi?	Gidrostatik bosim kuchining teng ta'sir etuvchisi qo'yilgan nuqtasiga	Yuza diagrammalari kesishgan nuqtasiga	Yuzaning egrilik markaziga qo'yilgan bosimga	Qo'yilgan bosimning proektsiyasiga
Qachon bosim markazi bilan shakl og'irlik markazi ustma-ust tushadi?	Tekis shakl gorizontal bo'lsa	Tekis shakl vertikal holatda bo'lsa	Shakl qavariq bo'lsa	Shakl botiq bo'lsa
Egri sirtga ta'sir etuvchi kuch qanday aniqlanadi?	$P = W_{b.e} = \Omega_{b.e} b$	$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$	$P = \gamma h_C \omega = p_C \omega$.	$P = p_0 + \gamma h$
Gidrostatik paradokc deb nimaga aytiladi?	Suyuqlikdagi bosim uning shakliga va xajmiga emas, balki chukurligiga bog'liq bo'lish xodisasi gidrostatik paradokc deyiladi	Suyuqlikdagi bosim idishning shakliga bog'liq bo'lish xodisasi gidrostatik paradokc deyiladi	Suyuqlikdagi bosim idishning shakliga va xajmiga bog'liq bo'lish xodisasi gidrostatik paradokc deyiladi	Suyuqlikdagi bosim idishni xajmiga bog'liq bo'lish xodisasi gidrostatik paradokc deyiladi
Suyuqlikda jismlarning suzishi qaysi qonunga asoslangan?	Arximed qonuni	Paskal' qonuni	Bord qonuni	N'yuton qonuni
Vertikal devordagi bosim markazi bu	Bosim epyurasining og'irlik markazi	Gidrostatik bosim qo'yilgan nuqta	Gidrostatik bosim kuchining yuza og'irlik markaziga qo'yilgan nuqtasi	Og'irlik markazining ekstsentrisetdan siljishi
Egri sirtga ta'sir etuvchi kuchning gorizontal o'qqa nisbatan qiyaligi	$\alpha = arctg \frac{P_z}{P_x}$	$\alpha = arctg \frac{P_x}{P_я}$	$\alpha = tg \frac{P_z}{P_x}$	$\alpha = tg \frac{P_x}{P_я}$
Bosim tanasini aniqlash nima uchun kerak?	Egri sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini vertikal tashkil etuvchisini aniqlash uchun	Egri sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini gorizontal tashkil etuvchisini aniqlash uchun	Vertikal' sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlash uchun	Gorizontal sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlash uchun
Qaysi holatda gidravlik radius quvur radiusining yarmiga teng?	Silindrik trubalarda suyuqlik to'lib oqqanda	To'g'ri to'rtburchakli novlarda suyuqlik oqqanda	Suyuqlik trapetsiadal novlarda oqqanda	Suyuqlik uchburchak novlarda oqqanda
Taqqoslash tekisligi bilan erkin sirt ustma-ust tushadimi?	Ustma-ust tushadi	Ustma-ust tushmaydi	Laminar harakat rejimida	Suyuqlik harakatlanganda
Gidrodinamika bo'limi nimani o'rgatadi?	Suyuqlik harakat qonunlarini o'rganib, texnikaga tadbiq etishni o'rgatadi	Suyuqlikning muvozanat qonunlarini o'rganib, texnikaga tadbiq etishini o'rgatadi	Suyuqliklarni xossalarini o'rganib, texnikaga tadbiq etishni o'rgatadi	Muvozanatdagi suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlarni o'rgatadi
Qaysi formula sarfni hisoblash formulasi?	$Q = \upsilon\omega$	$Q = \frac{\upsilon}{t}$	$Q = \omega\rho$	$Q = \mu_T \omega\sqrt{2g}$
Uzluksizlik tenglamasini ko'rsating?	$\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$	$\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$	$\upsilon_1\omega_2 = \upsilon_2\omega_1$	$Q_1 \neq Q_2$
Oqimning o'rtacha tezligi qanday aniqlanadi?	$h_м = \zeta_м \frac{\upsilon^2}{2g}$	$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{\upsilon^2}{2g}$	$Q = \omega\upsilon$	$\upsilon = \frac{Q}{\omega}$

Shezi koeffitsienti qanday aniqlanadi?	$C=\sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$	$\upsilon=\frac{Q}{\omega}$	$Q=\omega\upsilon$	$h_м=\zeta_м\frac{\upsilon^2}{2g}$
Gidravlik radius qaysi formulada to'g'ri ko'rsatilgan?	$R=\frac{\omega}{\chi}$	$R=\frac{\chi}{\omega}$	$\omega=ab$	$\chi=2(a+b)$
Uchburchak shakldagi kanalning harakatdagi kesim yuzasi qanday hisoblanadi?	$\omega=mh^2$	$\omega=ph^2$	$\omega=mh$	$\omega=ph$
To'g'ri to'rtburchak shakldagi kanalning harakatdagi kesim yuzasi qanday hisoblanadi?	$\omega=mh^2$	$\omega=bh$	$\omega=ph^2$	$\omega=mh$
Kvadrat quvurning tomoni $a=20$ ***sm*** **Xo'llangan perimetrni aniqlang?**	08 *m*	8 *m*	8 *sm*	80 *mm*
Nasosning so'ruvchi quvuri qaysi quvurlar turiga kiradi?	Uzun quvurlar	Qisqa quvurlar	Murakkab quvurlar	Uzun va qisqa quvurlar
Gidromashinalar deb nimaga aytiladi?	Suyuqlik energiyasidan foydalanuvchi va suyuqlik energiyasini o'zgartiruvchi mashinalarga gidromashinalar deyiladi.	Suyuqlik energiyasidan foydalanuvchi mashinalarga gidromashinalar deyiladi.	Suyuqlik energiyasini o'zgartiruvchi mashinalarga gidromashinalar deyiladi.	Suyuqlikka energiya beruvchi mashinalarga gidromashinalar deyiladi.
Nasoslar deb nimaga aytiladi?	Suyuqlik energiyasini o'zgartirish bilan suyuqlik uzatuvchi mexanizmlarga aytiladi.	Suyuqlik energiyasidan foydalanuvchi mashinalarga nasoslar deyiladi.	Muvozanatdagi suyuqlik qonunlari asosida ishlaydigan mashinalarga nasoslar deyiladi.	Suyuqlik energiyasini elektrik energiyasiga aylantiruvchi mashinalarga nasoslar deyiladi.
Dinamik nasoslar qanday nasoslar?	Suyuqlik kinetik energiyasini o'zgartiruvchi nasoslar	Suyuqlik patentsial energiyasini o'zgartiruvchi nasoslar	Suyuqlik ichki va patentsial energiyasini o'zgartiruvchi nasoslar	Suyuqlik patentsial va kinetik energiyasini o'zgartiruvchi nasoslar
Hajmiy nasoslar deb nimaga aytiladi?	Suyuqlik patentsial energiyasini o'zgartiruvchi nasoslar	Suyuqlik ichki va kinetik energiyasini o'zgartiruvchi nasoslar	Suyuqlik patentsial va kinetik energiyasini o'zgartiruvchi nasoslar	Suyuqlik kinetik energiyasini o'zgartiruvchi nasoslar
Parrakli nasoslar deb qanday nasoslarga aytiladi?	Markazdan qochma,vixrli,diafragmali	O'qiy, struyali, porshenli	Markazdan qochma, o'qiy, dioganal	Diagoanal, plunjerli.

