

GIDRAVLIKA VA GIDROYURITMALAR

ГИДРАВЛИКА И ГИДРОПРИВОДЫ

HYDRAULICS AND HYDRODRIVES

**Mashinasozlik sohasi boyicha taqsil olayotga bakalariyat bosqichi talabalari
uchun mo`ljallangan**

**Намечан обучающих студентом степени бакалавриата отраслем
машинастроение**

**To plan training by the students of a degree the bachelor to the branch of
machinebuildings**

MA`RUZALAR KURSI

КУРС ЛЕКЦИИ

COURSE OF LECTURES

AndMI

“TASDIQLAYMAN”

Andijon mashinasozlik instituti
O'quv-uslubiy Kengashida ko'rib chiqilgan va tasdiqlangan
Kengash raisi Q. Ermatov
(o'quv-uslubiy kengashning 25 -sonli bayonnomasi
08 2017y.)

“MA`QULLANGAN”

Andijon mashinasozlik instituti
“Mashinasozlik” fakulteti Kengashida
muhoqama qilingan va ma`qullangan
Kengash raisi M. Qo'chqarov
(Fakultet kengashining 24 -sonli bayonnomasi
08 2017y.)

“TAVSIYA ETILGAN”

Andijon mashinasozlik instituti
“Gidropnevmoymoyuritmalar” kafedrasi
majlisida muhoqama qilingan va tavsiya etilgan
Kafedra mudiri S.A. Maxmudov
(Kafedra majlisining 23 -sonli bayonnomasi
08 2017y.)

Tuzuvchilar:

1. Q. Ermatov- AndMI “Gidropnevmoymoyuritmalar” kafedrasi dosenti, t.f.n.
2. A. Xojimatov -AndMI “Gidropnevmoymoyuritmalar” kafedrasi assisteti
3. U. Maxsudov AndMI “Gidropnevmoymoyuritmalar” kafedrasi assisteti

Taqrizchilar:

1. M. Mamajonov- AndQXI professori, t.f.d.
2. S. Maxmudov- AndMI dotsenti, t.f.n.

№	Mavzu nomi	Sahifa tartibi
1.	Kirish “Gidravlika va gidropnevmoymoyuritmalar” fani rivojlanish tarixi.	
2.	Gidrostatika. Suyuqlik to`g`risida asosiy tushunshalar	
3.	Suyuqliklarning muvozanat holatining differentsial tenglamasi (Eyler tenglamasi).	
4.	Gidrodinamika. Suyuqlik kinematikasining asosiy tushunchasi. Suyuqlik bosimini o`rganish uslubi.	
5.	Harakatlanayotgan suyuqlik hajmi uchun keltirilgan integraldan vaqt bo`yicha olingan to`liq hosilasini hisoblash. Tekshirish yuzasi to`g`risida tushuncha. Uzliksizlik tenglamasi.	
6.	Bernulli tenglamasi. Bernulli tenglamasi va to`liq energiya tushunchasini amaliy masalalarga tadbiqu.	
7.	Suyuqliklarda energiyaning yo`qotilishi.	
8.	Reynolds tajribasi. Suyuqlikning laminar va turbulent harakat tartibi.	
9.	Mahalliy qarshiliklar, maxalliy qarshiliklarda energiya yuqotilishini vujudga kelish sabablari. Oqimning keskin kengayishi.	
10.	Quvurlarni gidravlik hisoblari.	
11.	Quvurdagi suyuqlikning beqaror harakati. Siqilmaydigan quvurlarni beqaror harakati. Quvurlardagi gidravlik zarba.	
12.	Suyuqliklarni kichik teshikdan va quvurchalardan oqib o`tishi.	
13.	Gidropnevmoymoyuritmalar bo`limi. Kirish. Gidro-pnevmoymoyuritgichlarning mashinasozlikda, texnikaning rivojlanishida tutgan o`rni. Gidropnevmoymoyuritgichlarning turlari.	
14.	Hajmiy gidropnevmoymoyuritgichlar va gidropnev-mouzatmalar xaqida tushuncha.	
15.	Pnevmoymoyuritgichlar, uning asosiy qismlari va farqli xususiyatlari.	
16.	Taqsimlash, tekshirish va sozlash uskunalari.	
17.	Gidroakkumulyatorlar. Ularning tuzilishi va ishlash printsiipi.	
18.	Gidropnevmoymoyuritgichlarni ishlatish va ularni rivojlantirish masalalari.	

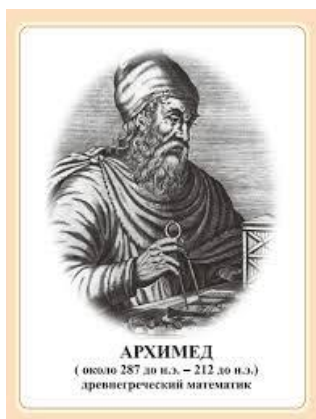
KIRISH

“GIDRAVLIKA VA GIDROPNEVMOYURITMALAR” FANI RIVOJLANISH TARIXI

Suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlarini o`rganuvchi hamda bu qonunlarni texnikaning har xil sohalariga tadbiq etish bilan shug`ullanuvchi fan **gidravlika** deb ataladi.

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 mexanikasi kabi bir qancha fanlarning asosi hisoblanadi. Insoniyat tarixining dastlabki davrlaridayoq suvdan foydalanish hayotda ma'lum o`rin egallagan. Arxeologik tekshirishlar odamlar juda qadim zamonlardan oq (eramizdan 4000-2000 yillar avval) turli gidrotexnika inshootlari qurishni bilganliklarini ko`rsatadi. Qadimgi Xitoyda, Misrda, Gresiyada, Rimda, O`rta Osiyoda va boshqa ibtidoiy madaniyat o`choqlarida kemalar, turonlar, vodoprovod va sug`orish sistemalari bunyod etilganligi to`g`risida ma'lumotlar mavjud. Bu qurilmalarning qoldiqlari hanuzgacha saqlanib qolgan. Lekin u davrlarda bunday qurilish ishlari haqida hech qanday hisoblashlar saqlanmaganligi ular faqat sodda amaliy bilimlarga tayangan bo`lib, ilmiy nazariy asosga ega emas degan fikrga olib keladi.



suyuqliklarning kichik teshikdan oqib ketishi, B. Paskalning bosimning suyuqlik orqali uzatilishi to`g`risidagi, I. Nyutonning suyuqliklardagi ishki qarshiliklar qonuni va



L. Eyler

Bizgacha yetib kelgan, gidravlikaga aloqador ilmiy ishlardan birinchisi Arximedning "Suzib yuruvchi jismlar haqida" asaridir. Suyuqlik qonunlarining ochilishi eramizning 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 ishki qarshiliklar qonuni va boshqa ishlar kiradi. Keyinchalik suyuqliklarning 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.



B. Paskal

Nazariy gidromexanika aniq matematikaga asoslangan bo`lib, suyuqlik qonunlarini differensial tenglamalar bilan ifodalash va ularni yechishga asoslanadi. Bu nazariy

bilimlarning taraqqiy qilishiga XVII-XVIII asrlarda yashagan buyuk matematik-mexanik olimlar L. Eyler, D. Bernulli, M. Lomonosov, Lagranjlarning ilmiy asarlari asos bo'ldi. U vaqtdagi ishlar sof nazariy bo'lib, suyuqliklarning fizik xossalarni ideallashtirib ko'rar va olingan natijalar harakat tarzlarini to'g'ri ifodalagani bilan tajriba natijalaridan juda uzoq edi. Shuning uchun bu ishlar gidromexanikaning taraqqiyotida aytarliq muhim rol o'ynamas edi va gidromexanika o'sha zamon texnikasi qo'ygan talabga javob bera olmas edi. XVIII-XIX asrlarda Shezi, Darsi, Bussinesk, Veysbax va boshqa olimlarning ishlari hozirgi zamonda gidravlika deb ataluvchi amaliy fanning asosi bo'ldi.



D. Bernulli

Hozirgi zamon gidravlikasi nazariyani tajriba bilan bog'lab, nazariy tekshirishlarni tajribada sinash, tajriba natijalarini esa nazariy asosda umumlashtirish yo'li bilan taraqqiy qilib boruvchi va o'z tekshirishlarida gidromexanikaning usullari hamda yutuqlaridan foydalanib boruvchi fandır.

Gidravlikaning taraqqiyotida rus olimlarining ham muhim hissasi bor. Gidromexanika fanining asoschilari D. Bernulli va L. Eyler Peterburg fanlar Akademiyasining a'zolari bo'lib, Rossiyada yashab, ijod etganlar. N. P. Petrovning gidrodinamik sirpanish nazariyasi, 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 sovet olimlarining ishlari dunyo faniga qo'shilgan buyuk hissa bo'lib hisoblanadi, N.Ye.Jukovskiy, S. A. Shapligin va N. Ye. Koshinlar zamonaviy aerodinamika va gaz dinamikasining asoschilari bo'lib, bu fanlar hozir xam samolyot va raketalar harakatini o'rganishda katta rol o'ynaydi.

Hozirgi zamon sanoati va texnikasida o'zbek olimi X.A. Raxmatulin asos solgan ko'p fazali muhitlar gidrodinamikasi muhim ahamiyatga ega. Insoniyat tarixida suyuqlik harakatini mexanik harakatga, aylantirib beruvchi birinchi qurilma charxpalak bo'lib, uning O'rta Osiyo, Hindiston, Xitoy va Misrda bundan 3000 yillar avval sug'orish ishlarida va tegirmonlarda qo'llanilganligi ma'lum.

Birinchi nasos – porshenli nasos bo'lib, inson yoki hayvon kuchi bilan harakatga keltirilgan. Bu mashinalar Rossiyada qadimdan ma'lum edi, M. V. Lomonosov o'z asarlarida chuqur shaxtalardan suvni tortib olishda foydalanish maqsadida nasoslarning tuzilishi va konstruksiyalarini keltirgan. U bir qancha qurilmalarni charxpalak yordamida harakatga keltirish usullari ustida ishladi va amalda joriy etdi.

XVIII asr o'rtalarida gidravlik qurilmalardan foydalanuvchi zavodlar Uralning o'zida 150 dan ortiq edi. I.I.Polzunov tomonidan kashf qilingan (1765 y.) bug` mashinasi porshenli nasoslarni harakatga keltirish uchun keng qo'llana boshladi. L. Eyler (1707-1783 yy.) o'zining mashhur parrakli gidromashinalar nazariyasini yaratdi va parrakli gidromashinalarning ishini xarakterlovchi muhim munosabatlarni hosil qildi. Bu munosabatlar, 1835 y. A. A. Sablukov markazdan

qochma nasosni kashf etganidan keyin, gidravlik turbinalar va markazdan qochma nasoslarni loyihalashda qo'llanila boshladi.

1.-§Gidrostatika: 2soat

1. SUYUQLIK TO`G`RISIDA ASOSIY TUSHUNCHALAR

1. Suyuqlik to`g`risida asosiy tushunchalar
2. Suyuqliklarning fizikaviy xossalari va asosiy kataliklari.
3. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.
4. Nuqtadagi bosim teoremasi.

Juda kichik miqdordagi kuchlar ta'sirida o`z shaklini o`zgartiruvchi fizik jismlar **suyuqliklar** deb ataladi.

Ular qattiq jismlardan o`z zarrachalarining juda harakatchanligi bilan ajralib turadi va o`quvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi. Shuning uchun ular qaysi idishga quyilsa, o`shaning shaklini oladi.

⇒ Gidravlikada suyuqliklar ikki gruppaga: **tomchilanuvchi** (kapelnie) suyuqliklarga va **gazsimon** suyuqliklarga ajraladi. Suyuqlik deganda tomchilanuvchi suyuqlikni tushunishga 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 qovushoqlik kuchi yuzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi.

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

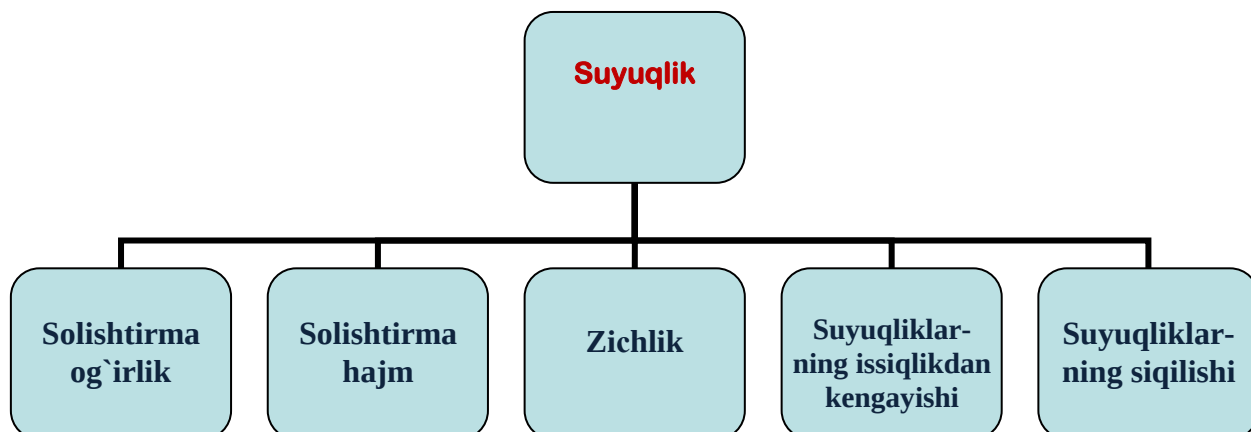
Gazlar tomchilanuvchi suyuqliklardagiga nisbatan ham tezroq harakatlanuvchi zarrachalardan tashkil topgan bo`lib, ular bosim va temperatura ta'sirida o`z hajmini tez o`zgartiradi. Ularda cho`zuvchi kuchga qarshilik va qovushoqlik kuchi tomchilanuvchi suyuqliklarga nisbatan juda ham kam. Gazlar bilan 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, truba 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 (svobodnaya poverxnost) 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.

➤ **Suyuqliklarning fizikaviy xossalari va asosiy kataliklari.**



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

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.3)$$

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 $\frac{kG}{m^3}$ - bo'lib, ular o'zaro quyidagicha begilangan:

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

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

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

$$\frac{p}{\gamma} = RT \quad (1.4)$$

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

$$(R_{havo} = 287 \frac{J}{kG \cdot grad}, R_{metan} = 518 \frac{J}{kG \cdot grad}),$$

Suyuqlik solishtirma og'irligining $4^\circ C$ dagi suvning solishtirma og'irligiga nisbati uning nisbiy solishtirma og'irligi bo'ladi.

➡ **Solishtirma hajm.** Suyuqlikning og'irlilik birligidagi miqdorining hajmi solishtirma hajm deyiladi va hajmni og'irlikka bo'lish yo'li bilan aniqlanadi:

$$\nu = \frac{V}{G} \quad (1.5)$$

(1.1) va (1.3) formulalardan ko`rinib turibdiki:

$$\gamma \cdot \nu = 1 \text{ yoki } \nu = \frac{1}{\gamma}$$

Solishtirma hajmning o`lchov birligi SI sistemasida:

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

Solishtirma hajm ham solishtirma og`irlik kabi bosim va temperaturaga bog`liq bo`lib, u (1.4) ning boshqa ko`rinishi

$$p\nu = RT \quad (1.6)$$

orqali ifodalanadi.

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

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1.7)$$

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°S issiqlikdagi zichligiga nisbati uning nisbiy zichligi bo`ladi. (1.7) va (1.3) lardan ko`rinib turibdiki, zichlik bilan solishtirma og`irlik o`zaro quyidagicha bog`langan:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad (1.8)$$

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

$$\rho_{nisb.} = \frac{M_{suyuq.}}{M_{suv}} = \frac{G_{suyuq.}}{G_{suv}} = \gamma_{nisb.} \quad (1.9)$$

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

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta_t(t - 20)} \quad (1.10)$$

bunda t- temperatura (birligi °C), β_t – hajmiy kengayish temperatura koeffisienti; 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.

 **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 gid-

ravlik 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 koeffisiyenti degan tushuncha kiritilib, u β_t bilan belgilangan.

1-jadval.

Suvning hajmiy kengayish temperatura koeffisienti 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	
49,0	0,000149	0,000236	0,000429	0,000523	0,000661
88,3	0,000229	0,000294	0,000437	0,000514	0,000621

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

$$\beta_t = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad (1.11)$$

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 $t = 20^\circ\text{C}$ da $\beta_t = 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{grad}$, mineral moylar uchun $\beta_t = 7 \cdot 10^{-4} \frac{1}{grad}$; simob uchun $\beta_t = 18 \cdot 10^{-5} \frac{1}{grad}$.

 **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 koeffisiyenti* 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 koeffisienti deyiladi va u quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\beta_p = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (1.12)$$

bunda $\Delta p = p - p_0$ – oʻzgargan va boshlangʻich bosimlar farqi; β_p ham β_t kabi juda kichik miqdor boʻlib, suv uchun $t = 20^\circ\text{C}$ da $\beta_p = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{MN}$ (MN - meganyuton = $10^6 \text{ N} \approx 10 \text{ at}$), mineral moylar uchun $\beta_p = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{MN}$; shuning uchun ham koʻp hollarda siqilishni hisobga olinmaydi.

2-jadval.

Suvning hajmiy siqilish koeffisienti $\beta_p \cdot 10^4 \text{ m}^2/\text{N}$

t, °C	Bosim, Mn/m ³				
	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

Gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini oʻrganuvchi boʻlimi **gidrostatika** deb yuritiladi.

Bu qonunlarni tekshirish suyuqliklar orqali kuchlarni uzatish bilan bogʻliq masalalarni hal qilishda muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, gidrostatika suyuqliklarga toʻliq yoki qisman botirilgan qattiq jismlarning muvozanat qonunlarini ham oʻrganadi.

Odatda, suyuqliklar muvozanat holatda boʻlganda uning ayrim boʻlaklarining boshqa boʻlaklariga boʻlgan taʼsiri, suyuqlik saqlanayotgan idish devorlariga va unga botirilgan jismga taʼsiri bosim orqali ifodalanadi.

Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari

Tinch turgan suyuqlikdagi bosim (yaʼni gidrostatik bosim) ikkita asosiy xossaga ega:

1 - x o s s a – *gidrostatik bosim u taʼsir qilayotgan yuzaga normal boʻyicha yoʻnalgan boʻladi*. Bu xossaning toʻgʻriligini isbotlash uchun gidrostatik bosim p oʻzi taʼsir qilayotgan yuzaga normal boʻyicha yoʻnalmagan deb faraz qilamiz. Bu holda p normal va urinma yoʻnalishlarda proyeksiyalarga ega boʻladi.

Urinma yoʻnalishidagi proeksiya I va II qismlarining bir-biriga nisbatan siljishiga olib keladi (2.1-rasm). Suyuqlik muvozanatda boʻlgani uchun bu hol yuz berishi mumkin emas. Bundan p normal boʻyicha yoʻnalmagan degan fikr notoʻgʻri ekanligi kelib chiqadi.

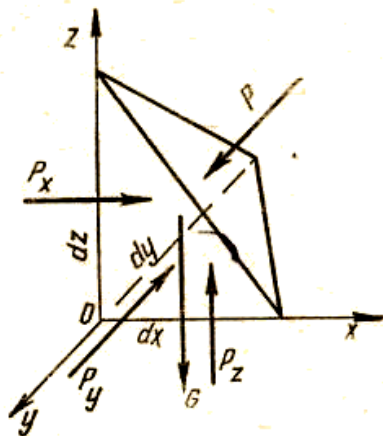
2- x o s s a - *gidrostatik bosim u taʼsir qilayotgan nuqtada hamma yoʻnalishlar boʻyicha bir xil qiymatga ega*. Bu xossani isbotlash uchun suyuqlik ichida

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 P_x , xOz tekislikdagi yuza bo'yicha P_y , xOy tekislikdagi yuza bo'yicha esa P_z kuchlar ta'sir qiladi. Qiya yuzaning sirti dS ga teng deb hisoblaymiz. Agar gidrostatik bosim Ox o'qi bilan α , Oy o'qi bilan β , Oz o'qi bilan γ burchak tashkil qilsa, u holda dS yuzaga ta'sir qilayotgan kuch ($p dS$) ning o'qlardagi proyeksiyalari $p dS \cos \alpha$, $p dS \cos \beta$, $p dS \cos \gamma$ 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 proyeksiyalarining yig'indisi nolga teng, ya'ni Ox o'qi bo'yicha



Bosimlarning xossalariга doir chizma.

$$\frac{1}{2} p_x dy dz - p dS \cos \alpha = 0,$$

Oy o'qi bo'yicha

$$\frac{1}{2} p_y dx dz - p dS \cos \beta = 0$$

Oz o'qi bo'yicha

$$\frac{1}{2} p_z dx dy - p dS \cos \gamma - \frac{1}{6} \rho g dx dy dz = 0$$

dS yuzaning proyeksiyalari quyidagilarga teng:

$$S \cos \alpha = \frac{1}{2} dy dz, \quad S \cos \beta = \frac{1}{2} dx dz, \quad S \cos \gamma = \frac{1}{2} dx dy$$

Yuqoridagi tenglamalar qisqartirilgandan keyin quyidagicha yoziladi:

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

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

$$p_x = p; \quad p_y = p; \quad p_z = p \quad \text{ya'ni} \quad p_x = p_y = p_z = p \quad (2.1)$$

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

➤ **Gidrostatikaning asosiy tenglamasi**

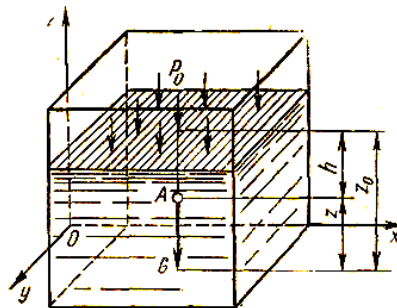
Tinch turgan idishdagi suyuqlikni qaraymiz. Bu suyuqlikka og'irlik kuchi ta'sir etadi. Koordinata o'qlarini Oz o'qi vertikal yuqoriga yo'naladigan qilib yo'naltiramiz (2.6-rasm).

Ko'rilayotgan idish ichida biror xOy tekisligidan z masofada, erkin sirtidan esa H masofada joylashgan biror A nuqtani olamiz. U holda birlik massa kuchlarning bu koordinata sistemasidagi proyeksiyalari quyidagicha bo'ladi:

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

Gidrostatik bosim p , suyuqlikning erkin sirtidagi bosim p_0 bo'lsin, erkin sirt xOy tekisligidan esa z_0 masofada joylashgan bo'lsin. Bu holda gidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

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



Gidrostatikaning asosiy tenglamasiga doir chizma.