 **Chizmada nasosning qaysi turi tasvirlangan?**	*aksial-porshenli nasos*	*diafragmali nasos*	*porshenli nasos*	*shesternyali nasos*
 **Chizmada nasosning qaysi turi tasvirlangan?**	*aksial-porshenli nasos*	*diafragmali nasos*	*porshenli nasos*	*shesternyali nasos*
Chizmada nasosning qaysi turi tasvirlangan?	*aksial-porshenli nasos*	*plastinali nasos*	*porshenli nasos*	*shesternyali nasos*

GLOSSARIY

A

Arhimed qonuni - Suyuqlikka botirilgan jismga, suyuqlikning jism hajmidagi og'irlik kuchiga teng bo'lgan, vertikal yuqoriga yo'nalgan kuch ta'sir etadi. Bu holat Arhimed qonuni deb ataladi.

Anomal suyuqliklar - Nyutonning asosiy ichki ishqalanish qonunlariga bo`yinsunmaydigan suyuqliklarga nonyuton yoki anomal suyuqliklar deyiladi.

B

Barqaror (statsionar) harakat - deb, shunday harakatga aytiladiki, bunda suyuqlik harakatlanayotgan oblastning har qaysi nuqtalarida mahalliy tezliklar vaqt bo'yicha o'zgarmaydi.

Bingamo suyuqliklari - Qovushoq-plastik suyuqlikning xossasini ifodalaydi bog`lanishni amerikalik olim Bingamo o`rnatgan, shuning uchun bunday suyuqliklarni bingamo suyuqliklari deyiladi.

Bir o'lchamli harakat - deb, tezliklari faqat bir koordinataga bog'liq bo'lgan harakatga aytiladi. Bunday harakat bilan bog'liq gidravlik masalalar yechimida faqat bo'ylama koordinatalariga bog'liq o'rtacha tezliklardan foydalaniladi.

Ideal suyuqlik - bu suyuqlik modeli, ya'ni tabiatda va texnikada uchramaydigan ideallashtirilgan muhit. Biroq bu ideallashtirilgan muhit dinamika qonunlarini o'rganishda katta ahamiyat kasb etadi. Ideal suyuqliklar harakatida ichki ishqalanish kuchlari sodir bo'lmaydi, demak, oqimda urinma kuchlanishlar bo'lmaydi.

Bernulli tenglamasi - amaliy va nazariy jixatdan katta ahamiyatga ega bo`lib, u bosim bilan tezlikning bog'lanishini ifodalaydi. Har xil kesimlardagi z otmetkalarning o'zgarmasligi natijasida Bernulli tenglamasidan harakatlanayotgan suyuqlikning kerakli xossasi kelib chiqadi: tezlik oshishi bilan bosim kamayadi, tezlik kamayishi bilan esa bosim ortadi.

Bosim markazi - Gidrostatik bosim kuchning tekis devorni kesib o'tgan nuqtasiga , bosim markazi deyiladi.

D

Dinamik qovushoqlik - tezlik gradienti birga teng bo'lganda suyuqlik qatlamlari tekkan birlik yuzasiga to'g'ri keluvchi ishqalanish kuchi.

G

Gidravlik zarb - qisuvli quvuro'tkazgichda oqayotgan suyuqlik tezligining tez (bir onda) o'zgarishi natijasida (mas, zulfin tez yopilganda) suyuqlikda bosimning keskin ortishi.

Gidravlik radius - deb, oqim jonli kesimi yuzasining ho'llangan perimetri nisbatiga aytiladi

Gidrostatika – gidravlikaning bo'limi bo'lib, suyuqlik muvozanatining qonunlarini o'rganadi. Bu qonunlarni ko'rib chiqishdan oldin, tinch holatda bo'lgan suyuqlik hajmiga ta'sir qiluvchi kuchlarni qaraymiz.

Gidrostatik paradoks - Idish shakllaridan qat'iy nazar p_o bosimlar, ρ zichliklar, ω yuzalar va chuqurliklar teng bo'lsa, unda gorizontal tublardagi bosim kuchlari bir xil bo'ladi. Bu Gidrostatik paradoks deyiladi

Gidravlik yo’qotishlar - nasosdagi gidravlik qarshiliklar (gidravlik ishqalanish, nasosga kirish va chiqishda, uyurmalar hosil bo’lishida va h.)ni yengishga sarflanadigan energiyadir.

Gidravlik uzatmalar - Suyuqliklar ishtirokida bir mexanizmning ikkinchi mexanizmni harakatga keltirishiga asoslangan mexanizmlar gidravlik uzatmalar deyiladi.

F

Fazoviy harakatda - kinematik xarakteristikalari uch x, y va z koordinatalarga bog’liq.

H

Ho’llangan perimetr - deb, kanal yoki quvur qattiq devorlariga, suyuqlik tekkan oqim jonli kesimining uzunligiga aytiladi.

Hajmiy nasoslar - ikki katta guruhga bo’linib, ular porshenli va rotorli nsoslar deyiladi.

Hajmiy yo’qotish

I

Ideal suyuqlik - bu suyuqlik modeli, ya’ni tabiatda va texnikada uchramaydigan ideallashtirilgan muhit. Biroq bu ideallashtirilgan muhit dinamika qonunlarini o’rganishda katta ahamiyat kasb etadi.

J

Jonli kesim - Elementar oqim naychalarining ko’ndalang kesimlari oqim jonli kesimini tashkil etadilar. Oqim ko’ndalang kesimi yuzasining hamma nuqtalarida, shu yuzani kesib o’tadigan oqim chiziqlari normal yo’nalgan bo’lsa, bunday ko’ndalang kesim yuzasiga ω jonli kesim deyiladi.

Jonli kesimning - υ **o’rtacha tezligi** deb, jonli kesim hamma nuqtalari uchun bir xil bo’lgan faraz qilinadigan tezlikka aytiladi.

K

Kinematik qovushoqlik - suyuqlik dinamik qovushqoqligining zichligi nisbatiga teng.

L

Laminar (qatlamli) harakat - alohida zarrachalarning aralashmasdan, tezlik va bosimlarning pulsatsiyasiz tartibli harakatini ifodalaydi.

M

Massali (yoki hajmiy) kuchlar - bu kuchlar ajratib olingan suyuqlik hajmi massasiga proporsional (yoki o’zgarmas zichlik muhitida hajmga proporsional) va shu hajm muhitining hamma nuqtalarida ta’sir qiladi.

Mahalliy napor yo’nalishi - Veysbax formulasidan hisoblanadi.

Murakkab’tkazgich quvurlar - Tarqatuvchi va halqaisimon o’tkazgich quvurlar.

Mexanik yo’qotishlar - nasosning podshipnik va maydonlaridagi ishqalanishga, krivoship-shatunli mexanizmlarga sarflangan quvvat yo’qitishlari bo’lib, uni mexanik FIK hisobga oladi.

N

Naporli oqimlar - hamma tomonidan qattiq devor bilan chegaralangan bo'ladi. Bunday oqimga suyuqlik harakati qandaydir tashqi manba (naporli rezervuar, nasos va boshqa) bilan tutashgan bosim ta'sirida sodir bo'ladi.

Naporsiz oqimlar - qisman qattiq va qisman erkin sirt bilan chegaralangan. Bularda suyuqlik harakati faqatgina og'irlik kuchi ta'siri ostida sodir bo'ladi.

Nasos - tashqaridan uzatilgan energiyani suyuqlik oqimining bosim energiyasiga aylantirib beruvchi gidravlik mashina.

Nasosning bosimi - Nasosning uzatgich va so‘rg‘ich qismlaridagi solishtirma energiyalar ayirmasiga nasosning bosimi deyiladi.

Nobarqaror (nostatsionar) harakat - deb, shunday harakatga aytiladiki, bunda suyuqlik harakatlanayotgan oblast nuqtalarida mahalliy tezliklar vaqtga bog'liq holda o'zgaradi.

Notekis harakat - shu bilan tavsif qilinadiki, bunda oqim chiziqlari to'g'ri chiziqli va parallel bo'lmaydi. Jonli kesim va o'rtacha tezlik oqim uzunligi bo'yicha o'zgaruvchan bo'lishlari mumkin. Notekis harakat tezlashgan va sekinlashgan bo'lishi mumkin.

Nonyuton qovushqoq – plastik suyuqliklar - o`zlariga nyuton suyuqliklar qovushqoqligini va qattiq plastik jism xossalarini mujassam etadilar.

O

Oddiy o'tkazgich quvur - Oddiy o'tkazgich quvur deb, bir xil diametr va bir xil materialdan ishlangan, hamda tarmoqlanmagan o'tkazgich quvurga aytiladi.

Oqim - Harakatlanayotgan suyuqlik oblasti chegaraviy ohirgi o'lchamlarga ega bo'ladi va u oqim deyiladi. Oqim uzluksiz elementar oqim naychalarining yig'indisidan tashkil topadi. Bunday modelni suyuqlik oqimining naychali oqim modeli deyiladi.

Oddiy o'tkazgich quvur - deb, bir xil diametr va bir xil materialdan ishlangan, hamda tarmoqlanmagan o'tkazgich quvurga aytiladi.

P

Paskal qonuni - Gidrostatikaning $p = p_o + \rho g h$ asosiy tenglamasidan ko'ramizki, tinch holatda bo'lgan suyuqlikning p_o sirtidagi bosim shu idish ichidagi suyuqlikning istalgan nuqtasiga o'zgarishsiz ta'sir qiladi.

R

Ravon o'zgaruvchan harakat - Suyuqlik harakatida oqim chiziqlari to'g'ri chiziqli va egri chiziqli, shuningdek, o'zaro parallel va parallel bo'lmagan bo'lishlari mumkin. Bu holatlar jonli kesimdagi bosim taqsimlanishi xususiyatlariga ta'sir etadilar va Bernulli tenglamasini qo'llanishiga aniq cheklanishlarni kiritadilar. Bunga bog'liq holda gidravlikada oqim naycha chiziqlar, og'irligi juda kam bo'lgan va parallel yoki deyarli parallel bo'lgan oqim chizig'iga ega ravon o'zgaruvchan harakat tushunchasi kiritiladi.

Real suyuqlik harakatida - normal kuchlanishlardan tashqari yana urinma kuchlanishlar ham sodir bo'ladi. Real suyuqlik o'zining qatlamlari nisbiy siljishiga va zarrachalariga qarshilik ko'rsatish xususiyatiga ega bo'ladi.

Reynolds kritik soni - qiymati quvur kiritishidagi sharoitlariga, uning devori g'adir-budirligiga, suyuqlilardagi boshlang'ich ta'sirlanishlarga yoki ularning bo'lmasligiga, konvektsion oqimlarga va boshqalarga bog'liq.

S

Sarf - Birlik vaqt ichida oqim jonli kesimidan o'tadigan suyuqlikning hajmiy miqdoriga qaraladigan kesimning oqim sarfi deyiladi.

Sifon - bu tirsaklari har-xil uzunlikdagi burilgan quvur bolib, suyuqlik bu quvur orqali yuqori sathdagi rezervdan pastki sathdagi rezerevga oqib tushadi.

Sirtqi kuchlar - Bu kuchlar ajratib olingan suyuqlik hajmining tashqi sirtlariga ta'sir qiladi va shu sirtlar yuzalariga proporsional. Sirtqi kuchlarga suyuqlikning erkin sirtidagi atmosfera bosimi, suyuqlikdagi idish devori bosimi, suyuqlikdagi porshen bosimi va h.k. Sirtqi kuchlar ajratilgan suyuqlik hajmining sirti bo'yicha uzluksiz taqsimlangan.

Suyuqlik - bu oquvchanlikka ega bo'lgan jism. Tomchili suyuqlik va gazlar oquvchanligi bilan xarakterlanadi. Moddalar holati, uning atom-molekulyar tuzilishi bilan aniqlanadi.

Suyuqlik kinematikasi - gidromexanikaning bo'limi bo'lib, bunda suyuqlik harakatining turlari va kinematik xarakteristikalari o'rganilib, harakatni sodir etuvchi kuchlar qaralmaydi.

Suyuqlikning nisbiy muvozanati - uning harakatida zarrachalarining yon tomonidagi zarrachalar bilan aralashishi sodir bo'lmaydi va suyuqlikning hamma massasining qattiq jism kabi harakatlanishiga aytiladi.

Suzayotgan jismning mustahkam muvozanati - deb, jismning tinch holatdan chiqishiga va qandaydir yotiq holatga olib kelgan kuch ta'siridan keyin, uning boshlang'ich holatiga qaytishiga aytiladi.

So'rish yo'li - korpusning so'rish trubasidan ish g'ildiragiga o'tishdagi kanalidir.

T

Tekis harakat - oqim chiziqlarining to'g'ri chiziqligi va parallelligi bilan tavsiflanadi.

Tekis (ikki o'lchamli) harakatda - kinematik xarakteristikalar faqat ikki koordinataga bog'liq bo'lib, uchinchi koordinataga bog'liq bo'lmaydilar

Teng bosimli sirt - sirtning hamma nuqtalarida bosim bir xil bo'lsa, bunday sirtlarni teng bosimli sirt deyiladi.

Tutash idishlar - pastki tomonlari o'zaro birlashgan idishlar. Idishlarning qanday shakldaligidan qat'i nazar ular bir xil suyukdik bilan to'ldirilsa, ikkala idishda ham suyukdik sathi birday bo'ladi. Agar idishlar har xil suyuqliklar bilan to'ldirilsa, zichliklari turlicha bo'lganligi uchun ularning sathi har xil balandlikda joylashadi, chunki balandlik zichlikka teskari mutanosib. Agar tutash idishlarning bir tirsagi berk bo'lsa, suyuqliklar satxlari orasidagi farq o'sha berk tirsakdagi bosimga boglik bo'ladi. Manometrlar, bug' qozonlarining suv o'lchash asboblari, suyukdiklarning zichligini o'lchash asboblari va boshqa asboblarda qo'llanadi.

Trayektoriya - Suyuqlik zarrachasining vaqtga bog'liq holda bosib o'tgan yo'li, uning trayektoriyasi deyiladi.

Turbulent (tartibsiz) harakat - suyuqlik zarrachalarining intensiv aralashishini (xaotik)hamda tezlik va bosimlarning pulsatsiyalarini xarakterlaydi.

U

Uzunlik bo'yicha napor yo'nalishi - Darsi-Veysbax formulasidan hisoblanadi.