➤ **Nuqtadagi bosim teoremasi.**

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 gorizonttal sirtlar bo'yicha o'zgarmas degan fikrni tasdiqlaydi. Oxirgi tenglamani erkin sirtidan z nuqttagacha 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:

$$p = p_0 + \rho gh$$

yoki

$$p = p_0 + \rho gh \quad (2.8)$$

Bu gidrostatikaning asosiy tenglamasi deb ataladi va suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosimni, suyuqlik turi va olingan nuqtaning erkin sirtidan 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.

$$p = p_0 + \gamma h$$

1. Gidravlika fani qanday fan?

- a. Suyukliklarning muvozanat va xarakat konunlarini urganuvchi xamda bu konunlarni texnikaning xar xil soxalariga tadbik etish bilan shugullanuvchi fan gidravlika deb ataladi;
- b. Gidravlika suyukliklarda kuchlarning tarkalishi va uning xarakat davomida uzgarib borish konunlarini urganuvchi fandir;
- c. Gidravlika-gidrotexnika, irrigatsiya, suv ta'minoti va kanalizatsiya, neft mexanikasi kabi bir kancha fanlarning yigindisi;
- d. Gidravlika-bu suzib yuruvchi jismlar xaqidagi aloxida fan;

2. Gidrostatika nima?

- a. Gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini o'rganuvchi bo'limi
- b. Suyuqliklar xarakatlangandagi ichki ishqalanishni o'rganuvchi bo'lim.
- c. Suqliklar xarakati qonunlarini o'rganuvchi bo'lim.
- d. Suyuqlik xarakati tartiblarini o'rganuvchi bo'lim

3. Eng qadimgi bizgacha yetib kelgan gidravlikaga oid "Suzib yuruvchi jismlar haqida" asarining muallifi kim?

- a. Aristotel
- b. Arximed
- c. Leonardo da Vinchi.
- d. Torrichelli

4. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi qaysinisi?

- a. $P = \lim \frac{F}{S}$
- b. $P = F/S$
- c. $P = P_0 - \gamma h$
- d. $P = P_0 + \gamma h$

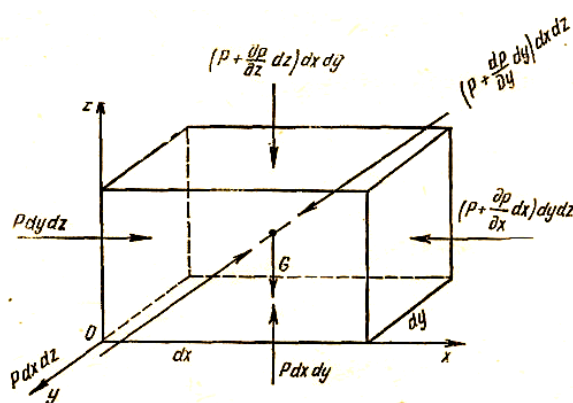
2. SUYUQLIKLARNING MUVOZANAT HOLATINING DIFFERENTIAL TENGLAMASI (EYLER TENGLAMASI). 2SOAT

- a) Suyuqliklarning og'irlik markazi maydonidagi muvozanati.
- b) Og'ir gazlar muvozanati.
- c) Yupqa va egri devorga ta'sir etuvchi suyuqlik bosim kuchi.
- d) Arximed qonuni. Suyuqliklarning nisbiy tinch holati.

➤ Suyuqliklarning og'irlik markazi maydonidagi muvozanati.

Muvozanat holatidagi suyuqliklarga bosim va og'irlik kuchlari ta'sir qiladi. Bosim suyuqlik egallagan hajmning har xil nuqdasida har xil qiymatga ega. Shuning uchun bosimni koordinata o'qlari x, y, z larning funksiyasi deb qarash kerak. Ko'rilayotgan suyuqlikda tomonlari dx, dy, dz ga teng bo'lgan parallelepipedga teng elementar hajm ajratib olamiz (2.2- rasm). Endi suyuqlikka ta'sir qiluvchi kuchlarning muvozanat holatini tekshiramiz. Og'irlik kuchining proyeksiyalari $\rho X dV; \rho Y dV; \rho Z dV$ bo'lsin; ya'ni $G\{\rho X dV, \rho Y dV, \rho Z dV\}$. 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 (2.2-rasm). Bu

sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim kuchlari esa tegishlicha $p dy dz$ va $\left(p + \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dy dz$ 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:



$$p dy dz - \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dy dz - \rho x dx dy dz = 0,$$

Shuningdek, Oy o'qi bo'yicha, yOz tekislikda yotuvchi sirtga $p dx dz$,

Suyuqliklar muvozanatining Eyler tenglamasiga doir chizma.

unga parallel bo'lgan sirtga esa $\left(p + \frac{\partial p}{\partial y} dy\right) dx dz$ kuchlar ta'sir qiladi.

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

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

Shuningdek, Oz o'qi bo'yicha

$$p dx dz - \left(p + \frac{\partial p}{\partial z} dz\right) dx dy$$

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

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

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

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

Bu tenglamalar sistemasidan ko'rinib turibdiki, gidrostatik bosimning biror koordinata o'qidagi o'zgarishi zichlikning birlik og'irlik kuchining shu o'q yo'nalishidagi proyeksiyasiga ko'paytmasiga teng ekan, ya'ni muvozanatdagi suyuqliklarda bosimning o'zgarishi massa kuchlarga bog'liq.

⇒ (2.2) tenglamalar sistemasi suyuqliklar muvozanat holatining umumiy differensial tenglamasidir. Bu tenglamani 1755 yil L. Eyler chiqargan.

➤ Og'ir gazlar muvozanati.

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 truba devorlari va mashinalarning suyuqlik harakat qiluvchi qismlarining buzilishiga olib keladi.

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:

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

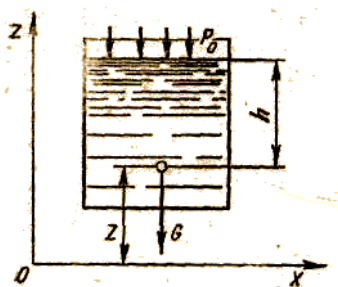
Bu tenglamaning chap tomoni bosimning to'liq differensialini beradi, shuning uchun

$$dp = \rho(Xdz + Ydy + Zdz). \quad (2.3)$$

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 ($p = \text{const}$) sirtlarni topish mumkin. Bunday tekisliklar bosimi teng sirtlar deb ataladi. $p = \text{const}$ bo'lganda $dp = 0$ bo'ladi, ρ esa nolga teng bo'lishi mumkin emas. Shuning uchun bosimi teng sirtlar tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0 \quad (2.4)$$

Bosimi teng sirtlar xususiyl 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. Xususiyl holda ochiq idishdagi suyuqlikning yuqori sirti havo bilan chegaralangan bo'lib, erkin sirtni tashkil qiladi (2.3-rasm).



Idishda tinch turgan suyuqliklarda erkin sirtga doir chizma.

➤ Yupqa va egri devorga ta'sir etuvchi suyuqlik bosim kuchi.

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:

$$p_A = \rho h_A; \quad p_B = \rho h_D; \quad p_C = \rho h_C.$$

Suyuqlik tubidagi bosim kuchi esa

$$P = \gamma h S$$

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

2.4-rasmda har xil shakldagi idishlar tasvirlangan va barcha idishlardagi suyuqlikning chuqurligi h ga, idish tubining sirti esa S ga teng.

Bu holda idish tubiga bo'lgan bosim kuchi idishlarda

$$P_a = \gamma h S; P_b = \gamma h S; P_c = \gamma h S; P_e = \gamma h S \quad (2.28)$$

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:

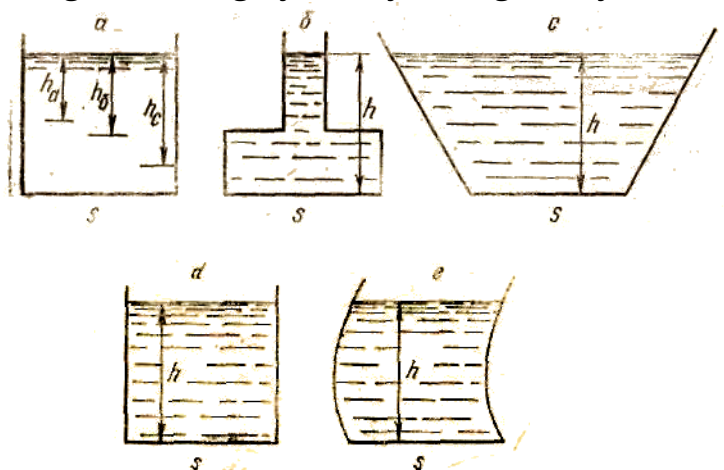
$$P = \gamma h S.$$

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

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, 2.4, b va 2.4, c - rasmlarni tekshirsak, birinchi holda idishning yuqoridagi devorlarida bosim yuqoriga yo'nalgan bo'lib, reaksiya kuchlari pastga yo'nalgan, 2.24, e da esa aksincha.

Ana shu hodisalar gidrostatik g'ayritabiiylikning mohiyatini oshib beradi.



Gidrostatik paradoksga doir chizma.

b) Suyuqlikning qiya sirtga bosimi.

Qo'shimcha qiya tekislikka bo'lgan bosim kuchini aniqlash kerak bo'ladi. Xususiyl holda shitlarga ta'sir qiluvchi kuchlarni aniqlash xuddi shunday masalaga olib keladi. Shitlardagi kuchni hisoblash uchun quyidagi masalani ko'ramiz. Suyuqlik bilan to'ldirilgan idish olaylik. Uning gorizont bilan α burchak tashkil

etgan qiya sirtida S 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  $S$  sirtidagi kichkina  $dS$  sirtgacha bo`lgan bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$dP = dS(\gamma h + p_0). \quad (2.29)$$

Bu yerda γh - suyuqlik ustunining bosimi; p_0 - erkin sirtidagi bosim. U holda S yuzaga ta'sir qilayotgan to`la bosim quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$P_S = \int_{(S)} \gamma h dS + \int_{(S)} p_0 dS = \gamma \int_{(S)} h dS + p_0 \int_{(S)} dS,$$

agar

$$h = y \sin \alpha$$

ekanligini hisobga olsak:

$$P_S = \gamma \sin \alpha \int_{(S)} y dS + p_0 \int_{(S)} dS, \quad (2.30)$$

bu yerda $\int_{(S)} y dS$ – sirtning Ox o`qiga nisbatan statik momenti.

Statik moment haqidagi tushunchaga asosan

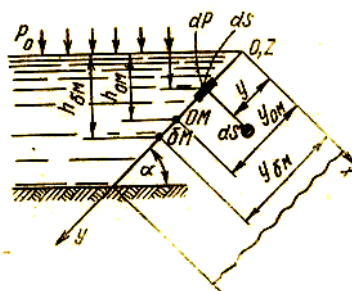
$$\int_{(S)} y dS = S y_{O.M.},$$

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

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

demak.

$$P_S = S(\gamma h_{O.M.} + p_0). \quad (2.31)$$



Qiya sirtga tushadigan bosimni hisoblashga doir chizma.

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

$$P_S = P_a + P_u$$

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

$$P_u = \gamma h_{OM} S \quad (2.32)$$

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

$$P_a = P_0 S$$

va chegirma bosim kuchi $P_u = \gamma h_{o.M} S$

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

c) 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 $y_{b.M}$ ga teng deb hisoblab, S sirtga ta'sir qilayotgan momentni aniqlaymiz:

$$P \cdot y_c = \int_{(S)} dPy = \int_{(S)} \gamma h dS y \quad (2.33)$$

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

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

$$S \cdot y_{o.b.} y_{o.M.} = \int_{(S)} y^2 dS = I_x \quad (2.34)$$

bu yerda $I_x = \int_{(S)} y^2 dS$ – ko'rilayotgan sirtning Ox o'qda nisbatan inersiya momenti.

U holda (2.34) dan bosim markazini topamiz:

$$y_{o.M.} = \frac{I_x}{S \cdot y_{o.b.}} \quad (2.35)$$

Inersiya momentini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I_x = I_{o.M.} + S \cdot y_{o.M.}^2 \quad (2.36)$$

bu yerda $I_{o.M.}$ – ko'rilayotgan yuzaning uning og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti.

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

$$y_{o.M.} = y_{o.M.} + \frac{I_{o.M.}}{S \cdot y_{o.M.}} \quad (2.37)$$

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

➤ **Arximed qonuni.** Suyuqliklarning nisbiy tinch holati.

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

$$P_1 = \gamma H_1 S$$

2) jismga pastdan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_2 = \gamma H_2 S$$

3) pastga yo'nalgan og'irlik kuchi

$$G = \gamma_1 \Delta H S = \gamma_1 V,$$

4) jismga yon tomonlaridan ta'sir etuvchi kuch P_n ; 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:

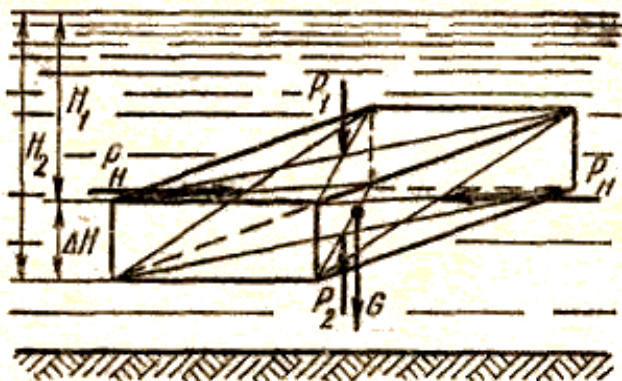
$$P = P_2 - P_1 = \gamma S(H_2 - H_1) = \gamma S \Delta H. \quad (2.43)$$

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; S – jismning yuqori va pastki sirtlarining yuzasi.

Jismning hajmi $V = \Delta H S$ bo'lgani uchun siqib chiqaruvchi kuch quyidagicha aniqlanadi:

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

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.



Arximed qonuniga oid chizma

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. *Vaterchiziq* – suzish tekisligi bilan jism sirtining kesishish chizig'i.
3. *Suzayotgan jismning og'irlik markazi* (2.41-rasmda C nuqta).

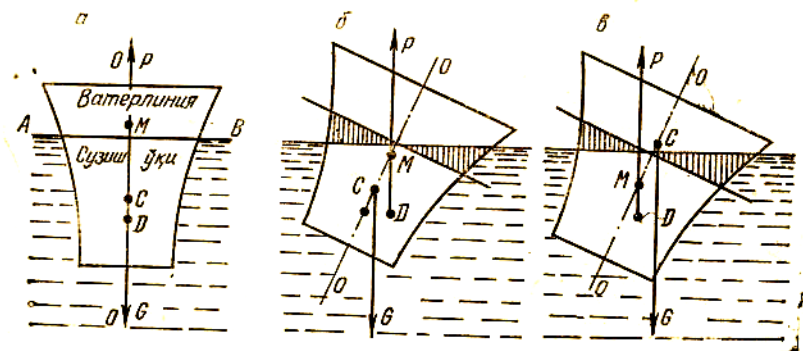
4. *Suv sig'imi markazi yoki bosim markazi* (2.41-rasmda D nuqta). Bu yerda suv sig'imi – jismning suvga botgan qismi. Suv sig'imi markazi jismning suyuqlikka botgan qismiga ta'sir etuvchi bosimning teng ta'sir etuvchisi qo'yilgan nuqta bo'lib, u suvga botgan qismning og'irlik markaziga joylashgan.

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 (2.41-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 (2.41-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.



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 (2.41-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 (2.41-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.

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. Hidrostatikadagi 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 inersiya 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 gorizont 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 inersiya kuchi va og'irlik kuchining yig'indisidan iborat bo'ladi (ularning proeksiyalari yuqorida ko'rilgan)

Nazorat test savollari

1. ***Muvozanat holatidagi suyuqliklarga qaysi kuchlar ta'sir etadi?***
 - a. bosim va og'irlik kuchlari ta'sir qiladi.
 - b. Inersiya kuchi va tortishish kuchi ta'sir qiladi.
 - c. Markazda qochma kuch va Nuyuton kuchi ta'sir qiladi.
 - d. Hech qanday kuch ta'sir qilmaydi.
2. ***Bosim suyuqlik egallagan hajmning har xil nuqdasida qanday qiymatga ega?***
 - a. har xil qiymatga ega.
 - b. bir hil qiymatga ega.
 - c. o'zgaruvchan qiymatga ega.
 - d. o'garmas qiymatga ega.
3. ***Gaz pufakchalari paydo bo'lishi bilan suyuqlikning tutashligi buziladi va tutash muhitlarga taalluqli qonunlar o'z kuchini yo'qotadi. Bu qanday hodisa deyiladi?***
 - a. kavitasiya hodisasi deyiladi.

- b. suyulish hodisasi
 - c. qaynash hodisasi
 - d. aralashish hodisasi
4. ***Tekis devorga ta'sir kilayotgan gidrostatik bosim kuchni aniqlash formulasini ko'rsating.***
- a. $P = P_0 \cdot S$
 - b. $P = P_0 + \gamma h$
 - c. $P = P_0 + \rho gh$
 - d. $P = \gamma h$
5. ***Egri sirtlar devorlarga bulgan bosim kuchini aniqlash formulasini ko'rsating?***
- a. $P = \sqrt{P_e^2 + P_r^2}$
 - b. $P_e = P_0 + S_r \cdot G$
 - c. $P_e = P_0 \cdot S - G$
 - d. $P_e = P_0 \cdot S_r + G$
6. ***Arximed qonuning formulasini toping?***
- a. $P = \gamma W$
 - b. $P = \gamma H$
 - c. $P = \gamma Q$
 - d. $\rho = m/W$
7. ***Suyuqlikka ta'sir qilayotgan 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 nima deyiladi.***
- a. nisbiy tinchlik deyiladi.
 - b. xarakatsiz lik
 - c. notinch holat
 - d. kuch ta'siridagi holat

2-§ Hidrodinamika: 4soat

3. SUYUQLIK KINEMATIKASINING ASOSIY TUSHUNCHASI. SUYUQLIK BOSIMINI O'RGANISH USLUBI

1. Hidrodinamikaning asosiy tenglamasi.
2. Suyuqlik kinematikasining asosiy tushunchasi. Suyuqlik bosimini o'rganish uslubi.
3. Harakatlanayotgan suyuqlik hajmidagi zarrachalar tizimining integral xarakteristikasi. Harakatlanayotgan suyuqlik hajmi uchun keltirilgan integraldan vaqt bo'yicha olingan to'liq hosilasini hisoblash. Tekshirish yuzasi to'g'risida tushuncha.
4. Uzliksizlik tenglamasi. Eyler tenglamasi shaklidagi qovushqoq bo'lmagan suyuqliklar uchun harakat differentsial tenglamasi.



Gidrodinamikaning asosiy tenglamasi.

Gidravlikaning suyuqliklar harakat qonunlari va ularning harakatlanayotgan yoki harakatsiz qattiq jismlar bilan oʻzaro taʼsirini oʻrganuvchi boʻlimi gidrodinamika deyiladi.

Harakatlanayotgan suyuqlik vaqt va koordinata boʻyicha oʻzgaruvchi turli parametrlarga ega boʻlgan harakatdagi moddiy nuqtalar toʻplamidan iborat. Odatda suyuqlikni oʻzi egallab turgan fazoni butunlay toʻldiruvchi tutash jism deb qaraladi. Bu degan soʻz tekshirilayotgan fazoning istalgan nuqtasini olsak, shu yerda suyuqlik zarrachasi mavjuddir. Hidrostatikada asosiy parametr bosim edi, gidrodinamikada esa bosim va tezlikdir.

Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida shu nuqtaga tegishli tezlik va bosim mavjud boʻlib, fazoning boshqa nuqtasiga oʻtsak, tezlik va bosim boshqa qiymatga ega boʻladi, yaʼni tezlik va bosim koordinatalar x, y, z ga bogʻliq. Nuqtadagi suyuq zarrachaga taʼsir qilayotgan bosim va tezlik vaqt oʻtishi bilan oʻzgarib borishini tabiatda kuzatish mumkin.

Tezlik va bosim maydonlari. Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida hayolan tezlik va bosim vektorlarini koʻrib chiqsak, koʻrilayotgan harakatga mos keluvchi tezlik va bosim toʻplamlarini koʻz oldimizga keltira olamiz. Ana shu usul bilan tuzilgan tezlik *toʻplami tezlik maydoni* deyiladi. Shuningdek, bosim vektorlaridan iborat toʻplam *bosim maydoni* deb ataladi. Tezlik va bosim maydonlari vaqt oʻtishi bilan oʻzgarib boradi. Hidrostatikadagi kabi gidrodinamikada ham gidrodinamik bosimni p bilan belgilaymiz va uni sodda qilib bosim deb ataymiz. Tezlikni esa u bilan belgilaymiz. U holda tezlikning koordinata oʻqlaridagi proyeksiyalari u_x, u_y, u_z boʻladi.

Yuqorida aytib oʻtilganga asosan suyuqlik parametrlari funktsiya koʻrinishida yoziladi

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

tezlik proyeksiyalari ham funktsiyalardir;

$$\begin{aligned} u_x &= f_3(x, y, z, t) \\ u_y &= f_4(x, y, z, t) \\ u_z &= f_5(x, y, z, t) \end{aligned}$$

Bu keltirilgan funktsiyalarni aniqlash va ular oʻrtasidagi oʻzaro bogʻlanishni topish gidrodinamikaning asosiy masalasi hisoblanadi.

Harakat turlari. Harakat vaqtida suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt oʻtishi bilan oʻzgarib tursa, bunday harakat *beqaror harakat* deyiladi. Tabiatda daryo va kanallardagi suvning harakatlari, texnikada trubalardagi suyuqlikning harakati va mexanizmlar qismlaridagi harakatlar asosan boshlanganda va koʻp hollarda butun harakat davomida beqaror boʻladi. Agar suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt boʻyicha oʻzgarmay faqat koordinatalarga bogʻliq, yaʼni

$$\begin{aligned} p &= f_{11}(x, y, z) \\ u &= f_{21}(x, y, z) \end{aligned} \quad (3.2)$$

bo'lsa, u holda harakat *barqaror* deyiladi. Bu hol trubalarda 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, qarakat notekis harakat bo'ladi. Notekis harakat vaqtida suyuqlik ichida bosim va boshqa gidravlik parametrlar o'zgarib boradi. Notekis harakatni kesimi o'zgarib borayotgan shisha trubada 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'zgartir-masa, bunday harakat tekis harakat deyiladi. Tekis harakat vaqtida suyuqlikning gidravlik parametrlari o'zgarmaydi. Tekis harakatga kesimi o'zgarmaydigan truba-lardagi suyuqlikning va qiyaligi bir xil kanallardagi suv oqimi misol bo'la oladi.

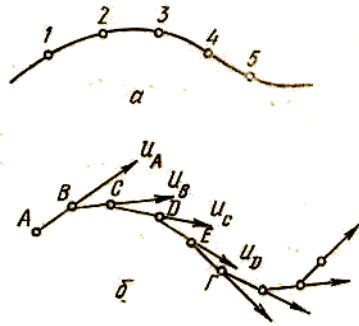


Suyuqlik kinematikasining asosiy tushunchasi.
Suyuqlik bosimini o'rganish uslubi.

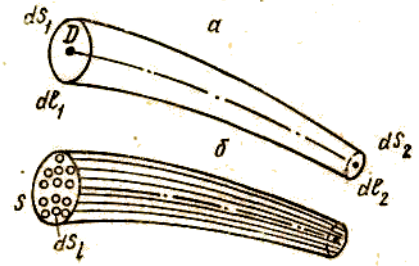
Odatda, biror voqea yoki hodisani tekshirishda uni butunligicha tekshirib bo'lmagani uchun biror soddalashtirilgan sxema qabul qilinadi va ana shu sxema tekshiriladi. Gidravlikada suyuqlik harakati qonuniyatlarining tabiatini eng yaxshi ifodalab beruvchi sxema suyuqlik oqimini elementar oqimchalardan 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 nuq-talarda harakatdagi zarracha (3.1) va (3.2) ga asosan har xil tezlik va bosimlarga ega bo'ladi. Shu nuqtalarni o'zaro tutashtirsak, suyuqlik zarrachasiniig traektoriyasi 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 zarrachasiniig 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_C vektorining davomida dl_2 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



Oqim chizig'ini tushuntirishga oid chizma.