Uzun o’tkazgich quvurlar - hisobida h_ℓ uzunlik bo’yicha yo’qolgan bosim topiladi, keyin esa h_ℓ topilgan qiymatni 5…10 % ga ko’paytirib, mahalliy napor yo’qolishi yig’indisi hisoblanadi.

Uyurmali nasoslar - ishlash prinsipi bo’yicha markazdan qochma nasos hisoblanadi.

V

Vakuum - agar nuqtada absolyut bosim atmosfera bosimidan kichik bo’lsa, unda absolyut bosimning atmosfera bosimigacha yetmasligi vakuum deyiladi

Venturi sarf o’lchagich - uzatkich quvurlarda suyuqlikning oqib o’tadigan sarfini o’lchash uchun o’rnatiladi

Y

Yo’qolgan napor - Oqimda ikkala ko’rinishdagi napor (mahalliy, uzunlik boyicha) yo’qolishlari hosil bo’ladi va umumiy yo’qolgan naporni topish uchun ularning qiymatlarini qo’shish kerak.

Yaxlit uzluksiz muhit - suyuqlikning modeli bo’lib, uning tinch holati va harakatini o`rganishda foydalaniladi: yaxlit uzluksiz muhit deb faraz qilish, suyuqlik harakatini tavsiflovchi hamma parametrlarini koordinata va vaqtning uzluksiz va differensiallanadigan funksiyalari deb hisoblash mumkinligini ko’rsatadi.

Q

Qovushoqlik - suyuqlikning qatlamlar nisbiy siljishiga qarshilik ko’rsatish xossasi.

ILOVALAR

1 - jadval

Suvning kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti ν, $см^2/сек$, haroratga bog'liq xolda

t^0	ν	t^0	ν	t^0	ν
1	0,017321	11	0,012740	22	0,009892
2	0,016740	12	0,012396	24	0,009186
3	0,016193	13	0,012067	26	0,008774
4	0,015676	14	0,011756	28	0,008394
5	0,015188	15	0,011463	30	0,008032
6	0,014726	16	0,011177	35	0,007251
7	0,014289	17	0,010888	40	0,006587
8	0,013873	18	0,010617	45	0,006029
9	0,013479	19	0,010356	50	0,005558
10	0,013101	20	0,010105	55	0,005147
				60	0,004779

2 - jadval.

Gidrouzatmalarda qo`llaniladigan industrial moylarning asosiy xarakteristikasi

Neft moylarining nomi va markasi	γ_4^{20} solishtirma og`irlik (20^0C da)	Kinematik qovushoqlik, SST da (20^0C da)	Elastik moduli E/9,8·10^6 N/m^2	1 barga tegishli havoning eruvchanligi (20^0C) da	Issiqlik sig`imi (20^0C da)	Yonish temperaturasi (^{0}C da)	Qotish temperaturasi, ^{0}C	Kislotalik soni KOH
Industrial (velonsit) GOST 1840—51	0,854	12,8	134	0,0959	0,453	112	-25	0,04
Industrial (vazelin moyi) GOST 1840-51	0,878	19,1	135	0.0877	0,446	125	-20	0,04
Industrial 12 (urchuq moyi 2) GOST 1707-51	0,92	49.0	136	0,0759	0,436	165	-30	0,14
Industrial 20 (urchuq moyi 2) GOST 1707-51	0,93	100	136	0,0755	0,432	170	-20	0,14
Moylar aralashmasi GMS -2	0,834	20,8	135	0,1038	0,458	—	—	—

3 - jadval.

Gidrouzatmalarda qo`llaniladigan maxsus moylarning asosiy xarakteristikasi

Neft moylarining nomi va markasi	γ_4^{20} solishtirma og`irlik (20^0C da)	Kinematik qovushqoqlik, SST da (20^0C da)	Elastik moduli E/$9{,}8\cdot10^6$ N/m^2	1 barga tegishli havoning eruvshanligi (20^0C) da	Issiqlik sig`imi (20^0C da)	Yonish temperaturasi (^{0}C da)	Qotish temperaturasi, ^{0}C	Kislotalik soni KOH
AMG-10 moyi GOST 6794-53	0,85	16,0	133	0,0942	0,4520	92	- 70	0,05
MK-8 aviasiya moyi GOST 6457-53	0,885	30,0	135	-	0,4410	135	-55	0,04
Aralashmali transformator moyi BTI-T GOST 982-55	0,887	30,0	135	0,0828	0,4420	135	-45	0,03
Uchruq moyi AU, GOST 1642-50	0,889	49,0	135	0,0759	0,4425	169	-45	0,07
Turbina moyi GOST 32-53	0,894	96,0	135	-	0,4430	180	-15	0,20
Yengil avtomobil uchun uzatma moyi GTM-3	0,900	105,0	135	-	0,4430	170	-40	0,35

FOYDALANILGAN ADABIYOT

1. Mirziyoyev Sh.M. “Erkin va farovon demokratik O‘zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz” Toshkent, O‘zbekiston, 2016-56b.
2. Mirziyoyev Sh.M. “O‘zbekistonni rivojlantirishning beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha Xarakatlar strategiyasi” Toshkent, O‘zbekiston, 2017. «Gazeta.uz»
3.Latipov K.Sh.«Gidravlika, gidromashinalar va gidroyuritmalar»- darslik, Toshkent. O‘qituvchi, 1992 y.
4. Latipov Q.Sh., Arifjanov A.M., Fayziyev X., «Gidravlika», Toshkent. TAQI, 2015y. -459b.
5. Melvyn Kay, Practical Hydraulics (Taylor & Francis 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN) 2008.-253 pages
6. K.Sh.Latipov, A.Arifjanov, X.Kadirov, B.Toshov «Gidravlika va gidravlik mashinalar», Navoiy sh., Alisher Navoiy, 2014 y.-406b.
7. A.Arifjanov, P.N.Gurina. Gidravlika (Uchebnoye posobiye). -Tashkent. TIMI, 2011g.-182b.
8. A.M.Arifjanov «Gidravlikadan masalalar to‘plami» - Toshkent, 2004 y.-88b.
9. John Fenton A First Course in Hydraulics (Vienna University of Technologiy, Austria), 2012. -120 pages
10. A.M.Arifjanov, laboratorniy praktikum po kursu «Gidravlika i gidravlicheskiye mashini» - g.Tashkent, TIMI, 2007 g.-82 s.
11. Nubert Chanson (2004) Environental Hydraulics of open channel flows (Butterworth -Heinemann: Oxfort, UK), 634pages.

M U N D A R I J A

	Kirish	**3**
	Birinchi qism Gidravlika.	**5**
	1. bo’lim. 1. Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari	**5**
1.1	Suyuqlik to`g`risida asosiy tushunchalar	**5**
1.2	Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar	**6**
1.3	Suyuqliklarning fizik xossalari	**6**
1.4	Suyuqliklardagi ishqalanish kuchi. Nyuton qonuni. Qovushoqlik	**9**
1.5	Sirt tarangligi (kapillyarlik)	**13**
1.6	Suyuqlik to`yingan bug`ining bosimi	**14**
1.7	Gazlarning suyuqlikda erishi. Kavitasiya hodisasi haqida tushuncha	**14**
1.8	Ideal suyuqlik modeli	**15**
1.9	Nyuton qonuniga bo`ysunmaydigan suyuqliklar	**15**
	2. Gidrostatika	**18**
2.1	Suyuqliklarda bosim	**18**
2.2	Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari	**19**
2.3	Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi (Eyler differentsial tenglamasi)	**20**
2.4	Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt	**22**
2.5	Eyler tenglamasining integrallari	**23**
2.6	Gidrostatikaning asosiy tenglamasi	**24**
2.7	Absolyut, manometrik, vakuumometrik va atmosfera bosimlari.	**25**
2.8	Bosim o`lchash asboblari	**26**
2.9	Paskal qonuni	**30**
2.10	Gidrostatik mashinalar	**30**
2.11	Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim	**38**
2.12	Egri sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim	**55**
2.13	Bosim epyurasi	**57**
2.14	Arximed qonuni	**62**
2.15	Jismlarning suyuqlikda so`zishi. Suzuvchanlik	**64**
2.16	Nisbiy tinchlik	**65**
	2. bo’lim. 3. Suyuqliklar kinematikasi va dinamikasi asoslari. Suyuqliklarda harakat turlari.	**68**
3.1	Gidrodinamikaning asosiy masalasi. Harakat turlari	**68**
3.2	Oqimchali harakat haqida asosiy tushunchalar. Oqim chizig`i, oqim naychasi va oqimcha. Suyuqlik oqimlari.	**69**
3.3	Oqimning asosiy gidravlik elementlari	**71**
3.4	Suyuqlikning barqaror harakati uchun uzilmaslik tenglamasi	**73**
3.5	Ideal suyuqliklar uchun harakat tenglamasi. Suyuqlik harakati uchun Eyler tenglamasi	**75**
3.6	Real suyuqliklarda ichki kuchlar. Nave-Stoks tenglamasi	**76**
3.7	Elementar oqim uchun Bernuli tenglamasi	**80**
3.8	Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari	**83**
3.9	Real suyuqliklar elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi	**87**
3.10	Real suyuqliklar oqimi uchun Bernulli tenglamasi. Koriolis koeffisiyenti	**88**
3.11	Real gazlar oqimi uchun Bernulli tenglamasi	**90**
3.12	Gidravlik va pezometrik qiyaliklar haqida tushuncha	**91**
3.13	Gidravlik yo`qotish haqida tushuncha. Gidravlik yo`qotishning turlari	**92**
3.14	Tezlik va sarf o`lchash usullari hamda asboblari	**94**

	4. Suyuqlik harakatining tartiblari va gidrodinamik o`xshashlik asoslari	**100**
4.1	Suyuqlik harakatining ikki tartibi. Reynolds kritik soni	**100**
4.2	Gidrodinamik o`xshashlik asoslari. Gidrodinamik hodisalarni modellash	**102**
	5. Suyuqliklarning laminar harakati	**107**
5.1	Tezlikning silindrik truba kesimi bo`yicha taqsimlanishi	**107**
5.2	Quvur uzunligi bo`yicha bosimning pasayishi (Puazeyl formulasi	**108**
5.3	Oqimning boshlang`ich bo`lagi	**110**
5.4	Tekis va xalqasimon tirqishlarda suyuqlikning laminar harakati	**111**
5.5	Laminar oqimning maxsus turlari (o`zgaruvchan, qovushoqlik, obliterasiya)	**115**
	6. Suyuqliklarning turbulent harakati	**119**
6.1	Suyuqlik turbulent harakatining xususiyatlari	**119**
6.2	Tezlik va bosim pulsasiyalari	**120**
6.3	Tenglashtirilgan tezliklarning kesim bo`yicha taqsimlanishi	**121**
6.4	Turbulent harakatda urinma zo`riqish	**123**
6.5	Trubalarda bosimning kamayishi	**126**
6.6	Darsi formulasi va uzunlik bo`yicha ishqalanishga yo`qotish koeffisiyenti (Darsi koeffisiyenti)	**127**
6.7	Truba devorining g`adir-budirligi. Absolyut va nisbiy g`adir-budirlik	**129**
6.8	Nikuradze va Murin grafiklari	**130**
6.9	Gidravlik silliq va g`adir-budir quvurlar	**132**
6.10	Darsi koeffisiyentini aniqlash uchun formulalar va ularning qo`llanish sohalari	**133**
6.11	Nosilindrik trubalardagi harakatlar	**134**
	7. Mahalliy gidravlik qarshiliklar	**137**
7.1	Mahalliy qarshilikning asosiy turlari. Mahalliy qarshilik koeffisiyenti	**137**
7.2	Reynolds sonining katta qiymatlari uchun mahalliy qarshilik koeffisiyentlari	**141**
7.3	Quvurning keskin kengayishi (Bord teoremasi)	**141**
7.4	Diffuzorlar	**143**
7.5	Quvurlarning torayishi	**145**
7.6	Tirsaklar	**146**
7.7	Reynolds sonining kichik qiymatlarida mahalliy qarshilik koeffisiyenti	**147**
7.8	Mahalliy gidravlik qarshiliklarda kavitasiya hodisasi	**148**
7.9	Kavitasiyadan amalda foydalanish	**149**
7.10	Mahalliy qarshiliklarning o`zaro ta'siri	**150**
	8. Suyuqliklarning teshik va naychalardan oqishi	**153**
8.1	Suyuqlikning yupqa devordagi teshikdan o`zgarmas bosimda oqishi	**153**
8.2	Siqilish, tezlik va sarf koeffisiyentlari	**154**
8.3.	Suyuqlikning silindrik naychadan oqishi	**156**
8.4.	Turli xil naychalar	**157**
8.5.	Suyuqliklarning teshikdan o`zgaruvchan bosimda oqishi	**159**
8.6.	Oqimcha texnikasi haqida tushuncha	**160**
	9. Quvurlarni gidravlik hisoblash	**165**
9.1	Sodda quvurni hisoblashning asosiy tenglamasi	**166**
9.2	Quvurning tejamli diametrini topish haqida tushuncha	**169**
9.3	Sifon quvur	**171**
9.4	Quvurlarni ketma-ket va parallel ulash	**172**
9.5	Murakkab quvurlar	**175**