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 chiziqli oqim chizig'i deb ataladi. Beqaror harakat vaqtida tezlik va uning yo'nalishi vaqt davomida o'zgarib turgani uchun traektoriya 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 ishidagi 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.

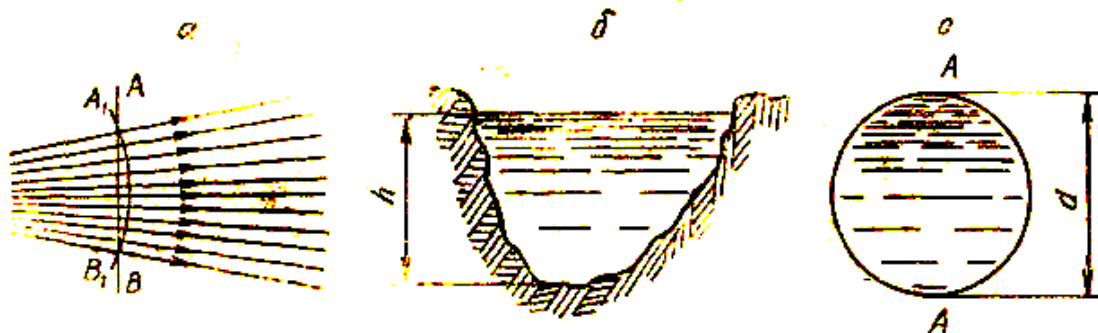
Endi biror S yuza olib, uni cheksiz ko'p dS_1, dS_2, dS_3 elementar yuzalarga ajratish mumkin (3.2-rasm, b). Shuning uchun yuzadan oqib o'tayotgan suyuqlik oqmasi cheksiz ko'p elementar oqimchalardan tashkil topgan bo'ladi va har bir elementar oqimchada suyuqlik tezligi boshqa elementar oqimchalardagidan farq qiladi.

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 sirt) (3.3-rasm, b, s).

Masalan, radial tarqalayotgan suyuqlik oqimi uchun harakat kesimi sferik sirt bo`lsa (3.3-rasm, a) o`zanda va trubada harakat qilayotgan oqimning harakati kesimi tekis sirt (3.3- rasm, v, s). 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.



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-rasmدا trubadagi (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. Trubada 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 ushuncha elementar sarflarning yig`indisi, ya'ni butun oqimning sarfi integral ko`rinishda ifodalanadi:

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

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 v harfi bilan belgilanadi va sarfni harakat kesimiga bo`lish yo`li bilan topiladi:

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{\int_{\omega} u \cdot d\omega}{\omega}. \quad (3.4)$$

Bunda suyuqlik sarfi o`rtacha tezlik orqali quyidagicha ifodalaniladi:

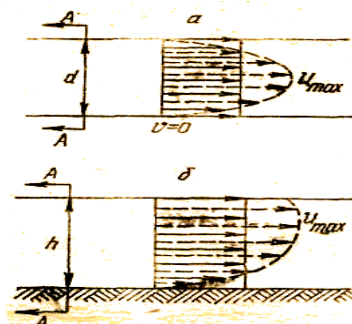
$$Q = v \cdot \omega. \quad (3.5)$$

Oqma ko'ndalang kesimini (erkin sirtni hisobga olmaganda) uni chegaralovchi devorlar bilan tutashtiruvchi chiziqli 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 trubalar uchun ho'llangan perimetr quyidagicha hisoblanadi:

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

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



Suyuqlik sarfi va o'rtacha tezlikka doir chizma.

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

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

bu yerda $m = \text{ctg}\alpha$ – qiyalik koefitsiyenti;

uchburchak novlar uchun (1.32-rasm, v):

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

silindrik trubalar uchun (1.32-rasm) 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 - trubaning ichki diametri; r - trubaning ichki radiusi.

Oqim harakat kesimi ω ning ho'llangan perimetri χ ga nisbati gidravlik radiusi deb ataladi va R bilan belgilanadi, ya'ni:

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (3.6)$$



Ho'llangan perimetrda doir chizma.

To'g'ri to'rtburchak novlar uchun:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{hb}{2h+b}; \quad (3.7)$$

Trapezidal novlar uchun

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{h(mh+b)}{b+2h\sqrt{1+m^2}}. \quad (3.8)$$

Uchburchak novlar uchun

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{mh^2}{2h\sqrt{1+m^2}} = \frac{mh}{2\sqrt{1+m^2}}. \quad (3.9)$$

Silindrik trubalar uchun:

suyuqlik to'lib oqqanda

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\pi d^2}{4} : \pi d = \frac{r}{2}, \quad (3.10)$$

suyuqlik to'lmay oqqanda

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\frac{d^2}{8} \left(\frac{\varphi\pi}{180} - \sin\varphi \right)}{\frac{\varphi\pi d}{360}} = \frac{d}{4} \left(1 - \frac{180 \sin\gamma}{\varphi\pi} \right). \quad (3.11)$$

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 dS_1 tezlik u_2 2-2 kesimdagi yuza ds_2 , tezlik u_2 bo'lsin va bu kesimlarda tegishli elementar sarflar $q_1 = u_1 dS_1$ va $q_2 = u_2 ds_2$ ga teng bo'lsin.

Bu holda 1-1 va 2 - 2 kesimlar orqali o'tuvchi elementar sarflar teng bo'ladi:

$$q_1 = q_2 \quad (3.12)$$

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 hulosga chiqadi. Biroq yuqorida aytilganidek, elementar oqimcha devorlaridan suyuqlik o'tmaydi va uning ko'ndalang kesimlari o'tkazmasdir.



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:

$$u_1 dS_1 = u_2 dS_2 \quad (3.13)$$

1-1 va 2-2 kesimlar ixtiyoriy tanlab olinganligi uchun elementar oqimchanning xohlagan kesimi uchun elementar sarf teng bo'ladi, ya'ni

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

(3.13) tenglama elementar oqimcha uchun uzilmaslik tenglamasi deb ataladi. Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, elementar oqimchanning barcha kesimlarida elementar sarf bir xildir. (3.13) tenglamani quyidagicha yozish mumkin

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

Bundan elementar oqimchanning ixtiyoriy ikkita kesimidagi tezliklar bu kesimlar yuzasiga teskari proporsional 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 o'ng qismini S_1 va S_2 yuzalar bo'yicha olingan integrallar bilan almashtiramiz

$$\int_{S_1} u_1 dS_1 = \int_{S_2} u_2 dS_2.$$

(3.3) tenglamaga asosan

$$\int_{S_1} u_1 dS_1 = v_1 S_1; \quad \int_{S_2} u_2 dS_2 = v_2 S_2$$

bo'ladi. Shuning uchun

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \quad (3.14)$$

Tanlab olingan 1–1 va 2–2 kesimlar ixtiyoriy bo'lgani uchun

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = v_3 S_3 = \dots = v_n S_n = \text{const}$$

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 proporsionaldir*:

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

Suyuqlik oqimiga bosimning ta'siriga qarab bosimli va bosimsiz harakatlar bo'ladi.

Bosim va og'irlik ta'sirida bo'ladigan harakatlar bosimli harakat deb ataladi. Bosimli harakat vaqtida suyuqlik har tomondan devorlar bilan o'ralgan bo'lib, erkin sirt bo'lmaydi (ya'ni suyuqlikning bosimi chiqib ketishiga hech qanday imkoni-

yat yo`q). Bunday harakatga bosimli idishdan trubaga o`tayotgan suyuqlik harakati misol bo`ladi.

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

➤ Harakatlanayotgan suyuqlik hajmidagi zarrachalar tizimining integral xarakteristikasi.

Gidrostatika bo`limida suyuqliklar muvozanat holatining tenglamasini chiqarganimizdek, ularning harakati uchun ham umumiydushgan 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 inersiya kuchlari ham mavjudligidir. Shuning uchun gidrostatikada suyuqlikning muvozanat shartlaridan foydalangan bo`lsak, bu yerda Dalamber prinsipidan foydalanamiz. U holda birlik massaga ta'sir etuvchi inersiya kuchlarining teng ta'sir etuvchisi  $x$ ,  $y$  va  $z$  o`qlariga quyidagi proeksiyalarga ega bo`ladi:

$$\alpha_x = \frac{du_x}{dt}; \quad \alpha_y = -\frac{du_y}{dt}; \quad \alpha_z = \frac{du_z}{dt} \quad (3.15)$$

Birluk massaga ta'sir etuvchi bosim kuchlarining teng ta'sir etuvchilari

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}; \quad -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}; \quad -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \quad (3.16)$$

bo`ladi. Shuningdek, og`irlik kuchlari uchun x , y va z o`qlaridagi proeksiyalar

$$X, \quad Y, \quad Z. \quad (3.17)$$

Endi x , y va z o`qlari bo`yicha Dalamber prinsipini qo`llasak quyidagi differensial tenglamalar sistemasiga ega bo`lamiz:

$$\left. \begin{aligned} \frac{du_x}{dt} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{du_y}{dt} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{du_z}{dt} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned} \right\} \quad (3.18)$$

Bu tenglamalar sistemasi ideal suyuqliklar harakatining differensial tenglamasi deyiladi. U birinchi marta Eyler tomonidan suyuqliklar harakatini tekshirish uchun taklif qilingani uchun (1755 y) Eyler tenglamasi deb ham yuritiladi.

Yuqoridagi sistema uchta differensial tenglamadan iborat bo`lib, noma'lumlar soni to`rtta: 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 differensial shaklda yoziladi va u siqilmaydigan suyuqliklar ushun quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi:

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0 \quad (3.19)$$

Oliy matematika kursidan ma'lumki, ixtiyoriy vektor proyeksiyalarining tegishli koordinatalar bo'yicha hosilalari yig'indisi divergensiya deyiladi. U holda

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = \text{div} \vec{U}$$

Buni nazarga olsak, (3.19) qisqasha quyidagicha yoziladi:

$$\text{div} \vec{U} = 0$$

Murakkab funksiyaning to'liq differensial haqidagi qoidaga asosan

$$\frac{du_x}{dt} = \frac{\partial u_x}{\partial t} + \frac{\partial u_x}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial t} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial u_x}{\partial z} \frac{\partial z}{\partial t}, \quad (3.20)$$

lekin koordinatalardan vaqt bo'yicha hosilalar tezlik proyeksiyalarini beradi, ya'ni

$$\frac{\partial x}{\partial t} = u_x; \quad \frac{\partial y}{\partial t} = u_y; \quad \frac{\partial z}{\partial t} = u_z. \quad (3.21)$$

Buni nazarda tutgan holda (3.20) ni quyidagicha yozish mumkin

$$\frac{du_x}{dt} = \frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z}. \quad (3.22)$$

Shuningdek, u_y, u_z funksiyalarining vaqt bo'yicha to'liq hosilalarini ham quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{du_y}{dt} = \frac{\partial u_y}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_y}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_y}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_y}{\partial z}, \quad (3.23)$$

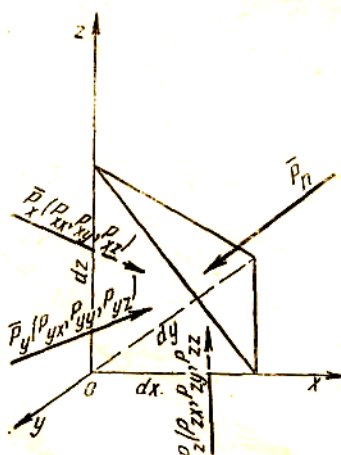
$$\frac{du_z}{dt} = \frac{\partial u_z}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_z}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_z}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z}. \quad (3.24)$$

(3.22), (3.23), (3.24) larni (3.18) tenglamaga qo'yib, ideal suyuqliklar differensial tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{\partial u_y}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_y}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_y}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_y}{\partial z} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{\partial u_z}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_z}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_z}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned} \quad (3.25)$$

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 $\bar{p}_x$ kuchi, xOz tekisligida yotgan yuzasi bo'yicha p_z kuchi.



Real suyuqliklarda zo'riqish tenzorini tushuntirishga doir chizma

Bu kuchlarning har biri x, y va z o'qlari bo'yicha proyeksiyaga ega:

$$\begin{aligned} \bar{p}_x & \begin{pmatrix} p_{xx}, p_{xy}, p_{xz} \end{pmatrix} \\ \bar{p}_y & \begin{pmatrix} p_{yx}, p_{yy}, p_{yz} \end{pmatrix} \\ \bar{p}_z & \begin{pmatrix} p_{zx}, p_{zy}, p_{zz} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Shunday qilib, P kuchni to'qqizta kuch bilan almashtirish mumkin bo'ladi. Bunday xususiyatga ega bo'lgan kattaliklar tenzor deb ataladi va quyidagicha yoziladi:

$$\bar{p}_n \begin{Bmatrix} p_{xx}, p_{xy}, p_{xz} \\ p_{yx}, p_{yy}, p_{yz} \\ p_{zx}, p_{zy}, p_{zz} \end{Bmatrix} \quad (3.26)$$

Bu kuchlardan uchta 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 sirlarga 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 tushuntirishsiz, tezlik va qovushoqlik koeffisienti orqali ifodasini keltiramiz:

$$\begin{aligned}
p_{xx} &= -p + 2\mu \frac{\partial u_x}{\partial x} \\
p_{yy} &= -p + 2\mu \frac{\partial u_y}{\partial y} \\
p_{zz} &= -p + 2\mu \frac{\partial u_z}{\partial z} \\
p_{xy} &= p_{yx} = \mu \left(\frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \\
p_{xz} &= p_{zx} = \mu \left(\frac{\partial u_x}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial x} \right) \\
p_{yz} &= p_{zy} = \mu \left(\frac{\partial u_z}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial z} \right)
\end{aligned} \quad (3.27)$$

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 inersiya kuchlarini hisobga olmaganimizda, uchta kuch ta'sir qiladi:

Ox bo`yicha p_{xx} , p_{yx} , p_{zx}

Oy 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 prinsipidan foydalanib harakat tenglamasini tuzamiz. U quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi:

$$\begin{aligned}
\frac{du_x}{dt} &= X + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z} \right) \\
\frac{du_y}{dt} &= Y + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zy}}{\partial z} \right) \\
\frac{du_z}{dt} &= Z + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zz}}{\partial z} \right)
\end{aligned} \quad (3.28)$$

Olingan tenglamaga (3.22), (3.23), (3.24) va (3.25) munosabatlarni kiritsak, real suyuqliklarning harakat tenglamasi quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right) \\
\frac{\partial u_y}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_y}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_y}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_y}{\partial z} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial z^2} \right) \\
\frac{\partial u_z}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_z}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_z}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right)
\end{aligned} \tag{3.29}$$

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.

1. Hidrodinamikaning asosiy tenglamasi.
2. Suyuqlik kinematikasining asosiy tushunchasi. Suyuqlik bosimini o'rganish uslubi.
3. Harakatlanayotgan suyuqlik hajmidagi zarrachalar tizimining integral xarakteristikasi. Harakatlanayotgan suyuqlik hajmi uchun keltirilgan integraldan vaqt bo'yicha olingan to'liq hosilasini hisoblash. Tekshirish yuzasi to'g'risida tushuncha.
4. Uzliksizlik tenglamasi. Eyler tenglamasi shaklidagi qovushqoq bo'lmagan suyuqliklar uchun harakat differentsial tenglamasi.

Nazorat test savollari

1. *Gidravlika fani qanday fan?*

- a. Suyukliklarning muvozanat va xarakat konunlarini urganuvchi xamda bu konunlarni texnikaning xar xil soxalariga tadbik etish bilan shugullanuvchi fan gidravlika deb ataladi;
- b. Gidravlika suyukliklarda kuchlarning tarkalishi va uning xarakat davomida uzgarib borish konunlarini urganuvchi fandır;
- c. Gidravlika-gidrotexnika, irrigatsiya, suv ta'minoti va kanalizatsiya, neft mexanikasi kabi bir kancha fanlarning yigindisi;
- d. Gidravlika-bu suzib yuruvchi jismlar xaqidagi aloxida fan;

BERNULLI TENGLAMASI. 2soat

1. Bernulli tenglamasi. Qovushqoq siqilmaydigan suyuqliklarning oqimchasi uchun kinetik energiyani o'zgarish qonuni.
2. Bernulli tenglamasining fizik ma'nosi. Bernulli tenglamasining grafik ko'rinishdagi tasviri.
3. Suyuqlik oqimining asosiy xarakteristikasi. To'liq oqim uchun Bernulli tenglamasi.
4. Bernulli tenglamasi va to'liq energiya tushunchasini amaliy masalalarga tadbiqu.

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:

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

(3.21) munosabatdan ko'rinib turibdiki,

$$dx = u_x dt; \quad dy = u_y dt; \quad dz = u_z dt$$

Shu munosabatdan foydalanib. (3.30) tenglamaning chap tomonini quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

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

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:

$$\frac{1}{2} d(u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) = \frac{1}{2} d(u^2) \quad (3.32)$$

(3.30) ning o'ng tomonidagi $Xdx + Ydy + Zdz$ biror kuch potensialining to'liq differensialidir. Agar shu potensialni $F = f(x, y, z)$ bilan belgilasak, u holda quyidagiga ega bo'lamiz

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

Odatda, suyuqlikka ta'sir qiluvchi massa kuch og'irlik kuchidir. Bu holda dekart koordinatalar sistemasida quyidagicha bo'ladi:

$$F = -gz \quad (3.34)$$

(3.30) tenglamaning o'ng tomonida yana bosim bilan ifodalangan munosabat bo'lib, u bosimning to'liq differensialini ifodalaydi, ya'ni

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

(3.32), (3.33), (3.34) 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 (1.33-rasmga q.) 2-2 kesimigacha integrallasak, quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\frac{u_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + gz_1 = \frac{u_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + gz_2 \quad (3.36)$$

Bu tenglikdagi har bir had massa birligiga keltirilgan. Agar uni kuch birligiga keltirsak, ya'ni g ga ikki tomonini bo'lib yuborsak, u holda $\rho g = \gamma$ ni hisobga olib, quyidagini olamiz:

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

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:

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

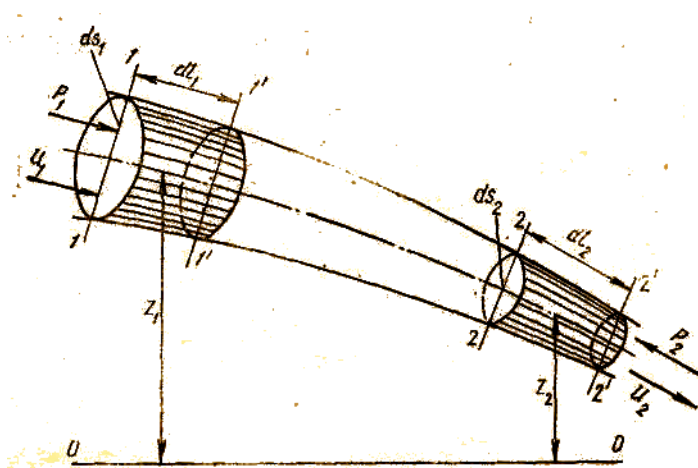
Ko'rinib turibdiki, Bernulli tenglamasida asosan $z, \frac{p}{\gamma}, \frac{u^2}{2g}$ kattaliklarning yig'indisi

o'zgarmas ekan. Shunday qilib, bu tenglama tezlik u , bosim p , zichlik ρ 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 1-1 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 dS_1 bu yuzaga ta'sir qiluvchi kuch P_1 va tezlik u_1 bo'lsin. 2-2 kesimning yuzasi esa dS_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:

$$d\left(\frac{m_1 u_1^2}{2}\right) = \sum P l \quad (3.39)$$



Bernulli tenglamasini keltirib chiqarishga doir chizma.

bu yerda $d\left(\frac{mu^2}{2}\right)$ – kinetik energiyaning dt vaqtda oʻzgarishi; $\sum Pl$ – barcha kuchlar bajargan ishlarning yigʻindisi. Endi elementar oqimcha boʻlagining dt vaqt ichida 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi holatdan 1'-1' va 2'-2' kesimlar orasidagi holatga kelgandagi kinetik energiyaning oʻzgarishini koʻramiz. Harakat barqaror boʻlgani uchun bu oʻzgarish 1 - 1 va 1' - 1' orasidagi boʻlak bilan 2 - 2 va 2' - 2' orasidagi boʻlak kinetik energiyalari ayirmasiga teng.

1 - 1 va 1' - 1' orasidagi boʻlakning kinetik energiyasi (uning massasi m_1 boʻlsa) $\frac{m_1 u_1^2}{2}$ ga teng boʻladi. 2-2 va 2'-2' orasidagi boʻlakning kinetik energiyasi esa $\frac{m_2 u_2^2}{2}$ ga teng. Demak koʻrilayotgan 1 - 1 va 2 - 2 orasidagi boʻlakning kinetik energiyasi dt vaqtda quyidagi miqdorga oʻzgarar ekan:

$$\frac{m_2 u_2^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2} \quad (3.40)$$

Ikkinchi tomondan, 1 - 1 va 1' - 1' orasidagi boʻlakning massasi uning hajmi $dS_1 dl_1$ ning zichlikka koʻpaytmasiga teng, ya'ni

$$m_1 = \rho dS_1 dl_1.$$

Shuningdek, 2-2 va 2' - 2' orasidagi boʻlakning massasi

$$m_2 = \rho dS_2 dl_2.$$

dl_1 va dl_2 – dt vaqt ichida 1 - 1 va 2 - 2 kesimlarining yurgan yoʻlini koʻrsatadi, shuning uchun

$$dl_1 = u_1 dt, \quad dl_2 = u_2 dt \quad (3.41)$$

u holda m_1 va m_2 uchun quyidagi munosabatni olamiz;

$$m_1 = \rho dS_1 u_1 dt, \quad m_2 = \rho dS_2 u_2 dt$$

Bu munosabatni (3.40) ga qoʻysak va uzilmaslik tenglamasidan $q = u_1 dS_1 = u_2 dS_2$ ekanligini nazarga olsak, kinetik energiyaning oʻzgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{m_2 u_2}{2} - \frac{m_1 u_1}{2} = \rho \frac{q dt u_2^2}{2} - \rho \frac{q dt u_1^2}{2} = \rho q dt \left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right). \quad (3.42)$$

Endi, bajarilgan ishlarni tekshiramiz. Ular 1-1 va 2-2 kesimlarga ta'sir qiluvchi gidrodinamik kuchlarning va og'irlik kuchining bajarilgan ishlaridir. Elementar oqimchanning yon sirtlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchining bajarilgan ishi esa nolga teng ekanligi harakatning barqarorligidan ko'rinadi.