9.6	Nasosdan ta'minlanuvchi quvur	**177**
9.7	Elektrogidravlik o`xshashlik (analogiya) haqida tushuncha.	**180**
	Ikkinchi qism. Gidravlik mashinalar	**187**
	1 bo`lim. Kurakli nasoslar	**193**
	1. Gidromashinalar haqida umumiy tushunchalar	**193**
2.1	Nasoslar va gidrodvigatellar	**193**
2.2	Nasoslarni guruhlash	**194**
2.3	Dinamik va hajmiy nasoslarning ishlash prinsiplari	**196**
2.4	Nasoslarning asosiy parametrlari	**198**
	2. Kurakli nasoslar nazariyasining asoslari	**201**
2.5	Markazdan qochma nasoslar	**201**
2.6	Bir bosqichli markazdan qochma nasosning sxemasi	**202**
2.7	Nasos va turbinalar uchun Eyler tenglamasi	**205**
2.8	Nasosning nazariy bosimi. Kuraklar egriligining bosimga ta'siri	**207**
2.9	Foydali bosim	**208**
2.10	Nasosda energiya yo`qotilishi. Nasosning foydali ish koeffisiyenti	**210**
2.11	Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikalari	**212**
2.12	Nasoslarning o`xshashligi asoslari	**214**
2.13	Tezyurarlik koeffisiyenti va kurakli nasoslarning turlri	**215**
	3. Kurakli nasoslarning ekspluatasion hisobi	**216**
2.14	Nasoslar xarakteristikalarini qayta hisoblashda o`xshashlik formulalaridan foydalanish	**216**
	4. Uyurmali va oqimchali nasoslar	**217**
2.15	Uyurmali nasoslarning sxemasi, ishlash prinsipi, xarakteristikasi, qo`llanish sohalari	**217**
2.16	Oqimchali nasoslarning sxemasi, ishlash prinsipi va ishlatish sohalari	**220**
	2 bo`lim. Hajmiy nasoslar .	**228**
	5. Hajmiy nasoslar to`g`risida umumiy tushunchalar.	**228**
2.17	Hajmiy nasoslar va ularning ishlashi prinsipi	**228**
2.18	Hajmiy nasoslarning umumiy xossalari va ularniig klassifikasiyasi	**229**
	6. Porshenli va plunjerli nasoslar	**231**
2.19	Porshenli va plunjerli nasoslarning tuzilishi hamda ishlatilish sohalari	**231**
2.20	Indikator diagramma	**233**
2.21	Porshenli nasoslarning foydali ish koeffisiyenti	**234**
2.22	Diafragmali nasoslar	**237**
	7. Rotorli nasoslar	**240**
2.23	Rotorli nasoslarning guruhlanishi umumiy xossalari va qo`llanilishi	**240**
2.24	Rotorli nasoslarning tuzilishi va xossalari	**240**
2.25	Rotorli nasoslarni boshqarish	**243**
	Uchinchi qism	**245**
	1 bo`lim. Gidrouzatmalar va hajmiy gidroyuritmalar	**245**
	8. Umumiy tushunchalar	**245**
3.1	Gidrodinamik uzatmalarning vazifasi va ishlatilish sohalari	**245**
3.2	Ishlash prinsipi guruhlanishi	**246**
	2 bo`lim. Hajmiy gidrouzatmalar.	**248**
	9. Hajmiy gidrouzatmalar Asosiy tushunchalar	**248**
3.3	Gidrouzamatlarning vazifalari, guruhlanishi, qo`llanish sohasi, afzalligi va kamchiliklari	**248**
3.4	Hajmiy gidrouzatmaning ishlash prinsipi	**249**
3.5	Chiqish tezligini drosseli va hajmiy boshqarish	**250**
3.6	Hajmiy gidrouzatmalarning xarakteristikalari va FIK	**252**
	To’rtinchi qism	**256**

1 bo`lim. Hajmiy gidroyuritmalar **256**
1. Hajmiy gidroyuritmalar vazifalari va ishlatish sohalari. **256**
1.1 Hajmiy gidroyuritmalar klassifikatsiyasi **256**
1.2 Gidroyuritmalarning avzallik va kamchiliklari **258**
1.3 Gidroyuritma xarakatining differensial tenglamasi **258**
2. Gidrodvigatellar **259**
2.1 Gidrotsilindrlar **259**
2.2 Burilma gidrodvigatellar **261**
2.3 Gidromotorlar **262**
3. Gidroapparaturalar **264**
3.1 Gidrotaxsimlagichlar **264**
3.2 Gidroklapanlar **265**
3.3 Gidrodrossellar **268**
4. Hajmiy gidroyuritmalar ishini boshqarish **269**
4.1 Drosselli boshqarish **269**
4.2 Xajmiy boshqarish **270**
5. Gidroyuritmalarda qo‘llaniladigan suyuqliklar **271**
5.1 Ish suyuqliklariga qo‘yilgan talablar **271**
6. Gidroyuritmaning gidravlik xisobi **273**
6.1 Asosiy vazifalar **273**
Ilova
Adabiyotlar

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Предисловие	**3**
	Введение.	**5**
	Первая раздел. Гидравлика.	**5**
	Первая часть. 1. Основные свойства жидкостей	**5**
1.1	Основные понятия о жидкости	**6**
1.2	Силы, действующие на жидкости	**5**
1.3	Физические свойства жидкостей	**6**
1.4	Сила трения в жидкостях. Закон Ньютона. Вязкость	**9**
1.5	Поверхностное натяжение (капилляр)	**13**
1.6	Давление насыщенного пара жидкости	**14**
1.7	Растворение газов в жидкости. Понятие явления кавитации	**14**
1.8	Модель идеальной жидкости	**15**
1.9	Жидкости, не подчиняющиеся закону Ньютона	**15**
	2. Гидростатика	**18**
2.1	Давление в жидкостях	**18**
2.2	Свойства давления жидкости находяшейся в покое	**19**
2.3	Дифференциальное уравнение Эйлера равновесия жидкостей	**20**
2.4	Поверхности с одинаковым давлением. Свободная поверхность	**22**
2.5	Интегралы уравнения Эйлера	**23**
2.6	Основные уравнения гидростатики	**24**
2.7	Абсолютное, манометрическое, вакуумометрическое и атмосферное давление.	**25**
2.8	Манометры	**26**
2.9	Закон Паскаля	**30**
2.10	Гидростатические машины	**30**
2.11	Давление, действующее на плоскую поверхность	**38**
2.12	Давление, действующее на криволинейные поверхности	**55**
2.13	Эпюра давления	**57**
2.14	Закон Архимеда	**62**
2.15	Плавание тел в жидкостях. Плавание	**64**
2.16	Относительное покой	**65**
	Вторая часть. 3. Основы кинематики и динамики жидкостей.Типы движения в жидкостях	**68**
3.1	Основная проблема гидродинамики. Виды действий	**68**
3.2	Основные понятия о движении потока. Линия потока, трубка потока и поток. Потоки жидкости	**69**
3.3	Основные гидроэлементы протока	**71**
3.4	Уравнение непрерывности для стабильной текучей среды	**73**
3.5	Уравнение движения для идеальных жидкостей. Уравнение Эйлера для движения жидкост	**75**
3.6	Внутренние силы в реальных жидкостях. Уравнение Навье-Стокса	**76**
3.7	Уравнение Бернулли для элементарного струйки	**80**
3.8	Геометрическое, энергетическое и физическое содержание уравнения Бернулли.	**83**