1-1 kesimga ta'sir etuvchi p_1 bosimning bajarilgan ishini A_1 , 2-2 kesimga ta'sir etuvchi p_2 bosimning bajarilgan ishini A_2 bilan belgilaymiz. U holda, 3.8 - rasmdan ko'rinib turibdiki,

$$A_1 = p_1 dS_1 dl_1$$

$$A_2 = p_2 dS_2 dl_2$$

(3.41) nazarga olsak va uzilmaslik tenglamasidan foydalansak, quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$A_1 = p_1 q dt; \quad A_2 = p_2 q dt \quad (3.43)$$

Og'irlik kuchi bajarilgan 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

$$G = \gamma dS_1 dl_1 = \gamma dS_1 u_1 dt = \gamma q dt$$

bo'lgani uchun

$$A_3 = \gamma q dt (z_1 - z_2). \quad (3.44)$$

Endi, (3.42), (3.43) va (3.44) larni (3.39) ga qo'ysak, elementar oqimcha uchun kinetik energiyani o'zgarish qonunini olamiz

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

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:

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

Bir xil indeksli hadlarni gruppalar joylashtirsak, Bernulli tenglamasi hosil bo'ladi:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2. \quad (3.35)$$

Shunday qilib, elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi kinetik energiyani o'zgarish qonunini ifodalaydi.

Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari

Bernulli tenglamasining har bir hadi o'zining 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 oqimchanning 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

$$h_1 = \frac{p_1}{\gamma}, \quad h_2 = \frac{p_2}{\gamma}, \quad h_3 = \frac{p_3}{\gamma}$$

ga teng bo'ladi.

h_1, h_2, h_3 lar pezometrik balandliklar deb ataladi. Odatda, pezometrlar yordamida trubalar 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 inersiya kuchi qo'shimcha bosimga sabab bo'ladi. Uchi, egilgan shisha naychalardagi balandlik quyidagilarga teng:

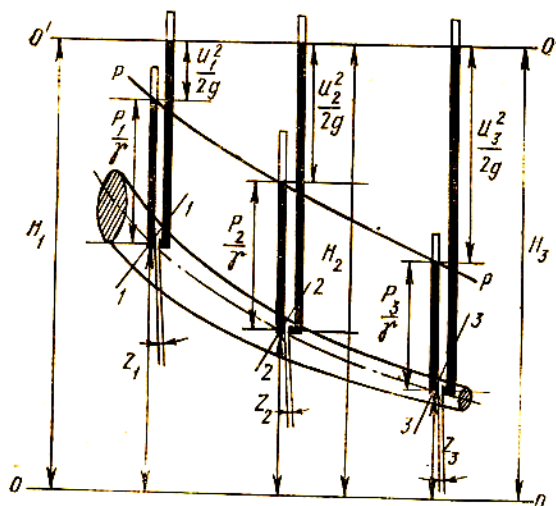
$$h_1' = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g}; \quad h_2' = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}; \quad h_3' = \frac{p_3}{\gamma} + \frac{u_3^2}{2g}$$

Pezometrda suyuqlik balandligi bilan uchi egilgan shishalardagi balandlik farqi

$$h_1' - h_1 = \frac{u_1^2}{2g}; \quad h_2' - h_2 = \frac{u_2^2}{2g}; \quad h_3' - h_3 = \frac{u_3^2}{2g}$$

larga teng bo'ladi va tezlik balandligi deyiladi.

Shunday qilib, geometrik nuqtai nazardan Bernulli tenglamasining hadlari quyidagicha ataladi:



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 bosimi (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 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 balandligi, pezometrik va geometrik balandliklarining umumiy yig'indisi uzgarmas miqdor bo'lib, u 3.9 - rasmda 0'-0' chizig'i bilan belgilanadi va suyuqlikning bosim (dam) tekisligi deb ataladi.

Gidrodinamikada bu uchta balandliklar $\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$ ning yig'indisi suyuqlikning to'liq bosimi (dami) deb ataladi va H bilan belgilanadi:

$$H = \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = \text{const.}$$

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 potensial

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 - 1-1, 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 potensial energiyalar harakat davomida o'zgarib boradi, lekin to'liq solishtirma energiya o'zgarmas bo'ladi.

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) chizig'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 $H_1 = H_2 = H_3 = \text{const}$ 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 energiya ning 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

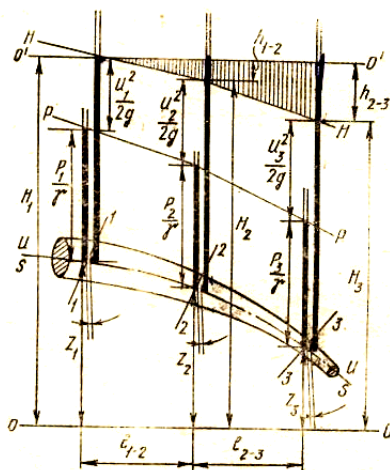
$$H_1 = \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1; \quad H_2 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2,$$

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:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{1-2}. \quad (3.46)$$



Real suyuqliklar uchun geometrik, pezometrik va tezlik balandliklari.

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.

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:

$$\int_{\omega_1} \frac{u_1^2}{2g} d\omega + \int_{\omega_1} \frac{p_1}{\gamma} d\omega + \int_{\omega_1} z_1 d\omega = \int_{\omega_2} \frac{u_2^2}{2g} d\omega + \int_{\omega_2} \frac{p_2}{\gamma} d\omega + \int_{\omega_2} z_2 d\omega + \int_{\omega_2} h_{1-2} d\omega. \quad (3.47)$$

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 v 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:

$$v = \frac{u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5}{5} = 10 \text{ m/s},$$

tezliklar kvadratlarining o'rtacha qiymati

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

o`rta tezlikning kvadrati esa  $v^2 = 100 \text{ m}^2/\text{s}^2$ . 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:

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

Bu tengsizlikni integrallash yo`li bilan ham isbotlash mumkin. (Bunday isbotni talabalarining 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:

$$\frac{\alpha_1 u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{\alpha_2 u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + H_{1-2}, \quad (3.48)$$

bu yerda α_1, α_2 – birinchi va ikkinchi kesimlarda tezlikning notekis tarqalganini hisobga oluvchi koeffitsiyent; H_{1-2} – birinchi va ikkinchi kesimlar uchun 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.

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`zgargani uchun birinchi va ikkinchi kesim (3.13 - rasm) orasidagi masofani cheksiz kichik Δl deb olamiz. U holda Bernulli tenglamasi differensial ko`rinishda quyidagicha yoziladi:

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

bu yerda

$$\begin{aligned} d\left(\frac{v^2}{2g}\right) &= \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right), \\ d\left(\frac{p}{\gamma}\right) &= \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \left(\frac{p_1 - p_2}{\gamma}\right), \\ dz &= \lim_{\Delta l \rightarrow 0} (z_1 - z_2). \end{aligned}$$

Endi (3.49) tenglamadan integral olamiz. U holda (3.49) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

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

Bu tenglikda birinchi, uchinchi va to'rtinchi integrallarni hisoblash oson:

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

Uchinchi integralni hisoblashda solishtirma og'irlik bosimga bog'liq ekanligini nazarga olish kerak bo'ladi. Prosessni politropik deb qarasak, u holda

$$\frac{p}{\gamma^n} = \frac{p_0}{\gamma_0^n}$$

bo'ladi. Bu tenglikdan

$$\gamma = p^{\frac{1}{n}} \frac{\gamma_0}{p_0^{\frac{1}{n}}},$$

bu yerda n - politropiya ko'rsatkishi; γ_0 - boshlang'ich holatdagi solishtirma og'irlik; p_0 - boshlang'ich holatdagi bosim. Oxirgi munosabatdan foydalanib va γ_0 , p_0 o'zgarmas ekanligini hisobga olib, ikkinchi integralni quyidagicha hisob-

laymiz:

$$\int \frac{dp}{\gamma} = \int \frac{p_0^{\frac{1}{n}}}{\gamma_0} = \frac{p_0^{\frac{1}{n}}}{\gamma_0} \int \frac{dp}{p^{\frac{1}{n}}} = \frac{p_0^{\frac{1}{n}}}{\gamma_0} \frac{p^{1-\frac{1}{n}}}{1-\frac{1}{n}}.$$

(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:

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

Tenglamani ikkita kesim uchun yozamiz:

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

Bu tenglama real gazlar oqimi uchun Bernulli tenglamasidir. Suyuqlik uchun Bernulli tenglamasi uchta qiymat v , p , z ni bog'lagan bo'lsa, bu tenglama to'rtta

qiymat v , p , z , γ ni bog'laydi. Shuning uchun gazlar harakati tekshirilganda Bernulli tenglamasi (3.21) bilan birgalikda foydalaniladi.

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.

3.16 - 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:

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

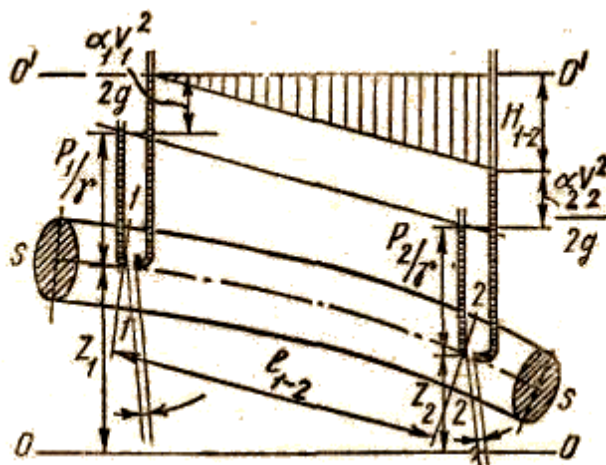
bu yerda l_{1-2} – birinchi va ikkinchi kesimlar orasidagi masofa; H_{1-2} – shu masofa orasida dam (bosim) ning pasayishi.

Agar bosim chizig'i egri chiziq bo'lsa, u holda gidravlik qiyalik differensial ko'rinishda yoziladi:

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

Pezometrik chiziqning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan pasayishi pezometrik qiyalik deb ataladi. Birinchi va ikkinchi kesim orasidagi (3.16-rasm) o'rtacha pezometrik qiyalik quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{p1-2} = \frac{\left(\frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right)}{l_{1-2}}. \quad (3.55)$$



Gidravlik va pezometrik qiyaliklar.

Pezometrik qiyalik l_p pezometrik chiziq egri chiziq bo'lganda differensial ko'rinishda aniqlanadi:

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

Tekis harakat vaqtida tezlik o'zgarmaganligi ($v_1 = v_2$) ushun gidravlik va pezometrik qiyaliklar teng bo'ladi.

Nazorat test savollari

1. Doiraviy kesimli quvurdagi oqimdagi olingan kesimning ixtiyoriy nuqtasidagi bosim qaysi uzunlik (balandlik) bilan aniqlanadi?

- Qaralayotgan nuqtadan taqqoslash tekisligigacha bo'lgan vertikal chiziq uzunligi bilan aniqlanadi.
- Qaralayotgan nuqtadan to'la dam chiziqqacha o'tkazilgan vertikal chiziqning kesmasi bilan aniqlanadi.
- Qaralayotgan nuqtadan pezometrik chiziqqacha o'tkazilgan vertikal chiziqning kesmasi bilan aniqlanadi.
- Qaralayotgan nuqtadan o'tgan vertikal chiziqning pezometrik chizigi va taqqoslash tekisligi bilan chegaralangan kesmasi bilan topiladi.

2. Pezometrik qiyalik deb nimaga aytiladi?

- Pezometrik chiziqning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan pasayishi pezometrik qiyalik deb ataladi.
- Bosimning keskin pasayishiga aytiladi
- Tezlikning keskin pasayishiga aytiladi
- Sarfning keskin pasayishiga aytiladi

SUYUQLIKLARDA ENERGIYANING YO'QOTILISHI: 2SOAT

- Suyuqlikning harakati vaqtidagi energiyaning yo'qotilishi.
- Energiya yo'qotilishining ikki turi. Ishqalanishda yo'qotilgan energiyani aniqlash. Darsi-Veysbax tenglamasi.

Real suyuqliklarda ikki kesim orasida energiya yo'qotilishini H_{1-2} bilan belgiladik. Bu yo'qotish suyuqliklardagi qovushoqlik kuchi hisobiga bo'ladi, ya'ni u shu kuchni yengishga sarf bo'ladi.

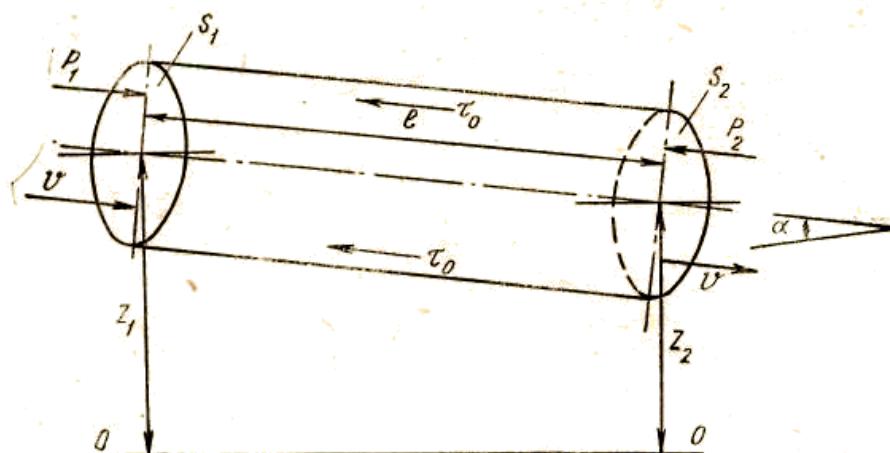
Truboprovodlardagi harakatni tekshirganimizda masala asosan ishqalanish kuchini yengish uchun sarf bo'lgan yo'qotishni hisoblashga keladi. Bu holda trubaning 1-1 va 2-2 kesimlarining sirti teng bo'lgani uchun tezliklari ham teng bo'ladi (3.17-rasm), ya'ni harakat tekis bo'ladi. 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi suyuqlik ustuniga ta'sir qiluvchi kuchlar:

- $P_1 = p_1 S$ va $P_2 = p_2 S$ - bosim kushlari;

- 2) $G = \gamma S_l$ – og'irlik kuchi;
 3) $T = \tau \pi D l$ – ishqalanish kuchidir.

1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi suyuqlikning muvozanat holati tenglamasi unga ta'sir qilayotgan kuchlar orqali quyidagicha yoziladi:

$$P_1 - P_2 + G \sin \alpha - T = 0.$$



Gidravlik yo`qotish tushunchasiga doir.

$\sin \alpha = \frac{z_1 - z_2}{l}$ ekanligini hisobga olsak, yo`qoridagi tenglama quyidagi ko`rinishga

keladi:

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

Bundan tekis harakat uchun Bernulli tenglamasi kelib chiqadi:

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

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:

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

bu yerda l – oqim uzunligi; D – truba 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 qisimlarida notekis harakat hisobiga vujudga keladi. Notekis harakatni vujudga keltiruvchi qismlar truba 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

$$H_n = H_l + H_m \quad (3.57)$$

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 proporsional qilib olinadi.

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`lshangan 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. Tarozi 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, truboprovod va kanallarda sarfni yuqoridagi usul bilan o`lchaganda oqimning tuzilishi o`zgaradi va o`lchash natijasi katta xatolar bilan chiqadi. Shuning uchun ko`pincha trubalar va kanallardagi sarf boshqa usullar bilan o`lchanadi.

3. **Venturi suv o`lchagichi** maxsus trubadan 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 truba bo`laklaridan tashkil topgan bo`lib, ular 3 va 4 diffuzorlar hamda kichik  $d_2$  diametrli truba 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. Truba gorizontal bo`lgani uchun ($z_1 = z_2$), 1-1 va 2- kesimlariga Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

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

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

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

Uzilmaslik tenglamasi (3.14) ga asosan

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

u holda

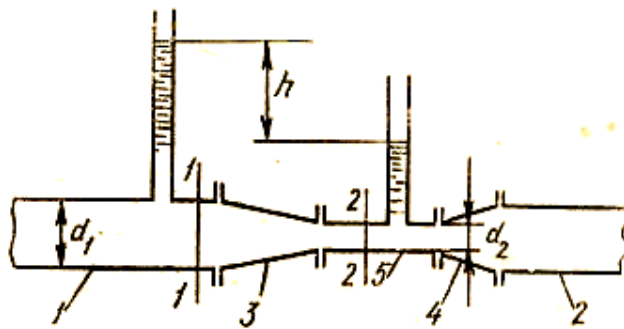
$$h = \frac{v_2^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 \right].$$

bundan 2-2 kesimdagi tezlikni topamiz:

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

U holda suyuqlik sarfi quyidagicha aniqlanadi:

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

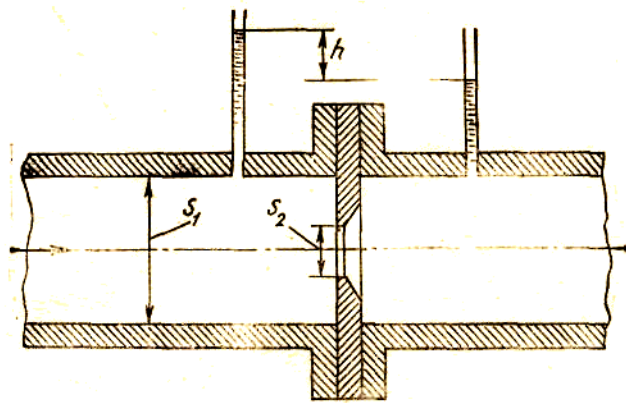


Venturi suv o`lchagichi

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 koeffisient m ni kiritamiz:

$$Q = m S_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2}}.$$

m koeffisiyentining qiymati turli suv o`lchagichlar uchun har xil bo`lib, ular tegishli suv o`lchagish uchun tajribada aniqlab



Suv o`lchagich shayba.

qo`yiladi. Hisoblash ishlarida sarf, odatda, quyidagi soddalashtirilgan formula bilan hisoblanadi:

$$Q = c\sqrt{h}, \quad (3.60)$$

bu yerda

$$c = mS_2 \sqrt{\frac{2g}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}$$

koeffisient *suv o`lshagich doimiysi* deb ataladi va har bir berilgan suv o`lchagich uchun hisoblab qo`yiladi.

**4. Suv o`lchagich shayba (diafragma)** ikki truba bo`lagi o`rtasiga o`rnatilgan halqadan iborat bo`lib (3.19- rasm) uning ichki aylanma teshigining chekkalari  $45^\circ$  burchak ostida qiyalangan yoki oqib o`tuvchi oqimcha shaklida silliqdashgan (soplo ko`rinishda) bo`ladi. Halqaning ikki tomoniga ikki pezometr yoki differensial manometr o`rnatilgan bo`lib, ular diafragmaning ikki tomonidagi bosimlar farqini aniqlashga yordam beradi.

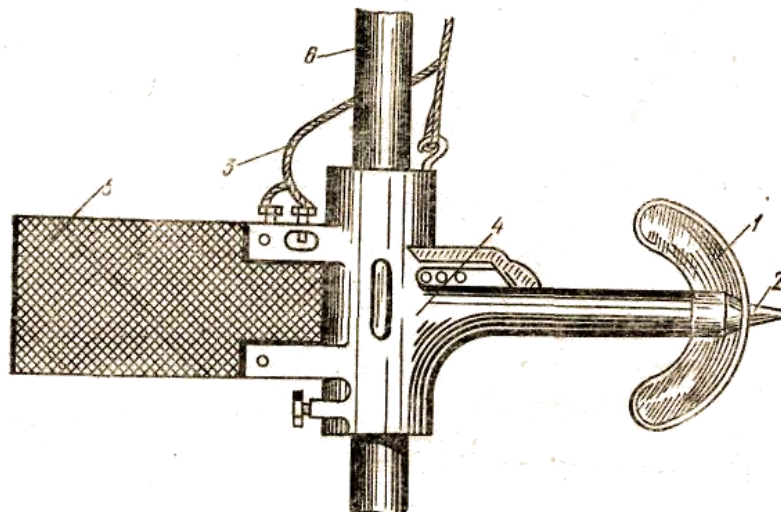
Sarf pezometrlardagi suyuqlik sathlarining farqi orqali, quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$Q = c_1\sqrt{h}. \quad (3.61)$$

c_1 koeffisiyent har bir diafragma uchun tajriba asosida aniqlanadi.

5. Vertushka val 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 vertushkalarining 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 $\Delta S_1, \Delta S_2, \Delta S_3, \dots$ 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:

$$q_1 = \Delta S_1 v_1; \quad q_2 = \Delta S_2 v_2; \quad \dots \dots \dots q_n = \Delta S_n v_n$$



Pirildoq

Kanalda oqayotgan suyuqlik sarfi bu sarflarning yig`indisiga tengdir;

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = \Delta S_1 v_1 + \Delta S_2 v_2 + \Delta S_3 v_3 + \dots + \Delta S_n v_n \quad (3.62)$$

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. (3.22-rasm a). Bu holda ozod sirtida va naychadagi suyuqlik sathida bosim atmosfera bosimga teng. Shuning uchun naychadagi suyuqlikning balandligi h oqimning tezlik bosimini

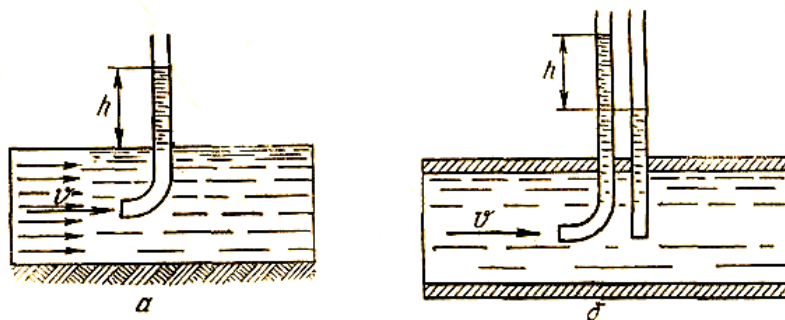
beradi, ya'ni
$$h = \frac{v^2}{2g}$$

Bundan tezlikni topish formulasi kelib chiqadi:

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



Kanallarning kesimini elementar yuzalarga bo`lish.



Tezlik o'lhagich 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 α kiritiladi:

$$v = \alpha \sqrt{2gh} \quad (3.64)$$

bu yerda α – koeffitsiyent; u har bir naycha uchun tajriba yo'li bilan aniqlab qo'yiladi.

Pito naychasi ochiq sirtli oqimlarda tezlikni o'lhach uchun qo'llaniladi.