3.9	Уравнение Бернулли для элементарного струйки реальных жидкостей	**87**
3.10	Уравнение Бернулли для реального потока жидкости. Коэффициент Кориолиса.	**88**
3.11	Уравнение Бернулли для потока реального газа	**90**
3.12	Концепция гидравлических и пьезометрических уклонах	**91**
3.13	Понятие о гидравлических потерях. Виды гидравлических потерь	**92**
3.14	Методы и приборы для измерения скорости и расхода	**94**
	4. Режимы движения жидкости и основы гидродинамического подобии	**100**
4.1	Два режима движения жидкости. Критическое число Рейнольдса	**100**
4.2	Основы гидродинамического подобия. Моделирование гидродинамических случаев	**102**
	5. Ламинарное движение жидкостей	**107**
5.1	Распределение скорости по сечению цилиндрической трубы	**107**
5.2	Понижения давления по длине трубы (формула Пуазейля)	**108**
5.3	Начальный участок потока	**110**
5.4	Ламинарное движение жидкости в плоских и концентрических отверстиях	**111**
5.5	Специальные виды ламинарного течения (переменный, вязкость, облитерация)	**115**
	6. Турбулентное движение жидкостей	**119**
6.1	Свойства турбулентного движения жидкости	**119**
6.2	Пульсации скорости и давления	**120**
6.3	Распределение уравненных скоростей по сечению	**121**
6.4	Касательное напряжение при турбулентном движении	**123**
6.5	Понижение давления в трубах	**126**
6.6	Формула Дарси и коэффициент потерь на трение по длине (коэффициент Дарси)	**127**
6.7	Шероховатость стенки трубы. Абсолютная и относительная шероховатость	**129**
6.8	Графики Никурадзе и Мурина	**130**
6.9	Гидравлические гладкие и шероховастные трубы	**132**
6.10	Формулы для определения коэффициента Дарси и области их применения	**133**
6.11	Движение в нецилиндрических трубах	**134**
	7. Местное гидравлическое сопротивление	**137**
7.1	Основные виды местного сопротивления.Коэффициент местного сопротивления.	**137**
7.2	Коэффициенты местного сопротивления для больших чисел Рейнольдса	**141**
7.3	Резкое расширение трубы (теорема Борда)	**141**
7.4	Диффузоры	**143**
7.5	Сужение труб	**145**
7.6	Колено	**146**
7.7	Коэффициент местного сопротивления при малых значениях	**147**

числа Рейнольдса
7.8 Кавитация при местных гидравлических сопротивлениях **148**
7.9 Использование кавитации в практике **148**
7.10 Взаимодействие местных сопротивлений **150**
8. Течение жидкостей через отверстия и насадки **153**
8.1 Течение жидкости при постоянном давлении через отверстие в тонкой стенке. **153**
8.2 Коэффициенты сжатия, скорости и расхода **154**
8.3 Течение жидкости из цилиндрической насадки **156**
8.4 Различные виды насадок **157**
8.5 Истечение жидкости через отверстие при переменном давлении **159**
8.6 Понятия о технике струйки **160**
9. Гидравлический расчет труб **165**
9.1 Основное уравнение для расчета простого трубопровода **166**
9.2 Понятия об определении экономичного диаметра трубы **159**
9.3 Труба сифонная **171**
9.4 Последовательное и параллельное соединение труб **172**
9.5 Сложные трубопроводы **175**
9.6 Трубопроводы с насосной подачей жидкости **177**
9.7 Понятие об электрогидравлических подобиях **180**
Вторая раздел. Гидромашины **187**
Первая часть. Лопастные насосы **193**
1. Общие понятея о гидромашинах **193**
2.1 Насосы и гидродвигатели **193**
2.2 Классификация насосов **194**
2.3 Принцип работы динамических и объемных насосов **196**
2.4 Основные параметры насосов **198**
2. Основы теории лопастных насосов **201**
2.5 Центробежные насосы **201**
2.6 Схема одноступенчатого центробежного насоса **202**
2.7 Уравнение Эйлера для насосов и турбин **205**
2.8 Теоретическое давление насоса. Влияние кривизны лопастей на давление **207**
2.9 Полезное давление **208**
2.10 Потери энергии в насосах. Коэффициент полезных работ насосов **210**
2.11 Характеристики центробежного насоса **212**
2.12 Основы подобия насосов **214**
2.13 Виды лопастных насосов и коэффициент быстроходности **215**
3. Эксплуатационные расчеты лопастных насосов **216**
2.14 Пересчет характеристик насосов с применением формулы подобия **216**
4. Вихревые и струйные насосы **217**
2.15 Схема, принцип работы, характеристика и область применения вихревых насосов **217**
2.16 Схема, принцип работы и область применения струйных насосов **220**
Вторая часть. Объемные насосы. **228**
5. Основные сведения об объемных насосах. **228**
2.17 Объемные насосы и их принцип работы **228**

2.18	Общие свойства объемных насосов и их классификация	**229**
	6. Поршневые и плунжерные насосы	**231**
2.19	Область применения и структура поршневого и плунжерного насоса	**231**
2.20	Индикаторная диаграмма	**233**
2.21	Коэффициент полезных работ поршневых насосов	**234**
2.22	Диафрагмовые насосы	**237**
	7. Роторные насосы	**240**
2.23	Общие характеристики и применения в классификации роторных насосов	**240**
2.24	Структура и свойства роторных насосов	**240**
2.25	Управление роторных насосов	**243**
	Третья раздел	**245**
	Первая часть. Гидропередачи и объемные гидроприводы	**245**
	8. Основные сведения	**245**
3.1	Задачи и область применения гидродинамических передач	**245**
3.2	Классификация и принцип работы	**246**
	Вторая часть. Объемные гидропередачи.	**248**
	9. Объемные гидропередачи. Основные сведения.	**248**
3.3	Задачи, классификация, область применения, применения, преимущества и недостатки гидропередачи.	**248**
3.4	Принцип работы объемных гидропередач	**249**
3.5	Дроссельные и объемные регулирования скорости выхода	**250**
3.6	КПД и характеристика объемных гидропередач	**252**
	Четвертый раздел	**256**
	Первая часть. Объемные гидроприводы.	**256**
	1.Области применения и функции объемных гидроприводов.	**256**
1.1	Классификация объемных гидроприводов	**256**
1.2	Преимущества и недостатки гидроприводов	**258**
1.3	Дифференциальное уравнение движения гидроприводов.	**258**
	2. Гидромоторы	**259**
2.1	Гидроцилиндры	**259**
2.2	Поворотные гидродвигатели	**261**
2.3	Гидромоторы	**262**
	3. Гидроаппаратуры	**264**
3.1	Гидрораспределители	**264**
3.2	Гидроклапаны	**265**
3.3	Гидродроссели	**268**
	4. Регулирование работы объемных гидроприводов	**269**
4.1	Дроссельное регулирование	**269**
4.2	Объемное регулирование	**270**
	5. Жидкости, используемые в гидроприводах	**271**
5.1	Требования к рабочим жидкостям	**271**
	6. Гидравлический расчет гидроприводов	**273**
6.1	Основные функции	**273**
	Приложение	
	Литературы	

THE MAINTENANCE

	Preface	**3**
	Introduction	**5**
	Part 1. Hydraulics	**5**
	1.Basic properties of liquids	**5**
1.1	Basic concepts of fluid	**5**
1.2	Forces acting on liquids	**6**
1.3	Physical properties of liquids	**6**
1.4	Friction force in liquids Newton's law. Viscosity	**9**
1.5	Surface tension (capillary)	**13**
1.6	Liquid saturated vapor pressure	**14**
1.7	Dissolution of gases in a liquid. Understanding the phenomenon of cavitation	**14**
1.8	Ideal fluid model	**15**
1.9	Fluids that do not obey Newton's law	**15**
	2. Hydrostatics	**18**
2.1	Pressure in liquids	**18**
2.2	Properties of pressure in a stationary liquid	**19**
2.3	Euler differential equation of fluid equilibrium	**20**
2.4	Surfaces with equal pressure. Free surface	**22**
2.5	Integrals of Euler's equation	**23**
2.6	Basic equations of hydrostatics	**24**
2.7	Absolute, manometric, vacuummetric and atmospheric pressures.	**25**
2.8	Pressure gauges	**26**
2.9	Pascal's law	**30**
2.10	Hydrostatic machines	**30**
2.11	Pressure acting on a flat surface	**38**
2.12	Pressure acting on curved surfaces	**55**
2.13	Pressure diagram	**57**
2.14	Archimedes' law	**62**
2.15	Flotation of bodies in liquids. Floating	**64**
2.16	Relative peace	**65**
	3. Fundamentals of kinematics and dynamics of fluids. Types of motion in liquids	**68**
3.1	The main problem of hydrodynamics. Types of action	**68**
3.2	Basic concepts of flow movement. Flow line, flow tube and flow. Fluid flows	**69**
3.3	Basic hydraulic elements of flow	**71**
3.4	Continuity Equation for Stable Fluid Fluid	**73**
3.5	Equation of motion for ideal fluids. Euler's equation for fluid motion	**75**
3.6	Internal forces in real fluids. Nave-Stokes equation	**76**
3.7	Bernoulli's equation for elementary current	**80**
3.8	Geometric, energy and physical content of Bernoulli's equation	**83**
3.9	Bernoulli's equation for the elementary flow of real liquids	**87**
3.10	Bernoulli's equation for real fluid flow. Coriolis coefficient	**88**
3.11	Bernoulli's equation for real gas flow	**90**