7. Prandtl naychasi Pito naychasining qulaylashtirilgani bo'lib, u trubalar-dagi tezliklarni o'lhach uchun qo'llaniladi (3.22-rasm, b) va ikkita naychadan iborat bo'ladi. Ulardan biri Pito naychasi va ikkinchisi pezometrdir. Pezometr-dagi suyuqlik balandligi pezometrik bosim $\frac{p}{\gamma}$ ni bersa, Pito naychasidagi suyuqlik

balandligi to'liq bosim $\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$ ni beradi. Shuning uchun bu ikki naychadagi ba-

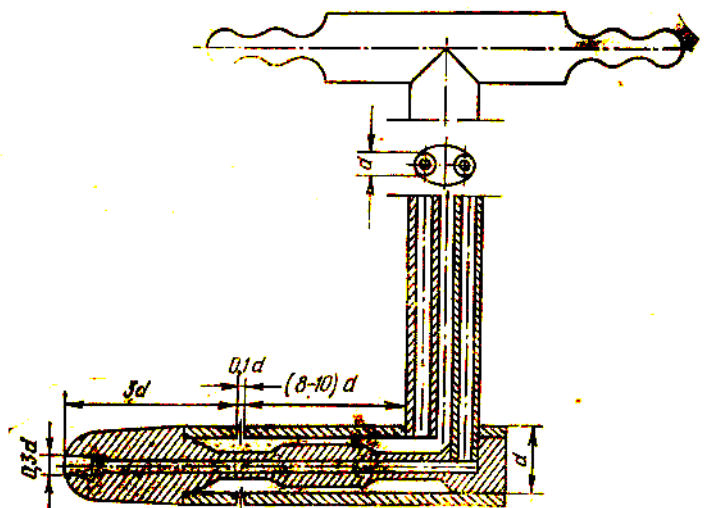
landliklar farqi tezlik bosimini beradi va uning yordamida tezlik topiladi:

$$v = \alpha \sqrt{2gh} \quad (3.65)$$

Hozirgi mavjud asboblarda bu ikkita naycha bitta katta naycha ichiga joylash-tirilgan (3.23-rasm) bo'lib, ularning uchlari mikromanometr yoki differensial manometrlarga tutashtirilgan. Agar manometrlardagi suyuqlik oqayotgan suyuqlikdan farq qilsa, Prandtl naychasining uchi tushirilgan nuqtadagi tezlik quyidagi formula bilan topiladi:

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

bu yerda h – difmanometr naychalaridagi sathlar farqi; γ_1 va γ – difmanometr-dagi va tekshirilayotgan (oqayotgan) suyuqliklar solishtirma og'irliklari; α – 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.



Prandtl naychasi

Nazorat test savollari

1. Pezometr deb nimaga aytiladi?

- a. Suyuqlik harakati tezligini o'lchash asbobiga
- b. Suyuqlik harakatidagi xajmni o'lchash asbobiga
- c. Suyuqlik harakatida posimni o'lchash asbobiga
- d. Suyuqlik harakatida sarfni o'lchash asbobiga

2. Suyuqlik sarfi va tezligini necha usulda aniqlanadi?

- a. 2 xil
- b. 7 xil
- c. 5 xil
- d. 8 xil

REYNOLDS TAJRIBASI. SUYUQLIKNING LAMINAR VA TURBULENT HARAKAT TARTIBI. 4soat

- 1. Suyuqlikning laminar harakat tartibi. Suyuqlikning turbulent harakat tartibi.
- 2. Suyuqliklarning joydagi, o'rtacha va tebranuvchi tezliklari. Turbulent harakat tartibining tuzilishi. Turbulent harakat tartibi vaqtidagi napor bosimining yo'qotilishi.
- 3. Nikuradze tajribasi va grafigi. Suyuqlikning turbulent harakati vaqtidagi, gidravlik qarshilik koeffitsiyentini hisoblash tenglamalari.
- 4. Mahalliy qarshiliklar, maxalliy qarshiliklarda energiya yuqotilishini vujudga kelish sabablari. Oqimning keskin kengayishi.

Amalda ko'p hollarda turli truboprovodlar sistemasini hisoblashga to'g'ri keladi. Bunday hisoblashlar ximiya, 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.

Suyuqlik harakatining ikki tartibi. Reynolds kritik soni

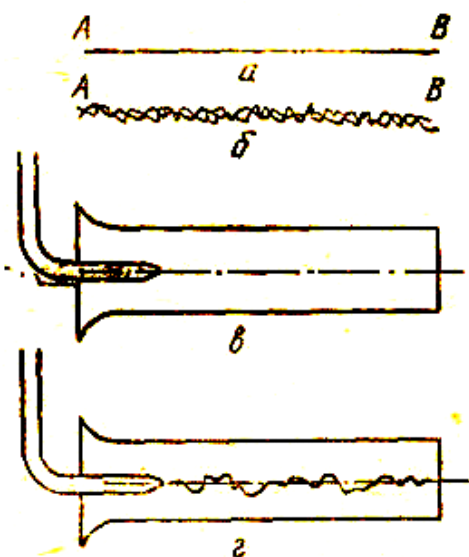
Ko'p hollarda truboprovodlardagi suyuqlik tekis harakatda bo'ladi, ya'ni tezlik oqim yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi. Bu holda harakatning qanday bo'lishiga, asosan, ichki ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Bu holda uning ikki kesimidagi bosimlar farqi ishqalanish kuchining va geometrik balandliklar farqining katta yoki kichikligiga bog'liq bo'ladi. Bu kuchlarning ta'sirida truboprovodlardagi 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 truba-ning 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.



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 trubada 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 qovushoqlik kinematik koeffitsiyentiga nisbatidan iborat o'lchovsiz miqdor xarakterlar ekan. Bu miqdor olimning hurmatiga *Reynolds soni* deb ataladi va formulalarda Re bilan belgilanadi. Silindrik trubalardagi oqim uchun Reynolds soni quyidagicha qisoblanadi:

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (4.1)$$

Turli shakldagi nosilindrik trubalar va o'zanlardagi oqimlar uchun Reynolds soni quyidagicha o'lchanadi:

$$Re = \frac{vd_{ekv}}{\nu} = \frac{5\nu R}{\nu} \quad (4.2)$$

bu yerda d – trubaning ichki diametri; d_{ekv} – o'zan yoki nosilindrik trubaning ekvivalent diametri: $d_{ekv} = 4R$; 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 truba diametri ortish, yoki bo'lmasa qovushoqlik 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 trubalar uchun $Re_{kr} = 2320$.

Agar oqimni juda silliq trubada, 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 $Re_{kr.yu}$ – 10000 ga teng bo'ladi. Bu songa qiyos qilib, yuqorida keltirilgan kritik son Reynolds quyi kritik soni $Re_{kr.q} = 2320$ deb ataladi. Reynolds soni $Re_{kr.q}$ dan kichik bo'lganda barqaror laminar harakat bo'ladi, u $Re_{kr.yu}$ dan katta bo'lganda esa turbulent harakat barqarorlashgan bo'ladi. Agar Reynolds soni bu ikki miqdor o'rtasida, ya'ni $Re_{kr.q} > Re > Re_{kr.yu}$ 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

$$H_{1-2} = k_L v,$$

turbulent harakatda esa uning n – darajasiga proporsional bo'ladi.

$$H_{1-2} = k_T v^n$$

bu yerda K_L , K_T – laminar va turbulent harakat uchun proporsionallik koeffitsiyentlari; n - daraja ko'rsatkichi; u 1,75 va 2 orasida o'zgaradi. Reynolds soni ortishi bilan daraja ko'rsatkicchi n ortib boradi. Barqaror turbulent harakat bo'lganda $n = 2$ bo'ladi.

Gidrodinamik o'xshashlik asoslari. Gidrodinamik xodisalarni modellash

Texnikada gidravlik qurilmalarini yaratish yoki tabiatdagi biror voqeani tekshirish uchun laboratoriya 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 qonuniyatlarni 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 $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ bo'lsin, birinchiga o'xshash ikkinchi hodisaning uzunlik o'lchamlari esa $l'_1, l'_2, l'_3, \dots, l'_n$ bo'lsin. U holda agar

$$\frac{l_1}{l'_1} = \frac{l_2}{l'_2} = \frac{l_3}{l'_3} = \dots = \frac{l_n}{l'_n} = const \quad (4.3.)$$

bo'lsa bu hodisalar geometrik o'xshash bo'ladi. Xususan $l_1, l_2, \dots, l_n$ turubaning uzunligi, diametiri, tezlik yoki boshqa parametrlarni o'lchanayotgan nuqtaning koordinatalari va hokazo bo'lishi mumkin. Yuqorida aytilgan hodisalar uchun tezlik o'lchamlari $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ va $v'_1, v'_2, v'_3, \dots, v'_n$ bo'lsin.

$$\text{Agar} \quad \frac{v_1}{v'_1} = \frac{v_2}{v'_2} = \frac{v_3}{v'_3} = \dots = \frac{v_n}{v'_n} = const \quad (4.4.)$$

bo'lsa, bu hodisalar kinematik o'xshash bo'ladi. Xususan $v_1, v_2, \dots, v_n$ o'lchash olib borilayotgan nuqtalardagi tezliklardir.

Mazkur ikki hodisa uchun:

$$\frac{t_1}{t'_1} = \frac{t_2}{t'_2} = \frac{t_3}{t'_3} = \dots = \frac{t_n}{t'_n} = const \quad (4.5.)$$

bo'lsa, ularda vaqt o'xshashligi mavjud.

Yuqorida keltirilgan (4,3), (4,4) va (4,5) nisbatlarning tengligini ifodalovchi o'zgarmas miqdorlar *o'xshashlik doimiysi* deb ataladi va uzunlik uchun α_l tezlik uchun α_v vaqt uchun α_t belgilar bilan belgilanadi. Shuningdek tezlanish uchun α_a zichlik uchun α_ρ qovushqoqlik uchun α_μ va hokazo o'xshashlik doimiylarini kiritish 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,

$$\frac{v_1 l_1 v_1}{v'_1 l'_1 v'_1} = \frac{v_2 l_2 v_2}{v'_2 l'_2 v'_2} = \dots = \frac{v_n l_n v_n}{v'_n l'_n v'_n} = const$$

Agar o'xshashlik aniqlovchisi oddiy o'lchamlar nisbati bilan ifodalansa, ular *simplekslar* 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

$$F_1 = m_1 \frac{dv_1}{dt_1} \quad (4.6.)$$

Ikkinchi hodisa uchun esa

$$F_2 = m_2 \frac{dv_2}{dt_2} \quad (4.7)$$

Ikkinchi hodisa uchun o'xshashlik doimilari a_f, a_m, a_v, a_t larni kiritsak, (4.7) birinchi hodisa parametrlari orqali quyidagicha ifodalanadi.

$$\alpha_f F_1 = \alpha m_1 \frac{\alpha d}{\alpha t} m_1 \frac{dv_1}{dt_1}$$

yoki

$$\frac{\alpha_f \alpha_t}{\alpha_m \alpha_v} F_1 = m_1 \frac{dv_1}{dt_1} \quad (4.8)$$

(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`zgaras miqdor birga teng bo`lishi kerak.

$$C = \frac{\alpha_f \alpha_t}{\alpha_m \alpha_v} = 1$$

bundan

$$\frac{\frac{F_1}{m_1} \frac{t_1}{v_1}}{\frac{F_2}{m_2} \frac{t_2}{v_2}} = 1 \quad \text{ёки} \quad \frac{F_1 t_1}{m_1 v_1} = \frac{F_2 t_2}{m_2 v_2}$$

Bu munosabat bir necha o`xshash hodisalar uchun umumlashtirsak, quyidagi o`xshashlik aniqlovchisini olamiz

$$Ne = \frac{Ft}{mv} = const$$

bunga *Nyuton kriteriyasi* deyiladi.

Gidrodinamik o`xshashlikni quyidagi kriterial miqdorlar aniqlanadi .

Struxal kriteriyasi yoki *gomoxronlik kriteriyasi*

$$Sh = \frac{l}{vt} \quad (4.9)$$

$$\text{Reynolds kriteriyasi} \quad Re = \frac{vl}{\nu} \quad (4.10)$$

$$\text{Eyler kriteriyasi} \quad Eu = \frac{p}{\rho v^2} \quad (4.11)$$

$$\text{Frud kriteriyasi} \quad Fr = \frac{v^2}{gl} \quad (4.12.)$$

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:

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right) + g \cos \alpha_x, \quad (4.13)$$

bu yerda $g \cos \alpha$ og`irlik kuchining  $O_x$  o`qidagi proyeksiyasi. Bu tenglamaga (4.7) va (4.8) lardagi kabi o`xshashlik doimiysini kiritsak, u quyidagi ko`rinishga keladi

$$\frac{\alpha_v}{\alpha_t} \frac{\partial u_x}{\partial t} + \frac{\alpha_v^2}{\alpha_1} \left(u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} \right) = -\frac{\alpha_p}{\alpha_\rho \alpha_1} \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\alpha_y \alpha_v}{\alpha_1^2} \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right) + \alpha_g g \cos \alpha_x$$

tenglamaning ikki tomoni $\frac{\alpha_v^2}{\alpha_1}$ ga bo`lsak, u quyidagi ko`rinishni oladi:

$$\frac{\alpha_e}{\alpha_v \alpha_e} \frac{\partial u_x}{\partial t} + U_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + U_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + U_z \frac{\partial u_x}{\partial z} = - \frac{\alpha_p}{\alpha_p \alpha_v^2} \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\alpha_v}{\alpha_v \alpha_t} \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right) + \frac{\alpha_g \alpha_t}{\alpha_v^2} g \cos \alpha_x, (4.14)$$

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

$$1) \frac{\alpha_t}{\alpha_v \alpha_t} = 1; 2) \frac{\alpha_p}{\alpha_p \alpha_v^2} = 1; 3) \frac{\alpha_v}{\alpha_v \alpha_\theta} = 1; 4) \frac{\alpha_g \alpha_t}{\alpha_v^2} = 1.$$

Birinchi kombinasiyadagi o`xshashlik doimiylarini o`z o`rniga qo`ysak

$$\frac{\frac{l_1}{l_2}}{\frac{v_1}{v_2} \frac{t_1}{t_2}} = 1, \text{ ya'ni } \frac{l_1}{v_2 t_1} = \frac{l_2}{v_2 t_2}$$

Gidrodinamik o`xshash voqealar uchun Struxal kriteriyasi bir xil bo`lishi kerak:

$$Sh = \frac{1}{\nu t} = const$$

Ikki kombinasiyadan

$$\frac{\frac{p_1}{p_2}}{\frac{\rho_1}{\rho_2} \frac{v_1^2}{v_2^2}} = 1; \frac{p_1}{\rho_1 v_1^2} = \frac{p_2}{\rho_2 v_2^2}$$

Demak, gidrodinamik o`xshash voqealar uchun Eyler kriteriyasi bir xil bo`lishi kerak:

$$Eu = \frac{p}{\rho v^2} = const$$

Uchinchi kombinasiyadan

$$\frac{\frac{v_1}{v_2}}{\frac{v_1}{v_2} \frac{l_1}{l_2}} = 1; \frac{v_1 l_1}{v_1} = \frac{v_2 l_2}{v_2}$$

O`xshash voqealar uchun yuqoridagilardan tashqari Reynolds kriteriyasi ham bir xil bo`lishi kerak:

$$Re = \frac{\nu l}{\nu} = const$$

To`rtinchi kombinasiyadan

$$\frac{\frac{g_1}{g_2} \frac{l_1}{l_2}}{\frac{v_1^2}{v_2^2}} = 1; \frac{v_1^2}{g_1 l_1} = \frac{v_2^2}{g_2 l_2}$$

Gidrodinamik hodisalar o`xshash bo`lishi Frud kriteriyasining ham bir xil bo`lishini taqozo qiladi:

$$Fr = \frac{v^2}{gl} = const$$

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

$$\varphi_1(Sh, Eu, Re, Fr) = 0 \quad (4.15)$$

ko`rinishda ifodalanadi.

Agar harakat barqaror bo`lsa u holda (4.15) ning o`rniga

$$\varphi_2(Eu, Re, Fr) = 0 \quad (4.16)$$

munosabatdan foydalanamiz.

(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 tenglamasi 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

$$\varphi_3(Eu, Re) = 0 \quad (4.17)$$

ko`rinishida qo`llaymiz. Oxirgi tenglama yuqori bosim ostida bo`ladigan hodisalar uchun yaqin keladi.

Nazorat uchun test savollari

1. Reynolds sonining formulasi qaysi?
 - a. $Re = \nu d / \nu$
 - b. $Re = \nu d / m$
 - c. $Re = \nu d / e$
 - d. $Re = \nu d$
2. Agar $2320 < Re < 10000$ bulsa, bu kanday okim tartibiga to`g`ri keladi
 - a. Utish zonasi
 - b. Turbulent
 - c. Bekaror
 - d. Barkaror
3. Suyuqlik oqimi uchun $Re > 10000$ bulsa kanday xarakat sodir buladi?
 - a. Turbulent
 - b. Laminar
 - c. Bekaror
 - d. Barkaror

MAHALLIY QARSHILIKLAR. 2soat

1. Mahalliy gidravlik qarshiliklar va ularning turlari
2. Oqimning keski kengayishi:
3. Mahalliy gidravlik qarshiliklarni qo'shish

Suyuqlik trubalarda harakat qilganda turli to'siqlarni aylanib o'tish uchun energiya sarflaydi. Ana shu sarflangan energiya suyuqlik bosimining pasayishiga sabab bo'ladi. Trubalarda turli to'siqlar bo'lib, ularni aylanib o'tish uchun sarf etiladigan energiya bu to'siqlarning soniga va turlariga bog'liq.

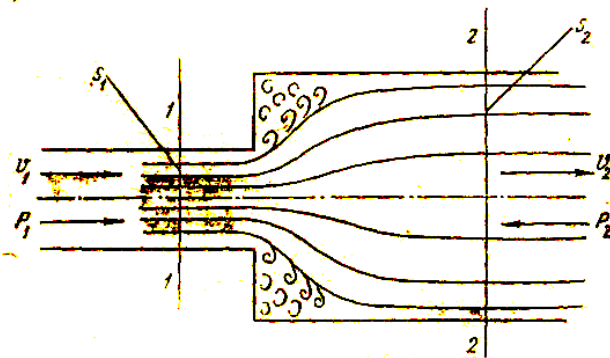
Mahalliy qarshilikning asosiy turlari. Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti

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 proporsional qilib olinadi:

$$H_M = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

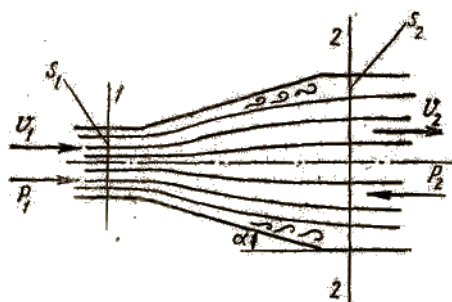
Proporsionallik koeffitsiyenti ξ mahalliy qarshilik koeffitsiyenti deb ataladi va asosan tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Mahalliy qarshiliklarning asosiy turlari haqida to'xtalib o'tamiz.

1) **Keskin kengayish** (7.1-rasm). Mahalliy qarshilikning bu turida ξ koeffitsiyent kesimlarning o'zgarishiga bog'liq bo'lib, kesimlar nisbati - $\frac{S_1}{S_2}$ 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 ($v_2 < v_1$).

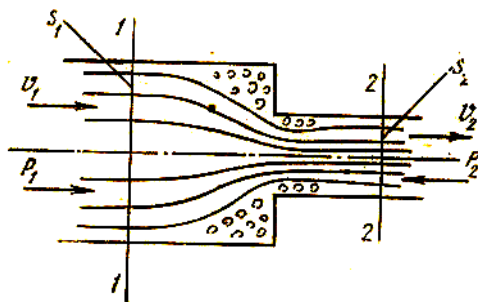


Keskin kengayish

2) **Tekis kengayish** (7.2-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti kesimning o'zgarishiga va konuslik burchagi α ga bog'liq bo'lib, kesimlar nisbati $\frac{S_1}{S_2}$ ning kamayishi va α ning ortishiga qarab ortadi. Avval ko'rilgandagi kabi 2-2 kesimda 1-1 kesimdagiga nisbatan bosim ortadi ($p_2 > p_1$) va tezlik kamayadi ($v_2 < v_1$).

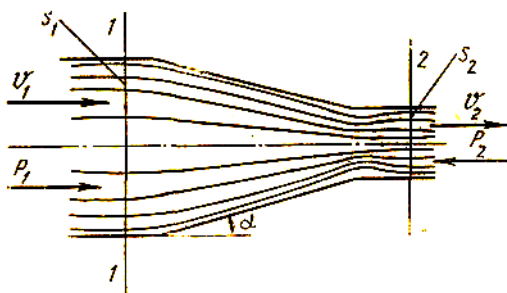


Tekis kengayish



Keskin torayish

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.



Tekis torayish

4) **Tekis torayish** (7.4-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti kesimlar nisbati $\frac{S_1}{S_2}$ 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 ($v_2 > v_1$).

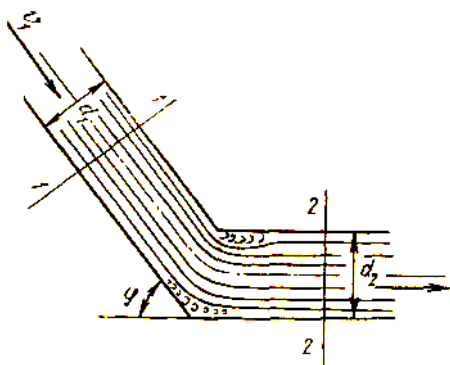
5) **Tirsak** (7.5 - rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ikki trubaning tutashish burchagiga bog'liq bo'lib, bu burchakning ortishi bilan ortadi.

ξ ning φ ga bog'liqligi asosan tajribada tekshirilgan bo'lib, ba'zi sodda hollari oqimchalar nazariyasida ko'rilgan.

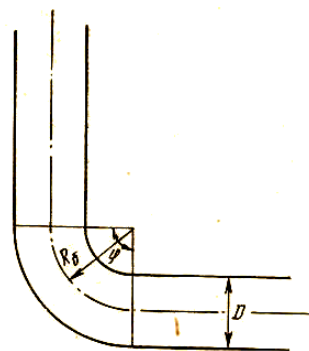
6) **Burilish** (7.6 - rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti burilish burchagi φ va truba diametrining burilish radiusi R_b ning nisbatiga bog'liq bo'ladi. Burilishda ξ truba diametrining burilish radiusiga nisbati $\frac{D}{R_b}$ ortishi bilan ortib boradi.

7) **Trubaga kirish** (7.7 - rasm). Agar truba 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: $\xi = 0,5$. Kirishdagi o'tkir burchaklar silliqalanib, trubaga suyuqlik kirishiga kam qarshilik ko'rsatadigan shakl berilgan bo'lsa, ξ ning

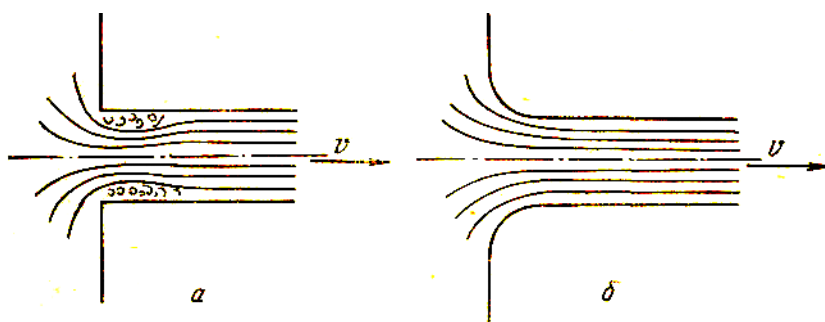
miqdori kirishning silliqlik darajasiga qarab $\xi = 0,04 \div 0,10$ oralig'ida bo'ladi (ko'p hollarda o'rtacha $\xi = 0,08$ qabul qilinadi).



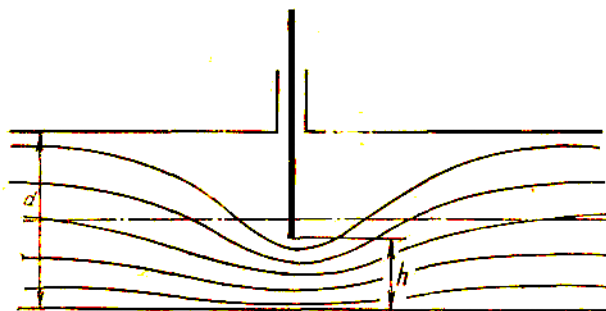
Tirsak.



Burilish.



Trubaga kirish



Berkitgich.

8) Diafragma. Truboprovodga o'rnatiladigan va suyuqlik sarfini o'lchash uchun ishlatiladigan o'rtasi teshik disk diafragma aytiladi (7.8-rasm). Bu holda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti trubaning kesimi S_1 va diafragma teshigi kesimi S_0 ning nisbati $\frac{S_0}{S_1}$ ga bog'liq bo'ladi va bu nisbatning ortishi bilan kamayib boradi (6-jadval).

6-jadval.

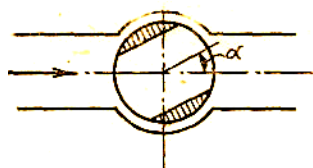
Diafragma uchun qarshilik koeffitsiyentiining o'zgarishi

$\frac{S_0}{S_1}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ	226	47,8	17,5	7,80	3,75	1,80	0,80	0,29	0,06	0,00

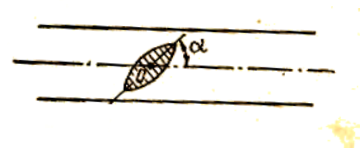
9) Berkitgich (zadvijka). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti eshikchaning (7.8-rasm) ochilish darajisiga bog`liq bo`lib, uning ochilishi kattalashishi bilan kamayib boradi. Uning o`rtacha ochilishiga  $\xi = 2,0$  to`g`ri keladi.

**10) Drossel klapan (7.9-rasm) va tiqin-jo`mrak (7.10-rasm).** Bu hollarda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti drossel klapaning va tiqin jo`mrakning ochilish burchagiga bog`liq bo`lib, α 20° dan 50° gacha bo`lganda ξ ning qiymatlari:

Drossel klapan uchun $\xi = 2 \div 53$.



Drossel klapan.



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.

Reynolds sonining katta qiymatlari uchun. Mahalliy qarshilik koeffitsienti

Biz mahalliy 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.

Trubaning keskin kengayishi (Bord teoremasi)

Trubaning keskin kengayishi va bunda oqimning taxminiy sxemasi 7.1-rasmda keltirilgan. Ko`rinib turibdiki, oqim trubaning tor kesimidan keng kesimga o`tganda burchaklarda suyuqlik truba sirtida ajraladi. Natijada oqim keskin kengayadi va oqim sirti bilan truba 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. Trubaning keskin kengayishida mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ξ ni nazariy usul bilan hisoblash mumkin. Buning ushuni trubaning tor qismida 1-1 kesim olamiz. Trubaning kengaygan qismida esa keskin kengayishdan keyin oqim kengayib bo'lib, barqororlashgan qismida 2-2 kesim olamiz. 1-1 kesimda tezlik v_1 , bosim p_1 , 2-2 kesimda esa tezlik v_2 va bosim p_2 bo'lsin. Bu kesimlarga pezometr o'rnatib, $p_2 > p_1$ bo'lgani uchun 1-1 kesimdagi pezometrda suyuqlik satxi 2-2 kesimdagi pezometrda suyuqlik sathidan h qadar past bo'ladi. Agar kesimning kengayishi hisobiga gidravlik yo'qotish bo'lmaganda edi, bu farq Δh miqdorda ko'proq bo'lardi. Ana shu ikkinchi pezometrda suv satxining Δh qadar pasayib qolishi mahalliy gidravlik yo'qotishdan iboratdir.

1-1-kesimning sirti S_1 , 2-2 kesimning sirti esa S_2 bo'lsin. U holda bu kesimlar yuzasi bo'yicha tezlik bir xil (ya'ni $\alpha_1 \approx \alpha_2 \approx 1$) deb hisoblasak, Bernulli tenglamasi shunday yoziladi

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{keng} \quad (7.2.)$$

Endi, 1-1 va 2-2 kesimlar o'rtasidagi suyuqlikning silindrik hajmi uchun harakat miqdorining o'zgarishi teoremasini qo'llaymiz. Buning uchun yon sirlardagi urinma zo'riqishni taxminan nolga teng deb olib, aytilgan hajmga ta'sir qilayotgan tashqi kuchlar impulsini hisoblaymiz. 1-1 kesimni truba kengayish kesimining ustida olingan deb qarash mumkin. U holda silindr asoslarining yuzalari tengligidan ularga ta'sir qiluvchi impul's o'zgarishi shunday yoziladi

$$(p_1 - p_2)S_2$$

1-1 kesimdagi harakat miqdori $\rho Q v_1$ va 2-2 kesimdagi harakat miqdori $\rho Q v_2$ bo'lgani uchun ular orasidagi harakat miqdorining o'zgarishi quyidagiga teng bo'ladi.

$$\rho Q(v_2 - v_1).$$

Bu ikki miqdorni tenglashtirib, ushbu tenglamani olamiz:

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

Tenglamaning ikki tomonini $S_2 \gamma$ ga bo'lsak u holda $Q = S_2 v_2$ ni hisobga olib, ushbu tenglamani olamiz:

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{\rho Q}{\gamma S_2} (v_2 - v_1) = \frac{v_2}{g} (v_2 - v_1). \quad (7.3)$$

Oxirgi tenglamaning $v_2(v_2 - v_1)$ hadi ustida quyidagi amallarni bajaramiz

$$v_2(v_2 - v_1) = v_2^2 - v_2 v_1 = \frac{v_2^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} - \frac{2v_1 v_2}{2} + \frac{v_1^2}{2} - \frac{v_1^2}{2}$$

U holda (7.3) tenglama ushbu ko'rinishga keladi

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

Oxirgi tenglama hadlarini bir xil indekslar bo'yicha gruppallasak

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

Bu tenglamani (7.2) bilan solishtirsak, quyidagi kelib chiqadi

$$H_M = h_{keng} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (7.4)$$

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

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \text{ ёки } v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1$$

ni qo'llasak, quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$H_M = \left(v_1 - \frac{S_1}{S_2} v_1 \right)^2 \frac{1}{2g} = \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right)^2 \frac{v_1^2}{2g}$$

Bu munosabatni (7.1) ga solishtirib, keskin kengayish uchun mahalliy qarshilik koeffisienti formulasi ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$\zeta = \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right)^2. \quad (7.5)$$

Bu olingan munosabat (tajribalarda tasdiqlanishicha) trubulent oqimlar uchun olingan tajriba natijalariga juda yaqin keladi. Shuning uchun u ko'rilgan hollarda hisoblash ishlarida keng qo'llaniladi. Trubaning kengaygan kesimi avvalgi kesimdan juda keng bo'lsa ($S_2 \gg S_1$), u holda $\zeta \approx 1$ bo'ladi

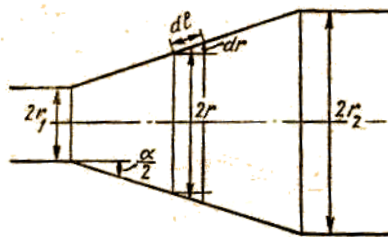
$$H_M = \frac{v_1^2}{2g}.$$

Bu hususiy xolda oqimning butun kinetik energiyasi mahalliy qarshilikning yengish uchun sarf bo'ladi.

Shuni aytish kerakki, ko'rilgan holdagi energiyaning hammasi trubaning keskin kengaygan qismida oqimning truba sirtidan ajrashi hisobiga hosil bo'lgan aylanma harakatning vujudga kelishiga va uning yangilanib turishiga sarf bo'ladi.

Diffuzorlar

Tekis kengayib boruvchi trubalar (7.2-rasm) diffuzorlar deyiladi. Diffuzorlarda xarakat tezligi kamayadi va bosim ortib boradi. Suyuqlik zarrachalari ortib borayotgan bosimni yengish uchun o'z kinetik enegiyasini sarflaydi, natijada diffuzorlarning kengayish yo'nalishida kinetik enegiya 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 truba 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.



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 $\frac{\alpha}{2}$ 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:

$$dh_i = \lambda_i \frac{dl}{2r} \frac{v^2}{2g}$$

v - ixtiyoriy ko'rilayotgan kesimdagi o'rtacha tezlik va ixtiyoriy kesim yuzasi $S = \pi r^2$ ga teng desak;

$$dl = \frac{dr}{\sin \frac{\alpha}{2}} \text{ va } v = \frac{S_1}{S_2} v_1 = \left(\frac{r_1}{r} \right)^2 v_1$$

ni hisobga olib

$$dh_u = \lambda_u \frac{dr}{2r \sin \frac{\alpha}{2}} \left(\frac{r_1}{r} \right)^4 \frac{v_1^2}{2g}$$

formulani keltirib shiqaramiz.

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 integral olish yo'li bilan hisoblaymiz:

$$h_i = \lambda_i \frac{r_1^4}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \frac{v_1^2}{2g} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^5} = \frac{\lambda_i}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^4 \right] \frac{v_1^2}{2g}. \quad (7.6)$$

Kengayish hisobiga bosimning pasayishini hisoblash uchun keskin kengayishdagi (7.4) formuladan foydalanamiz va bunda diffuzor keskin kengayishini taxminiy ifodalangani uchun k koeffisient kiritamiz. U holda

$$h_{keng} = k \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} = k \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \right] \frac{v_1^2}{2g}. \quad (7.7)$$

k – tajribada aniqlanadigan koefitsient bo`lib,  $5 - 20^0$  konuslik burchagiga ega bo`lgan diffuzorlar uchun I.E. Idelshikning tajribadan aniqlangan formulasi bo`yicha

$$k = 3,2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sqrt[4]{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}.$$

Flingerning taxminiy formulasi bo`yicha

$$k = \sin \alpha$$

ga teng. Buni hisobga olib (7.6) va (7.7) yig`indisidan quyidagini olamiz

$$H_M = h_{dif} = \left[\frac{\lambda_i}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) + \sin \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{1}{n} \right)^2 \right] \frac{v_1^2}{2g} = \zeta_{dif} \frac{v_1^2}{2g}, \quad (7.8)$$

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 koefitsiyenti quyidagi formula bo`yicha aniqlanadi:

$$\zeta_{dif} = \frac{\lambda_u}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) + \sin \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{1}{n} \right)^2. \quad (7.9)$$

Bu formuladan ko`rinadiki, mahalliy qarshilik koefitsiyenti  $\lambda_u$  konuslik burchagi va kengayish darajasiga bog`liq ekan.

(7.9) dan ko`rinib turibdiki,  $\alpha$  ning va  $n$  ning ortishi bilan ( $\lambda_u$  o`zgarmas bo`lganda) yig`indining birinchi hadi kamayadi, ya'ni ishqalanish kuchining ta'siri kamayib, diffuzor kaltalashadi va uyurmalarining ta'siri ko`payadi,  $\alpha$  kamayganda esa (o`zgarmas kengayish darajasi n da) ishqalanish kuchi ortib, uyurmalar kamayadi.

Hisoblashlarda odatda $\lambda_i - 0,015 \div 0,025$ deb olinadi. Bu holda eng qulay diffuzor uchun nazariy yo`l bilan kengash darajasi  $n = 2 : 4$  ni keltirib chiqaramiz. Bu konuslik burchagi  $\alpha = 6^0$  ga to`g`ri keladi.

Amalda diffuzorning uzunligini kamaytirish uchun n va α biroz kattaroq qilib, $\alpha = 7^0 \div 9^0$ atrofida olinadi.

Trubalarning torayishi

Keskin torayishda (7.3-rasm) kesimlar nisbati bir xil bo`lgan keskin kengayishga nisbatan kamroq energiya sarf bo`ladi. Bu holda energiyaning sarf bo`lishiga tor trubaga kirishdagi ishqalanish kuchi va uyurmalar paydo bo`lish sababdir. Uyurmalarining paydo bo`lishi esa oqimning tor trubaga kirish oldidagi burchakni aylanib o`ta olmay, keng truba sirtidan ajralishiga va torayishiga, natijada truba devori va oqim orasida juda sekin harakatlanuvchi uyurmali oqim paydo bo`lishiga olib keladi. Oqimning torayishi u tor trubaga 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:

$$H_M = h_{tor} = \zeta_0 \frac{v_t^2}{2g} + \frac{(v_t - v_2)^2}{2g} = \zeta_{tor} \frac{v_2^2}{2g}, \quad (7.10)$$

bu yerda ζ_0 – tor trubaga kirishdagi ishqalanishni aniqlovchi qarshilik koeffisienti; v_t - toraygandagi tezlik.

Keskin torayishning qarshilik koeffisienti torayish darajasi $n = \frac{S_1}{S_2}$ ga bog`liq va I.E. Idelchik tomonidan taklif qilingan quyidagi yarim empirik formula bilan aniqlanishi mumkin:

$$\zeta_{tor} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{n} \right). \quad (7.11)$$

Formulalardan ko`rinib turibdiki,  $\frac{1}{n} \approx 0$  deb hisoblash mumkin bo`lsa, ya'ni katta idishdan trubaga kirish holida, agar kirish burchagi silliqqlangan bo`lmasa, qarshilik koeffisienti (7.8-rasm)  $\zeta_{tor} = 0,5$  bo`ladi. Kirish burchagi (kirish qirrasi) silliqqlangan bo`lsa, qarshilik kuchi kamayadi.

Tekis torayish (7.4-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 sirtidan 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:

$$H_M = \frac{\lambda_i}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \frac{v_2^2}{2g} \quad (7.12)$$

bu yerda n - torayish darajasi.

Tor turbaga kirishda oqimning devordan ajralishi va ozroq uyurma hosil bo`lishi kuzatiladi. Bu uyurmani yo`qotish uchun ba'zan konussimon trubaning silindrik trubaga tutashgan joyiga ma'lum shakl berilib, silliq tutashtiriladi. Bunday tutashtirilgan trubalar soplo deyiladi.

Tirsaklar

Turbalarning keskin burilishi yoki tirsaklarda (7.5-rasm), odatda anchagina miqdorda energiya sarf bo`ladi. Tirsaklarda energiya sarfiga oqimning (truba sirtidan) ajralishi va uyurmalar yuzaga kelishi sabab bo`lib, φ burchak qancha katta bo`lsa, sarf ham shuncha ko`p bo`ladi.

Silindirik trubalardagi tirsaklarda mahalliy qarshilik koeffisienti ζ_{tr} burchak ning o`sishi bilan juda keskin o`sib, $\varphi = 90^\circ$ da 1 ga teng bo`ladi. Kichik diametrli trubalardagi tirsaklar uchun qarshilik koeffisientini ushbu formula yordamida hisoblash mumkin:

$$\zeta_{tr} = 0,946 \sin^2 \frac{\varphi}{2} + 2,047 \sin^4 \frac{\varphi}{2}. \quad (7.13)$$

Energiya sarfi katta bo'lgani uchun keskin burilishli tirsaklarni truboprovodlarda qo'llash tavsiya etilmaydi.

Trubalardagi burilishlarni (7.6-rasm) ham, odatda, tirsaklar deb atash mumkin. Bunday burilishli tirsaklarda uyurmalar kamroq paydo bo'ladi. Bu holda qarshilik koeffisienti ζ_b ni hisoblash uchun ushbu formuladan foydalaniladi:

$$\zeta_b = \left[0,131 + 0,163 \left(\frac{D}{R_b} \right)^{3,5} \right] \frac{\varphi}{90^0}. \quad (7.14)$$

$\varphi = 90^0$ va $\frac{R_b}{D} \geq 1$ bo'lganda tajribadan olingan quyidagi formuladan foydalanish mumkin.

$$\zeta_b \approx \zeta_b' \approx 0,051 + 0,19 \frac{D}{R_b} \quad (7.15)$$

Burchak $\varphi \leq 70$ bo'lganda qarshilik koeffisiyenti

$$\zeta_b \approx 0,9 \sin \varphi \zeta_b'$$

ga $\varphi \geq 100$ da esa quyidagiga teng.

$$\zeta_b = \left(0,7 + \frac{\varphi}{90^0} 0,35 \right) \zeta_b' \quad (7.16)$$

Burilishdagi bosimning pasayishi qarshilik koeffisiyenti aniqlashga keladi.

$$H_M = h_b = \xi_b \frac{v^2}{2g}$$

va u to'liq gidravlik yo'qotish bilan ishqalanishga yo'qotishning ayirmasiga teng, ya'ni truba egriligi hisobiga paydo bo'lgan qarshiliknigina ifodalaydi.

Tirsaklarda qarshilik trubaning 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.

Reynolds sonining kichik qiymatlarida mahalliy qarshilik koeffisiyenti

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 koeffisiyentlarini 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 koeffisiyentini quyidagi ko'rinishda ifodalashga imkon beradi:

$$\zeta = \frac{A}{Re} + B \quad (7.17)$$

Keyinchalik o'tkazilgan A.D. Altshul, V.N.Karayev va N.Z. Frenkellarning tajribalari Reynolds sonining kichik qiymatlarida ($Re < 9$) mahalliy qarshilik

koefitsiyentini Re ga teskari proporsional ko'rinishda olish mumkin ekanligini ko'rsatadi:

$$\zeta = \frac{A}{Re}$$

Demak Reynolds sonining juda kichik qiymatlarida qarshilik koefitsiyenti 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 (7.17) ga qaraganda bir oz murakkabroq ko'rinishida ifodalanishi mumkin:

$$\zeta = \frac{C}{Re^m} \quad (7.18)$$

bu yerda C va m - mahalliy qarshilikning qaysi ko'rinishida bo'lishiga bog'liq koefitsiyentdir.

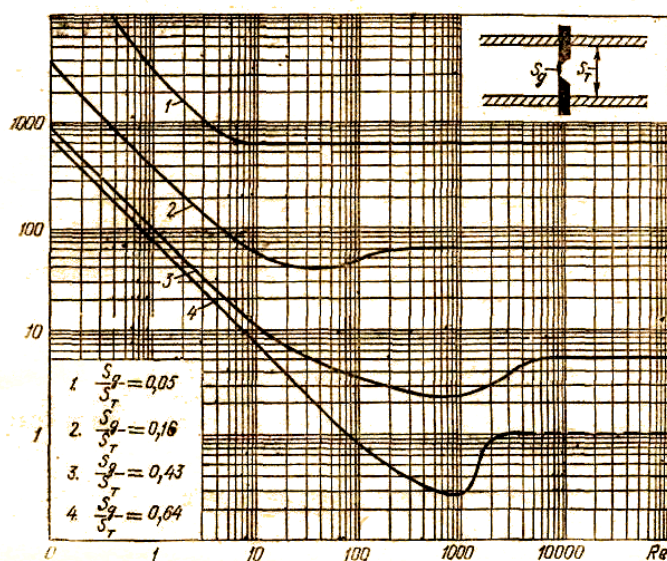
F.P.Tovstolesovning tajribalari bo'yicha $m = 0,285$ bo'lib,

$$\zeta = \frac{C}{Re^{0,285}}.$$

"Azneftekombinat"ning gidravlik laboratoriyasida o'tkazilgan tajribalar bo'yicha $m = 0,25$ bo'ladi:

$$\zeta = \frac{C_1}{Re^{0,25}}.$$

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.



Kichik Re da mahalliy qarshilik

Misol sifatida rasmda diafragmalar uchun mahalliy qarshilik koefitsiyentining Re ning o'zgarishi bo'yicha o'zgarib borishini to'rtta diafragma uchun keltirilgan.

Bu rasmdan Reynolds sonining kichik qiymatlarida $\lg \zeta, \lg Re$ ga chiziqli bog'liq bo'lib, mahalliy qarshilik koefitsiyenti uchun (7.17) 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 trubaning ekvivalent uzunligi bilan almashtiriladi. Ekvivalent uzunlik deb ko'rilayotgan trubaning shunday uzunligi olinadiki, undagi ishqalanish qarshiligi mahalliy qarshilikka teng. Bu holda:

$$H_M = \zeta_M \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{l_{tkv}}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (7.19)$$

Bundan ekvivalent uzunlik uchun formula chiqaramiz:

$$l_{ekv} = \zeta_M \frac{D}{\lambda} \quad (7.20)$$

Ekvivalent uzunlikni turli mahalliy qarshiliklar uchun, odatda, tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Mahalliy gidravlik qarshiliklarda kavitasiya hodisasi

Suyuqliklarda gazlarning erishi haqida so'z yuritilgan 8-§ da biz kavitasiya hodisasi ustida to'xtalib o'tdik va kavitasiya hodisasi suyuqliklarda agregat holatining o'zgarishi bilan bog'liq ekanligi ko'rsatiladi. Unda kavitasiya 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) deyarlik o'zgarmagani uchun unda erigan gazlarga Boyle-Mariot qonuni qo'llash mumkin bo'ladi.

$$pV = RT$$

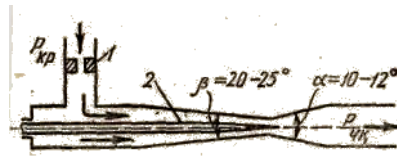
bu yerda p - bosim, V - solishtirma hajm, T - absolyut temperatura, R - gaz doimiysi.

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 parsial 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 kondensasiyalanib, gazlar eriydi, ya'ni kavitasiya hodisasi yuz beradi. Kavitatsiya hodisasi yuqori chastotali mahalliy kichik gidravlik zarbalarining kelib chiqishiga sabab bo'ladi. Bu hodisa gidrosistemalarda odatdagi tartibning buzilishiga, ayrim hollarda esa, uning qisimlarining ishdan chiqishiga sabab bo'ladi, truboprovodlarda qarshilikning ortishiga olib keladi.

Shuning uchun mahalliy qarshiliklarda kavitasiyaning 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 kavitasiyaning zararli ta'sirini kamaytirishga yordam beradi.

Kavitasiyadan amalda foydalanish

Kavitasiya 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 soplarning toraygan qismida bosim kamayadi. Bu bosim kavitasiyaning boshlanishiga olib keluvchi bosim miqdoriga tenglashsa yoki undan kamaysa, bug' va erigan gazlarning ajralib chiqishi natijasida suyuqlik qaynaysa boshlaydi. Bosimning bundan keyingi kamayishi kavitasiya 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 kavitasiya zonasining kengayib borishiga olib keladi.



Kavitasiya hodisasidan sarfni barqarorlashda foydalanish uchun qurilma.

Bu voqea gidrosistemalarning chiqish qismida bosim miqdorining o'zgarib turishi hollarida suyuqlik sarfini stabillash uchun kerak bo'ladi.

Ko'rilyotgan qurilmada (7.13-rasm) sarfni o'lchash bo'lib, u sarf o'zgarishining katta diapazonlarida $\left(\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} \geq 10 \right)$ uni boshqarishga yordam beradi. Bu holda kavitasiya natijasida gidrosistema qismlarining buzilishi holi bo'lmaydi.