3.12	The concept of hydraulic and pesometric slopes	**91**
3.13	The concept of hydraulic losses. Types of hydraulic losses	**92**
3.14	Methods and instruments for measuring speed and flow	**94**
	4. Modes of fluid motion and the basis of hydrodynamic similarity	**100**
4.1	Two modes of fluid motion. Reynolds critical number	**100**
4.2	Fundamentals of hydrodynamic similarity. Modeling of hydrodynamic phenomena	**102**
	5. Laminar motion of liquids	**107**
5.1	Velocity distribution across a cylindrical pipe section	**107**
5.2	Pressure drop along the length of the pipe (Poiseuille formula	**108**
5.3	The initial part of the stream	**110**
5.4	Laminar motion of a fluid in plane and annular cracks	**111**
5.5	Special types of laminar flow (variable, viscosity, obliteration)	**115**
	6. Turbulent motion of liquids	**119**
6.1	Properties of fluid turbulent motion	**119**
6.2	Speed and pressure pulsations	**120**
6.3	Sectional distribution of equalized velocities	**121**
6.4	Exercise voltage in turbulent motion	**123**
6.5	Pressure drop in pipes	**126**
6.6	Course formula and coefficient of friction loss along the length (Course coefficient)	**127**
6.7	The roughness of the pipe wall. Absolute and relative ambiguity	**129**
6.8	Nikuradze and Murin graphs	**130**
6.9	Hydraulic smooth and rough pipes	**132**
6.10	Formulas for determining the coefficient of the course and their areas of application	**133**
6.11	Movements in non-cylindrical tubes	**134**
	7. Local hydraulic resistance	**137**
7.1	The main types of local resistance. Local resistance coefficient	**137**
7.2	Local resistance coefficients for large values of Reynolds numbers	**141**
7.3	Sudden expansion of a pipe (Bord's theorem)	**141**
7.4	Diffusers	**143**
7.5	Narrowing of pipes	**145**
7.6	Elbows	**146**
7.7	The coefficient of local resistance at small values of the Reynolds number	**147**
7.8	Cavitation phenomenon at local hydraulic resistances	**148**
7.9	Practical use of cavitation	**149**
7.10	Interaction of local resistance	**150**
	8. Flow of liquids through holes and tubes	**153**
8.1	Fluid flow through a hole in a thin wall at constant pressure	**153**
8.2	Compression, velocity and flow coefficients	**154**
8.3	Flow of liquid from a cylindrical tube	**156**
8.4	Different tubes	**157**
8.5	Fluid flow through the hole at variable pressure	**159**
8.6	Concept of flow technique	**160**

	9. Hydraulic calculation of pipes	**165**
9.1	The basic equation for calculating a simple pipe is	**166**
9.2	The concept of finding the economical diameter of the pipe	**169**
9.3	Siphon pipe	**171**
9.4	Connecting pipes in series and in parallel	**172**
9.5	Complex pipelines	**175**
9.6	Pump from the pump	**177**
9.7	The concept of electrohydraulic similarity	**180**
	Part II. Hydrocars	**187**
	Spaded pumps	**193**
	1. The general concept about hydro cars	**193**
2.1	Pumps and hyudralic engines	**193**
2.2	Glassification of pumps	**194**
2.3	Principle of work of dynamic and volume pumps	**196**
2.4	Key parametres of pumps	**198**
	2. Theory bases spaded pumps	**201**
2.5	Centrifugal pumps	**201**
2.6	The scheme of the one-stage centrifugal pump	**202**
2.7	Euler's equation for pumps and turbines	**205**
2.8	Theoretical pump pressure of pumps	**207**
2.9	Useful pressure	**208**
2.10	Energy losses in pumps. Factor of useful works of pumps	**210**
2.11	Characteristics of the centrifugal pumps	**212**
2.12	Bases of similarity of pumps	**214**
2.13	Kinds spaded pumps and rapidity factor	**215**
	3. Operational calculation spaded pumps	**216**
2.14	Recalculation of characteristics of pumps with application of the formula of similarity	**216**
	4. Vortical and jet pumps	**217**
2.15	The scheme, work principle, the characteristic and scope of vertical pumps	**217**
2.16	The scheme, principle of work and scope of jet pumps	**220**
	Part 2. Volume pumps.	**228**
	5. The basic data on volume pumps	**228**
2.17	Volume pumps and their principle of work	**228**
2.18	The generalties of volume and their classification	**229**
	6. Piston and plunger pumps	**231**
2.19	Scope and structure piston and plunger pumps	**231**
2.20	The display diagramme	**233**
2.21	Factor of useful works of piston pumps	**234**
2.22	Diafragmative pumps	**237**
	7. Rotary pumps	**240**
2.23	General characteristics and application in classification rotary pumps	**240**
2.24	Structure and properties rotary pumps	**240**
2.25	Management rotary pumps	**243**
	Part 3.	**245**
	First part. Hydrotransfers and volume hydrodrives	**245**
	8. The basic data	**245**

3.1 Problems and a scope of hydrodynamic transfers **245**
3.2 Classification and work principle **246**
The second part. Volume hydrotransfers. The basic data. **248**
9. Volumetric hydraulics Basic concepts. **248**
3.3 Problems, classification, a scope, advantages and hydro transfer lacks. **248**
3.4 Principle of work of volume hydro transfers. **249**
3.5 Throttle and volume regulations of speed of an exit **250**
3.6 Efficiency and the characteristic of volume hydro transfers **252**
Section four **256**
First part. Volumetric hydraulics **256**
1. Functions and applications of volumetric hydraulics. **256**
1.1 Volumetric hydraulics classification **256**
1.2 Advantages and disadvantages of hydraulics **258**
1.3 Differential equations of hydraulic motion. **258**
2. Hydraulic motors **259**
2.1 Hydraulic cylinders **259**
2.2 Rotary hydraulic motors **261**
2.3 Hydraulic motors **262**
3. Hydraulic equipment **264**
3.1 Hydraulic distributors **264**
3.2 Hydraulic valves **265**
3.3 Hydraulic throttle **268**
4. Volumetric hydraulics control **269**
4.1 Throttle regulation **269**
4.2 Volumetric control **270**
5. Fluids used in hydraulics **271**
5.1 Requirements for working fluids **271**
Chapter VI. Hydraulic calculation of hydraulics **273**
6.1 Main functions **273**
Applications
Literature