Mahalliy qarshiliklarning o'zaro ta'siri

Gidravlik sistemalarda umumiy qarshilik uning qisimlaridagi ayrim qarshiliklarning yig'indisidan iborat. Masalan, truboprovodka bir qancha mahalliy qarshiliklar (tirsak, jo'mrak, diafragma, eshikcha va h.k.) bo'lib, ularni xarakterlovchi mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots, \zeta_n$ bo'lsin. Agar truboprovodka uzunligi z , diametri D va sarfi Q bo'lsa, undagi ishqalanish qarshiligi

$$H_e = \lambda \frac{z}{D} \frac{v^2}{2g},$$

mahalliy qarshiliklar quyidagicha bo'ladi:

$$H_{M1} = \zeta_1 \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{M2} = \zeta_2 \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{M3} = \zeta_3 \frac{v^2}{2g}$$

.....

$$H_{Mn} = \zeta_n \frac{v^2}{2g}$$

Bularni qo`shib, umumiy qarshilikni topamiz:

$$H = \left(\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \dots + \zeta_n + \lambda \frac{Z}{D} \right) \frac{v^2}{2g} \quad (7.21)$$

Oxirgi munosabatda qavs ichidagi qiymat trubadagi ishqalanish kuchi, qarshilik va mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari yeg`indisidan iborat bo`lib, sistemaning qarshilik koeffitsiyenti deyiladi:

$$\zeta_{sist} = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \dots + \zeta_n + \lambda \frac{Z}{D} \quad (7.22)$$

Bu holda sistema uchun

$$H = \zeta_{sist} \frac{v^2}{2g}$$

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 trubaga kirkandan 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 masofani o'tganidan so`ng sodir bo`ladi.

Masalan, trubalarning burilishlaridagi tartibning buzilishi truba diametridan 50 marta katta masofada ham saqlanadi.

Turg'unlashuv masofasi l_{st} quyidagi formula bo`yicha hisoblanishi mumkin:

$$l_{st} = 0,693 Re^{0,25} D$$

bu yerda D - trubaning ichki diametri

Trubaning 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 $l \geq (10 \div 20)D$ 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.

Nazorat uchun test savollari

1. Mahalliy qarshilik deb nimaga aytiladi?

- Suyuqlik trubalarda harakat qilganda turli to'siqlarni aylanib o'tish uchun energiya sarflaydi bunday to'siqlarga maxalliy qarshiliklar deyiladi.
- Uzoq masofaga chozilgan quvurlarni maxalliy qarshilik deyiladi
- Xaratdagi suyuqlik bosimining ortishiga aytiladi
- Turli suyuqliklarni aralashib ketishiga aytiladi

2. Mahalliy qarshiliklarni qanday qoshiladi

a. $\zeta_{sist} = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \dots + \zeta_n + \lambda \frac{Z}{D}$

b. $H_e = \lambda \frac{Z}{D} \frac{v^2}{2g}$,

c. $l_{st} = 0,693 Re^{0,25} D$

d. $H = \zeta_{sist} \frac{v^2}{2g}$

QUVURLARNI GIDRAVLIK HISOBLARI. 4soat

- Quvurlarni gidravlik hisoblash. Oddiy va murakkab quvurlarni hisoblash. Gidravlik hisoblashning uch sxemasi.
- Vakuum ostida ishlayotgan quvurlarni hisoblash. Ko'ndalang kesimi har xil shakldagi quvurlarni hisoblash.
- Quvurdagi suyuqlikning beqaror harakati. Siqilmaydigan quvurlarni beqaror harakati.
- Quvurlardagi gidravlik zarba.

Trubalarning geometrik o'lchamlari (diametiri, uzunligi) ni ma'lum sarfga moslab hisoblash yoki berilgan bosimda o'lchamlari berilgan trubalarning sarflarini hisoblash trubalarni gidravlik hisoblash deyiladi.

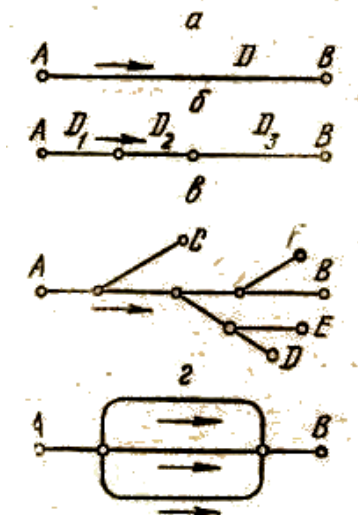
Gidravlik hisoblash vaqtida trubalarning uzunligi yoki hisoblashning gidravlik shartlariga qarab, ular ikki turga bo'linadi: uzun va qisqa trubalar.

Uncha uzun bo'lmagan va mahalliy qarshiliklari sezilarli bo'lib, umumiy qarshilikning kamida 5 – 10% ni tashkil etadigan trubalar *qisqa trubalar* deb ataladi. Bularga misol qilib, nasoslarning so'rish trubasini, benzobakdan karbyuratorga benzin o'tkazuvchi trubani avtotraktor va boshqa qurilmalar dvigatellarining moy o'tkazuvshi trubalarini, gidrouzatmalardagi tutashtiruvchi trubalar va hokazolarni keltirish mumkin.

Ancha uzoq masofaga cho'zilgan va gidravlik qarshiliklarda majmuida asosiy qismni ishqalanish qarshiligi tashkil qilgan trubalar uzun trubalar deb ataladi. Bunday trubalarda mahalliy qarshiliklar alohida hisoblanmaydi va ishqalanish qarshiligining 5 – 10% iga teng deb qabul qilinadi. Bularga

vodoprovod trubalari, neft va gazlarni tarqatuvchi trubalar va boshqalar misol bo`ladi.

Trubalar ishlash sxemasiga qarab ikki turga bo`linadi *sodda trubalar* (9.12-rasm, a, b); *murakkab trubalar* (9.12-rasm v, g). Sodda trubalar hesh qanday tarmoqlarga ega bo`lmagan trubalardir. Murakkab trubalar esa bir necha tarmoqlarga ega bo`lgan trubalardir. Bundan tashqari, trubalar tupik va yopiq trubalarga ajraladi. Bir yo`nalishda suyuqlik oqadigan trubalar tupik trubalar deyiladi. Suyuqlikning biror yerga ikki va undan ortiq yo`nalish bo`yicha berish mumkin bo`lgan trubalar yopiq trubalar deyiladi. Yopiq trubalar ishonchli bo`lib, uning ayrim qismlari buzilib, tamirlash davomida ham suv ta`minoti to`xtamaydi.



Trubalarni Klassifikasiyalashga doir chizma

Yuqorida aytilganlardan tashqari tranzit sarfli trubalar ham mavjud bo`lib, ularda suyuqlik yo`l bo`yicha o`zgarmay qolishi yoki tekis taqsimlanib borishi mumkin.

Sodda trubani hisoblashning asosiy tenglamasi

Trubalarni xisoblashda biz yuqorida keltirilgan ishqalanish va mahalliy qarshiliklar uchun chiqarilgan formulalardan foydalanamiz. Shuning uchun biz suyuqlik trubada qaysi tartibda oqishini ham bilishimiz kerak.

Avvalo o`zgarmas diametrli sodda truba olamiz. Bunday truba ketma - ket joylashgan bir qancha to`g`ri truba bo`laklaridan tashkil topgan deb qarash mumkin. (9.13-rasm). Bularda bosimning pasayishini barcha qarshiliklarning yg`indisi ko`rinishida hisoblaymiz

$$H = H_{l_1} + H_{M_1} + H_{l_2} + H_{M_2} + \dots + H_{l_n} + H_{M_n}.$$

Yuqorida keltirilgan formuladan foydalanib quyidagi

$$H = \lambda \frac{l_1}{D} \frac{v^2}{2g} + \zeta_1 \frac{v^2}{2g} + \lambda \frac{l_2}{D} \frac{v^2}{2g} + \zeta_2 \frac{v^2}{2g} + \dots + \lambda \frac{l_n}{D} \frac{v^2}{2g} + \zeta_n \frac{v^2}{2g}.$$

munosabatni chiqaramiz. Bu formula bo`yicha bosimning pasayishini hisoblash murakkab va ko`p vaqtni oladi, chunki truba juda ko`p bo`laklarga ajratilgan

bo'lishi mumkin. Oxirgi munosabatda tezlikni sarf orqali ifodalab $\left(v = \frac{4Q}{\pi D^2}\right)$ va o'hash hadlarni gruppallab, quyidagini olamiz:

$$H = (l_1 + l_2 + \dots + l_n) \frac{\lambda}{D} \frac{v^2}{2g} + (\zeta_1 + \zeta_2 + \dots + \zeta_n) \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{\sum l_i}{D} \frac{v^2}{2g} +$$

$$\sum \zeta_i \frac{v^2}{2g} + \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} \sum l_i Q^2 + \frac{8}{g\pi^2 D^4} \sum \zeta_i Q^2$$

Yoki
$$H = \left(\frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} \sum l + \frac{8}{g\pi^2 D^4} \sum \zeta_i \right) Q^2.$$

Qavs ichidagi miqdorni a bilan belgilasak, u holda

$$H = aQ^2. \quad (9.2)$$

O'lchov birligi s^2/m^5 bo'lgan a miqdor trubaning qarshiligi deb ataladi va

$$\alpha = \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} \sum l_i + \frac{8}{g\pi^2 D^4} \sum \zeta_i \quad (9.3)$$

bo'ladi. α miqdor trubaning uzunligi, diametri, mahalliy qarshiliklar koeffisientlariga bog'liq bo'lib, kvadrat qarshilik sohasida o'zgarmas bo'ladi.



Sodda trubaning sxemasi.

(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 trubaning ishqalanish qarshiligi) va A_m – solishtirma mahalliy qarshilik (trubaning 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, truboprovodlarni hisoblashda mahsus jadvallardan olinadi.

Bazi umumlashgan parametrlar bir oz boshqacharoq ko'rinishda olinadi. Bu holda mahalliy qarshilikni ekvivalent uzunlik bilan almashtirsak

$$H = \lambda \frac{l + l_{ekv}}{D} \frac{v^2}{2g} = \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} (l + l_{ekv}) Q^2$$

hosil bo`ladi. Oxirgi tenglikka

$$A = \sqrt{\frac{g\pi^2 D^5}{8\lambda}}$$

belgilashni kiritamiz va uni trubaning sarf xarakteristikasi deb ataymiz. U holda

$$H = \frac{l + l_{ekv}}{A^2} Q^2 \quad (9.4)$$

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 trubalar 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 trubalarni hisoblash formulasi quyidagi ko`rinishda ifodalanadi:

$$Q = K\sqrt{H} \quad (9.5)$$

va K ni sarf koeffisienti deb ataladi.

(9.5) va (9.4) bilan solishtirsak, sarf koeffisiyenti uchun ushbu munosabatni olamiz:

$$K = \frac{A}{\sqrt{l + l_{ekv}}} \quad (9.6)$$

uzun trubalar uchun esa

$$K = \frac{A}{\sqrt{L}} \quad (9.7)$$

(9.5) formulani boshqacha ham yozish mumkin:

$$H = \frac{1}{K^2} Q^2 \quad (9.8)$$

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 trubaning diametri va g`adir-budirlikiga qarab jadval ko`rinishida ifodalanadi, A_m esa bu jadvalda faqat diametrga bog`liq.

Laminar soha uchun yuqoridagi formulalardagi trubaning qarshiligi α va qarshilik koeffisiyenti K (9.3) formula yordamida hisoblab topiladi. Bunda λ Puazeyl formulasi bo`yicha hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

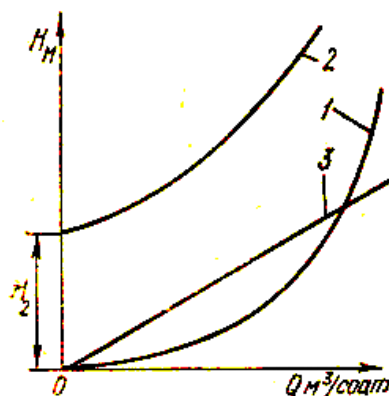
8-jadval.

Trubalarni xisoblash uchun umumlashgan parametrlar (kvadratik qarshilik qonuni uchun)

Trubaning ichki diametri, D, mm	Trubaning absolyut g`adir-budurligi						$A_m \frac{c^6}{m^5}$
	$\Delta = 0,2 \text{ mm}$		$\Delta = 0,5 \text{ mm}$		$\Delta = 1,0 \text{ mm}$		
	$K^2 \frac{m^6}{c^2}$	$A_e \frac{c^2}{m^6}$	$K^2 \frac{m^6}{c^2}$	$A_e \frac{c^2}{m^6}$	$K^2 \frac{m^6}{c^2}$	$A_l \frac{c^2}{m^6}$	
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 sohada esa λ siliq trubalar uchun Blazius formulasi bo`yicha hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$



Trubaning xarakteristikasi.

Trubalarni 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 trubani 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 trubaning hisoblash teksligidan 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:

$$H_y = H_g + H = H_g + \alpha Q^2 \quad (9.9)$$

Harakat laminar bo'lsa, u holda H grafigi to'g'ri chiziqqa aylanadi (9.14-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 absissa o'qiga paralel chiziq o'tkazamiz. Bu chiziqning xarakteristikasi bilan kesishgan nuqtasidan absissa o'qiga tushirilgan perpendikulyar undan trubada berilgan bosimda sarfning miqdoriga to'g'ri keladigan kesma ajratadi. Agar trubadan o'tishi kerak bo'lgan sarf ma'lum bo'lib, bosimni topish kerak bo'lsa, sarfni topish uchun qo'llangan usulni teskari tartibda bajaramiz.

Trubaning tejamli diametrini topish haqida tushuncha

Trubalar sistemasini loyixalashda berilgan uzunlikdagi trubadan suyuqlikni oqizib, berilgan sarfni olish uchun kerak bo'lgan bosimni hisoblash masalasi muhim o'rin tutadi. Trubaning 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 trubadan oqizish uchun sarf bo'ladigan energiyaning kamayishiga olib keladi, ya'ni suyuqlikni trubadan haydovchi nasos kamroq elektroenergiyasi sarflaydi. Ikkinchidan, truba diametrining ortishi unga sarf bo'ladigan kapital mablag'ning ortishiga olib keladi (diametri katta trubaga ko'proq metal sarf bo'ladi). Shunday qilib, trubaning eng qulay diametrini tanlash masalasi texnik-iqtisodiy hisoblash, ya'ni trubalar sistemasini yaratishga sarf bo'ladigan mablag' (trubalar, nasos stansiyasi va h.) ning qiymati va undan foydalanishdagi xarajatlar (elektr energiyasi, odamlar xizmati va h.) qiymatini solishtirish yo'li bilan hal qilinadi.

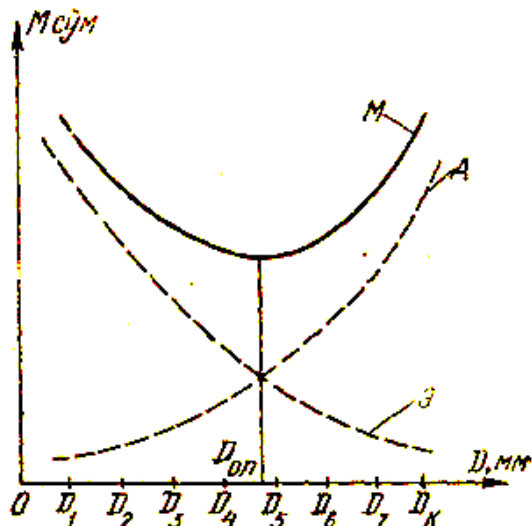
Bu masala xususiy holda shunday hal qilinadi: trubalarning standart diametrlarini hisobga olgan holda diametrning turli variantlari uchun butun sistemaning (uning o'z xarajatini o'zi qoplashini vaqtini nazarga olib) bir yillik qiymati (amortizatsiyaga bo'ladigan xarajat) A hisoblanadi. So'ngra truba diametrining har bir varianti uchun uni foydalanishiga sarf bo'lgan xarajat M ni hisoblab chiqiladi, bunga elektr energiya, odamlarni ishlatish, doimiy xarajatlar va hokozalar kiradi. Trubaning yillik xarajati M amortizatsiya A ekspluatatsiya E xarajatlarning yig'indisiga teng. Trubaning yillik xarajatining 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). Trubaning 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 truba sistemalarini loyihalashda foydalaniladi. Odatdagi hisoblashlarda ko'rilayotgan trubaga o'xshash trubalar uchun juda ko'p texnika-iqtisodiy hisoblar davomida aniqlangan optimal tezlik v_{opt} yoki optimal qiyalik l_{opt} ning qiymatini berish yo'li bilan aniqlanadi. Suyuqlikning

sarfni Q va v ma'lum bo'lgan holda diametirni topish qiyin emas.

$$Q = v_{opt} \frac{\pi D^2}{4} \quad (9.10)$$

Bundan
$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_{opt}}} \quad (9.11)$$



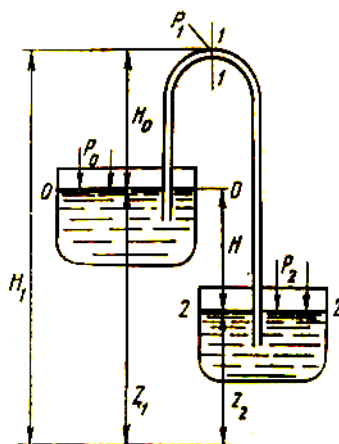
Tejamli qulay diametirni hisoblashga oid chizma.

Ba'zi hollarda taqribiy hisoblash uchun sodda formulardan ham foydalanish mumkin. Trubadagi bosimning katta-kichikligiga qarab turli materiallardan qilingan trubalar ishlatish mumkin. Masalan, bosim 1 MN/m^2 gacha bo'lganda vodoprovod trubalari uchun cho'yan trubalar, katta bosimlar uchun esa po'lat trubalardan foydalaniladi. Bundan shuni hisobga olish kerakki, GOST da cho'yan truba uchun ichki diametr, po'lat truba uchun esa tashqi diametr qabul qilingan.

Sifon truba

Bir qismi suyuqlik bilan ta'minlovchi idishdan yuqorida joylashgan sodda truba sifon truba deb ataladi (9.16-rasm). Sifonni sodalashtirib ikki (ta'minlovchi va qabul qiluvchi) idishlarni tutashtiruvchi U ko'rinishdagi truba sifatida tasvirlash mumkin. Bu holda uning egilgan qismi idishlardagi suyuqlik sathlaridan H balandlikda 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 trubaning o'ziga xos xususiyati shundaki, unda bosim ko'tariluvchi qismida ham, pastga tushuvchi qismida ham atmosfera bosimidan pastdir. Sifon trubalardan asosan neft mahsulotlarini sisternalardan qo'yib olish, suv sig'irlarini 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 trubadan

iborat bo'lsa, uning yuqori nuqtasida havoni so'rib olish uchun maxsus jo'mrak o'rnatiladi.



Sifon truba.

Havoni nasoslar yoki ejektorlar yordamida so'rib olish mumkin. Sifonlarni hisoblash boshqa trubalarni hisoblashdan farq qilmaydi. Masalan, sifonning ikkita kesmi uchun Bernuli tenglamasini yoziladi. Bu kesmalar 0-0 va 2-2 bo'lsa, u holda

$$z_1 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{0-2} \quad (9.12)$$

bo'ladi. $p_0 = p_2 = p_{atm}$, va $v_1 = v_2 = 0$ deb hisoblasak, bu tenglama quyidagicha yoziladi:

$$z_1 = z_2 + h_{0-2} \quad (9.13)$$

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:

$$H = \alpha Q^2 \quad (9.14)$$

Shunday qilib, sifonlarda sarf oddiy trubalardagidek 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 Bernuli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = H_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_{0-1} \quad (9.15)$$

Agar tezliklar kichikligi uchun ularni nolga tenglasak:

$$\frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} - H_1 - h_{0-1} \quad (9.16)$$

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.

Trubalarni ketma-ket va prallel ulash

Ketma-ket va parallel ulangan trubalarni hisoblash sodda trubalarni hisoblashga qaraganda murakkab bo`lib, u qaysi tartibda ulanganiga bog`liq. Shuning uchun bu ikki ulash usulini ayrim-ayrim ko`rib chiqamiz.

Ketma-ket ulash. Bir necha har xil diametrli trubalardan tashkil topgan truboprovodni ko`ramiz. Ular ketma-ket ulangan bo`lib, qarshiliklari $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, uzunliklari $L_1, L_2, \dots, L_n$ bo`lsin.

Bu trubalarning har birida sarflar teng bo`lishi uzilmaslik tenglamasidan ko`rinadi. U holda trubalardagi 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 truboprovodda esa qarshiliklarni qo`shish prinsipiga asosan quyidagicha hisoblanadi.

$$H = H_1 + H_2 + \dots = H_n = (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n) Q^2. \quad (9.16)$$

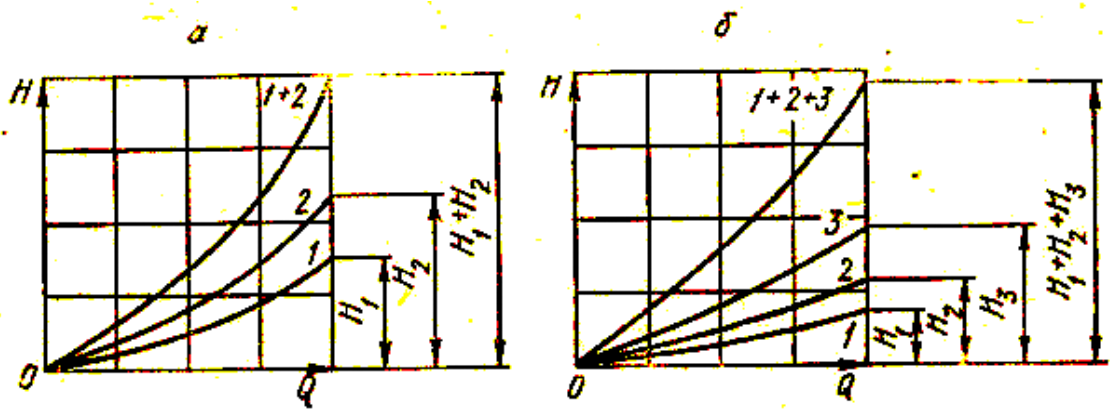
Shunday qilib, trubalar ketma-ket ulanganda umumiy qarshilik xususiy qarshiliklar yig`indisidan iborat.

$$\alpha = \sum_1^n \alpha_n \quad (9.17)$$

Bu ikki (9.16) va (9.17) tenglama trubalarni ketma-ket ulashda xarakteristika tuzish uchun asos bo`ladi.

Avval ketma-ket ulangan ikkita trubani ko`ramiz. Bu trubalarning xarakteristikalari 9.18-rasm, a da 1 va 2 grafiklar orqali ifodalangan. Ikki truboprovodning xarakteristikasini tuzish uchun (9.16) tenglamaga asosan bir xil sarfda ikki trubadagi bosim kamayishlarini qo`shamiz, ya'ni bir xil abssissalarda ikkala egri chiziqlarning ordinatalarini qo`shamiz.

Ketma-ket ulangan uchta trubaning umumiy xarakteristikasini tuzish uchun avval 1,2,3 trubalarning xarakteristikasini tuzib olamiz (9.18-rasm, b). So`ngra bir xil abssissada ularning ordinatalarini qo`shib, bir chiziq bilan tutashtiramiz n ta ketma-ket ulangan trubaning umumiy xarakteristikasini tuzish ham shu usulda bajariladi. Ko`rilayotgan holda kirishdagi va chiqishdagi tezlik bosimlari har xil bo`lgani sababli, truboprovod uchun talab qilinadigan bosim formulasida (9.9) dan farqli ravishda, kirishdagi va chiqishdagi tezlik damlarining farqi qatnashadi:



Ketma-ket ulangan trubalarning xarakteristikasi

$$H = z_A - z_B + \frac{\alpha_A v_A^2 - \alpha_B v_B^2}{2g} + \sum H_n + \frac{p_B}{\gamma} = H_g + cQ^2 + \alpha Q^2 \quad (9.18)$$

bu yerda

$$c = \frac{1}{2g} \left(\frac{\alpha_A}{S_A^2} - \frac{\alpha_B}{S_B^2} \right),$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \alpha_i,$$

$$H_g = z_A - z_B + \frac{p_B}{\gamma}$$

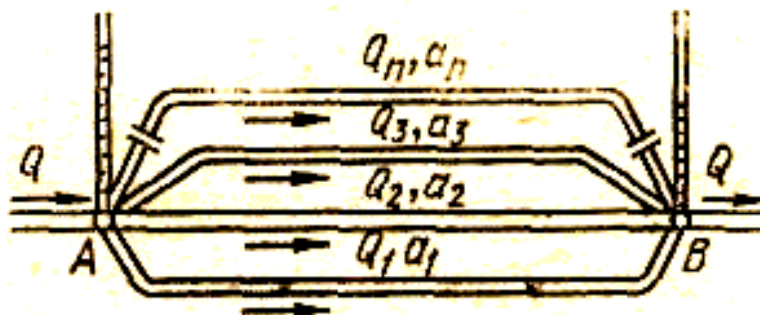
S_A, S_B - kirish va chiqishdagi kesim yuzalari.

Parallel ulash. Endi bir qancha parallel ulangan sodda trubalardan tashkil topgan murakkab trubani ko`ramiz (8.19-rasm). Sodda trubalarning sarflari  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ , qarshiliklari  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  bo`lsin. Umumiy sxemadan ko`rinib turibdiki, murakkab trubaning sarfi sodda trubalar sarflarining yig`indisiga teng.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = \sum Q_n. \quad (9.19)$$

Har bir sodda trubadagi bosimning kamayishi ham, murakkab trubadagi bosimning kamayishi ham A va B nuqtalardagi to`la bosimlarning ayirmasiga teng:

$$H_A - H_B = H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_n = H. \quad (9.20)$$



Trubalarni paralel ulash.

Har bir trubadagi 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:

$$Q = \frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{\sqrt{H_3}}{\sqrt{\alpha_3}} + \dots + \frac{\sqrt{H_n}}{\sqrt{\alpha_n}}. \quad (9.21)$$

va (9.20) dan foydalanib, quyidagi munosabatni olamiz:

$$Q = \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{\alpha_n}} \right) \sqrt{H}. \quad (9.22.)$$

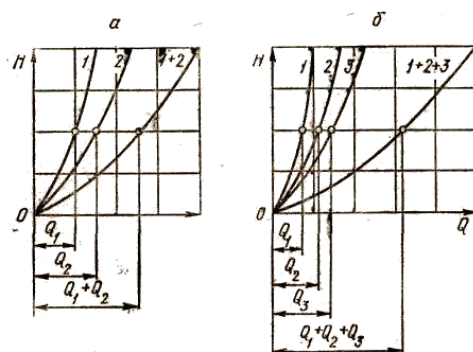
Bu tenglikdan murakkab truba uchun bosim kamayishi tenglamsini chiqaramiz:

$$H = \frac{Q}{\left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{\alpha_n}} \right)^2}. \quad (9.23)$$

Shunday qilib, parallel ulangan murakkab trubaning qarshiligi uchun quyidagi formulani olamiz:

$$\alpha = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} \right)^2}. \quad (9.24)$$

Parallel ulangan truboprovodning xarakteristikasini tuzish uchun (9.19) va (9.20) tenglamalardan foydalanamiz. Avval ikki parallel trubadan iborat murakkab trubani ko'ramiz (9.20-rasm, a) Parallel trubalarning xarakteristikalari 1 va 2 grafiklar ko'rinishida ifodalangan. Murakkab trubaning xarakteristikasini hosil qilish uchun (9.20) ga asosan bosimning biror qiymatida birinchi va ikkinchi trubalarda 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 truba uchun xarakteristika hosil qilamiz.



Parallel ulangan trubalarning xarakteristikasi.

Uchta parallel trubadan tashkil topgan murakkab trubaning xarakteristikasi ham 1, 2, 3 trubalarning xarakteristikalarini tuzishdan boshlanadi. Bu holda ham bir xil bosimda 1 trubaning sarfiga avval 2 truba sarfini, so`ng 3 truba sarfini qo`shish yo`li bilan murakkab trubaning xarakteristikasini tuzamiz. n ta parallel trubadan tuzilgan murakkab trubaning xarakteristikasi ham xuddi shu usulda hosil qilinadi.

Murakkab truboprovodlar

Murakkab truboprovodlar trubalar xilma-xil usullarda tutashtirilgan bo`lib, ular ketma-ket, parallel ulangan va tarmoqlarga ajralgan bo`laklardan tashkil topgan bo`ladi. Biz yuqorida ketma-ket va parallel ulangan trubalardan tashkil topgan bo`laklarni ko`rdik. Endi truboprovodning tarmoqlangan bo`lagini ko`ramiz. Asosiy truboprovod 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 trubadagi sarfga to`g`ri keladi:

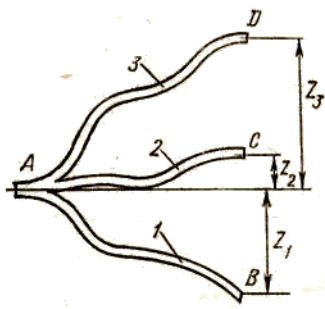
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Har bir tarmoq uchun Bernulli tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{p_A}{\gamma} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = H_1$$

$$\frac{p_A}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} = H_2$$

$$\frac{p_A}{\gamma} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} = H_3$$



Trubalarning 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 trubalar uchun (9.2) formuladan foydalanib, quyidagilarni yozamiz:

$$H_A = z_1 + \alpha_1 Q_1^2; \quad H_A = z_2 + \alpha_2 Q_2^2; \quad H_A = z_3 + \alpha_3 Q_3^2 \quad (9.25)$$

Yoki $H_A - z_1 = H_1$ ekanligini hisobga olib va $z_2 - z_1 = z_{1-2}$, $z_3 - z_1 = z_{1-3}$ belgilashlarni kiritib, oxirgi tengliklarni o`zgartiramiz:

$$H_1 = \alpha_1 Q_1^2; \quad H_1 - z_{1-2} = \alpha_2 Q_2^2; \quad H_1 - z_{1-3} = \alpha_3 Q_3^2 \quad (9.26)$$

Bu tenglamalardan 1, 2, 3 trubalardagi sarflarni topib va qo`shib umumiy xarjni topamiz:

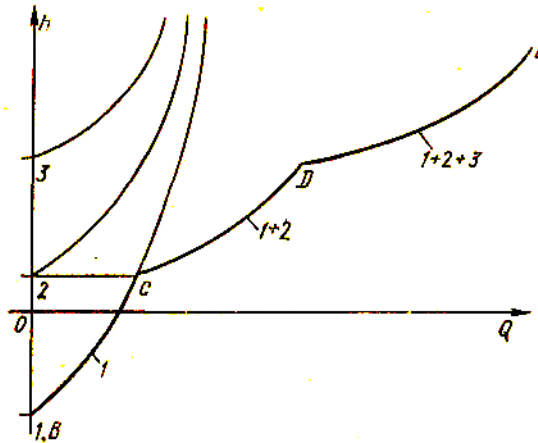
$$Q = \left(\frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{\sqrt{H_1 - z_{1-2}}}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{\sqrt{H_1 - z_{1-3}}}{\sqrt{\alpha_3}} \right) \quad (9.27)$$

yoki

$$Q = \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} + \frac{\sqrt{1 - z'_{1-2}}}{\sqrt{\alpha_2}} + \frac{\sqrt{1 - z'_{1-3}}}{\sqrt{\alpha_3}} \right) H_1 \quad (9.28)$$

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'rin-

lidir. Agar uchala trubaning 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 trubalar parallel ulangan hol uchun chiqarilgan munosabatini olamiz. Endi yuqorida keltirilgan formulalarga asosan tarmoqlangan truba uchun xarakteristika hosil qilish mumkin (9.22-rasm). Buning uchun ularning xarakteristikalarini trubalarni parallel ulash dagi kabi qo'shamiz. Natijada 9.22-rasmda tasvirlangandek siniq egri chiziq $BCDE$ ni olamiz. Bu chiziq tarmoqlangan truba uchun xarakteristika bo'lib, u 2 va 3 trubalarning 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 trubalarning 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. Bordini, bu trubalarning ba'zilaridan oqim o'ngga, boshqalarida chapga bo'lganda ham o'ngga oqayotgan suyuqlik uchun xarakteristika H o'qidan o'ngga chapga oqayotganlari uchun esa xarakteristika chapga quriladi va so'ng qo'shiladi.



Tarmoqlarga bo'lingan trubaning xarakteristikasi.

Truboprovod sistemasi bir qancha qismlardan iborat bo'lib, ular ketma-ket va parallel ulangan trubalardan tashkil topgan bo'lsa, u holda bu qisimlarning har biriga ketma-ket va parallel ulash qoidalarini qo'llab, xarakteristikalarni yoki tenglamalarni tuzib olamiz. So'ngra bu qisimlarning har birini ayrim truba sifatida qarab va parallel yoki ketma-ket ulash qoidasidan foydalanib sistema uchun xarakteristika yoki tenglama tuzamiz. Bu qoidaga asosan har qanday murakkab trubalar sistemasini hisoblash mumkin.

Nasosdan ta'minlanuvchi truba

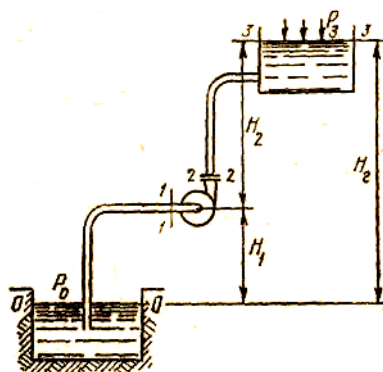
Yuqorida biz turli usulda ulangan trubalar sistemasini ko'rdik, biroq ularning suv bilan ta'minlanishi qanday amalga oshirilishi haqida to'xtalib o'tmadik. Bunday hol balandlikka o'rnatilgan katta idishdan ta'minlanuvchi trubalar sistemi uchun yoki nasosdan ta'minlanuvchi sistemalarning qisimlari uchun o'rinli. Sanoat va qishloq xo'jaligida trubalarni nasos orqali ta'minlash hollari ko'p uchrab turadi. Bu holda trubalar sistemasidagi bosim ustiga nasos hosil qilgan bosimni ham qo'shish kerak bo'ladi. Shu maqsadda nasosdan ta'minlanuvchi sodda trubalarni (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 sathidan balandligi H_1 geometrik so'rish balandligi deyiladi va bu balandlikkacha suyuqlik harakat qilayotgan truba so'rish trubasi deyiladi. Suyuqlikning yuqori sathining balandligi H_2 zo'riqish geometrik balandligi deyiladi va suyuqlikni bu balandlikka ko'tarishda qatnashuvchi truba haydash (nagnetatelnaya ili napornaya) trubasi deyiladi.

So'rish trubasi uchun ($0-0$ va $1-1$ kesimlar uchun) Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{p_0}{\gamma} = H_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_{0-1} \quad (9.29)$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki, nasosning suyuqlikni H_1 balandlikda 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.



Nasosdan ta'minlanuvchi trubaga oid chizma.

Bu nasoslarning so'rish trubalarini nihoyatda aniq va puxta hisoblash kerak. (9.29) tenglama so'rish trubalarini 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 (kavitasiya 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 trubasidagi bosim atmosfera bosimidan kichik bo'ladi. p_0 bosimning ortishi bilan so'rish trubasidagi bosim ortadi. Bu esa geometrik so'rish balandligining ortishiga yordam beradi.

Haydash trubasidagi suyuqlikning harakati (2 – 2 va 3 – 3 kesimi) uchun ham Bernulli tenglamasini yozish mumkin.

$$\frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = H_2 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + h_{2-3} \quad (9.30)$$

Agar haydash trubasining 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:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = \frac{p_0}{\gamma} - H_1 - h_{0-1}. \quad (9.31)$$

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:

$$H_{\text{nac}} = \left(\frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right) - \left(\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right) = H_1 + H_2 + \frac{p_3 - p_0}{\gamma} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + h_{0-1} + h_{2-3}$$

yoki

$$H_{\text{nac}} = H_g + \frac{p_3 - p_0}{\gamma} + cQ^2 + \alpha Q^2 \quad (9.32)$$

bu yerda H_g - suyuqlikning pastki sathdan yuqori sathga ko'tarilish balandligi; cQ^2 – yuqori sathdagi tezlik bosimi; αQ^2 – so'rish va haydash trubalardagi 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

$$H_{\text{nac}} = H_g + cQ^2 + \alpha Q^2 = H_g + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + \alpha Q^2$$

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:

$$H_{\text{nac}} = H_3. \quad (9.33)$$

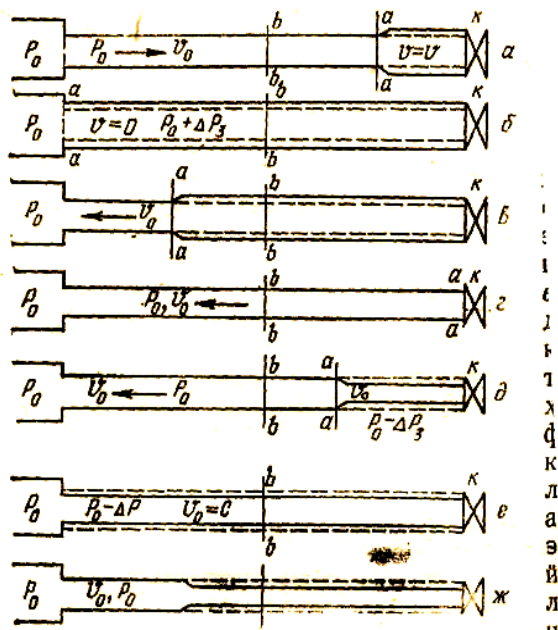
Bu qoidani nasoslar barqaror ish tartibining hamma hollari uchun qo'llash mumkin. Nasosning ishlash xarakteristikasi uning aylanish soniga bog'liq bo'lib, bu son nasosning quvvatiga bog'liq bo'lmagan hollar uchun to'g'ridir. Agar nasos yopiq sistemada ishlasa, ya'ni pastki va yuqori idishlar bo'lmay, so'rish va haydash trubalari tutashtirilgan bo'lsa, u holda (9.32) formula o'rnida quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

$$H_{\text{nac}} = H = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} = H_3.$$

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.

Gidravlik zarba hodisasi

Trubalarda gidravlik zarba hodisasi diformasiyalanuvchi trubalardagi kam siqiluvchi suyuqlikning tezligi yoki bosimi keskin o'zgarganda hosil bo'ladigan tebranma harakatdan iboratdir. Bu hodisa tez sodir bo'lib, bosimning keskin ortishi va kamayishi bilan xarakterlanadi. Bosimning bunday o'zgarishi suyuqlikning va truba devorlarining diformasiyalanishi bilan bog'liqdir. Gidravlik zarba ko'p hollarda jo'mrak yoki oqimning boshqaruvchi biror boshqa qurilmaning tez ochilishi yoki yopilishi natijasida sodir bo'ladi. Unga boshqa hodisalar ham sabab bo'lishi mumkin. Trubalardagi gidravlik zarbani birinchi marta prof. N.E. Jukovskiy nazariy asoslagan va tajribada tekshirib ko'rgan va uning "O gidravlicheskom udare" nomli asarida (1899 y) e'lon qilingan. Suyuqlik v_0 tezlik va p_0 bosim bilan harakat qilayotgan trubaning oxiridagi kran jo'mrak "J" bir onda yopilsin deylik (10.1-rasm, a). U holda kranga (yopilgandan so'ng) birinchi yetib kelgan suyuqlik zarrachalarning tezligi so'nib ularning kinetik energiyalari truba devorlarining va suyuqlikni diformasiyalash ishiga aylanadi. Bu yerda gidravlikning avval ko'rilgan bo'limlaridagi kabi suyuqlik siqilmaydi deb hisoblamay, uning siqilishi oz miqdorda bo'lsa ham hisobga olishga to'g'ri keladi, chunki shu siqilish katta va chekli miqdordagi zarba bosimi Δp_3 ni vujudga keltiradi. Shunday qilib, jo'mrak oldida hosil bo'lgan Δp_3 qo'shimcha bosimga mos ravishda truba devorlari cho'zilib, suyuqlik siqiladi. Jo'mrak oldida to'xtatilgan suyuqlik zarrachalariga qo'shni bo'lgan zarrachalar ham yetib keladi va ularning ham tezliklari so'nadi. Natijada bosim oshish chegarasi ($a-a$ kesim) jo'mrakdan ta'minlovchi idish tomonga, zarba to'lqinining tezligi deb ataluvchi a tezlik bilan siljib boradi. Bosimi Δp_3 ga o'zgargan sohaning o'zi esa zarba to'lqini deb ataladi. Bu to'lqin idishga yetib borganda esa, suyuqlik butun truba bo'yicha to'xtagan va siqilgan bo'lib, truba devorlari esa butunlay cho'zilgan bo'ladi. Bosimning zarbali ortishi Δp_3 esa truba bo'yicha butunlay tarqalgan bo'ladi. (10.1-rasm, b). Lekin trubadagi suyuqlik teng vaznli holatda bo'lmaydi. Bosimlar farqi Δp_3 ta'sirida suyuqlik trubadan idishga oqa boshlaydi. Bu oqim idishning bevosita oldida turgan zarrachalardan boshlanib, uning chegarasi ($a-a$ kesim, teskari yo'nalishda) kran tomonga a tezlik bilan harakat qiladi va ketida tiklangan p_0 bosimli V_0 tezlikka ega suyuqlik oqimini qoldiradi (10.1-rasm, v). Suyuqlik va truba devorlari elastik deb qaralib, p_0 bosimi tiklanishi bilan o'z holiga qaytadi. Diformasiya ishi qayta kinetik energiyaga aylanib, suyuqlik yana avvalgi v_0 tezligiga ega bo'ladi va teskari yo'nalishda oqa boshlaydi. Suyuqlik ustuni ana shu tezlik bilan oqishda davom etib, jo'mrakdan uzilishga intiladi (10.1-rasm, g).



Gidravlik zarba hodisasini tushuntirishga doir chizma

Natijada krandan idishga a tezlik bilan harakat qiluvchi manfiy zarba to'liqini vujudga keladi va u bosimni p_0 ga kamaytirib, truba devorini toraytirib, suyuqlikni kengaytiradi (10.1-rasm, d). Suyuqlikning kinetik energiyasi esa yana deformasiya ishiga aylanadi, lekin bu ish endi manfiy bo'ladi. Bu harakat davom etib borib, manfiy zarba to'liqini ham idishgacha yetib keladi (10.1-rasm, e). Musbat zarba to'liqidagi kabi bu holat ham teng vaznli bo'lmaydi va natijada trubada yana bosim tiklana boshlaydi, suyuqlik esa v_0 tezlikka erishadi (10.1- rasm, j). Idishdan qaytgan zarba to'liqini jo'mrakka yetib borishi bilan jo'mrak yopilgandagiga o'xshash hodisa yana vujudga keladi. Shundan so'ng butun sikl takrorlanadi.

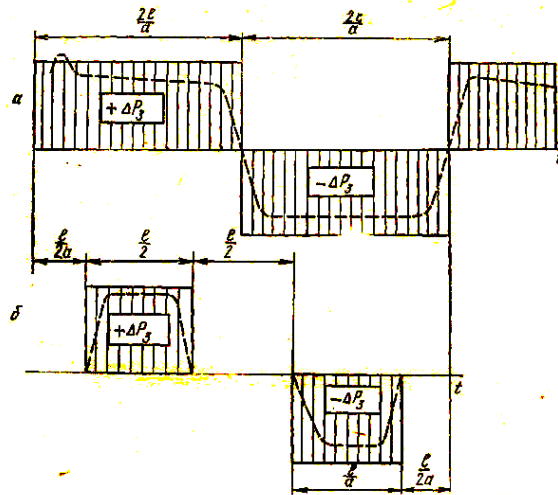
N. E. Jukovskiy tajribalarida bunday siklning 12 marta takrorlanishi qayd qilingan, lekin har bir navbatdagi siklda, ishqalanish kuchi va energiyaning idishdagi suyuqlikka o'tishi natijasida Δp_3 kamayib borgan. Hidravlik zarbaning vaqt davomida o'tishi 10.2-rasmda diagramma ko'rinishida tasvirlangan (10.2-rasmdagi a) diagrammada jo'mrak bir onda yopilgan deb qarab, jo'mrakning oldidagi k nuqtadagi bosimning nazariyadagi o'zgarishi Δp_3 tutash chiziq bilan tasvirlangan.

Trubaning o'rtasidagi v nuqtaga zarba bosimi $\frac{l}{2a}$ vaqtga kechikib keladi va to'liqin-

ning bu nuqtadan idishga borib qaytib kelgunicha, ya'ni $\frac{l}{2a}$ vaqt saqlanib turadi.

So'ng v nuqtada bosim p_0 ga tiklanadi (ya'ni $\Delta p_3 = 0$) va shu holda teskari to'liqin yetib kelguncha, $\frac{l}{d}$ vaqt saqlanadi (10.2-rasm,b).

Bu haqiqiy bosim grafigi emas. Bundan tashqari, tebranish so'nib boradi, ya'ni uning amplitudasi energiyaning sarf bo'lish hisobiga kamayib boradi.



Gidravlik zarbada bosimning vaqt davomida o'zgarishi

To'g'ri zarba uchun N. E. Jukovskiy formulasi

Gidravlik zarba vaqtida bo'ladigan o'zgarishlarni va zarba kuchini hisobga olish uchun zarba bosimi Δp_3 ning qiymatini aniqlash kerak. Buning uchun zarba bosimi ostida suyuqlikning siqilgan holi uchun harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremani qo'llaymiz. Shu maqsadda trubadagi suyuqlikning elementar masofaga dt vaqtda siljishini ko'ramiz (10.3-rasm). Buning uchun biror vaqtda trubadagi suyuqlikning jo'rak oldidagi Δl bo'lagi zarba ta'sirida siqilgan bo'lsin. U holda suyuqlikka idish tomonidan $P_1 = p_0 S$ bosim kuchini, kran tomonidan esa $P_2 = (p_0 + \Delta p_3) S$ kuchi dt vaqt ta'sir qiladi. Suyuqlikning zarba etib kelmagan qismining harakat miqdori $\rho s v_0 dx$ zarba ta'siri ostidagi qismining harakat miqdori $\rho s Q dx$ bo'ladi. Shunday qilib, ko'rilayotgan holda harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema qo'llanganda muvozanat tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$(p_0 + \Delta p_3) S dt - p_0 S dt = \rho s v_0 dx \quad (10.20)$$

Bu tenglikdan $\Delta p_3 S dt = \rho s v_0 dx$

$$\text{Yoki} \quad \Delta p_3 = \rho v_0 \frac{dx}{dt} \quad (10.21)$$

Bu yerda zarba to'lqinining tarqalish tezligi.

$$\alpha = \frac{dx}{dt} \quad (10.22)$$

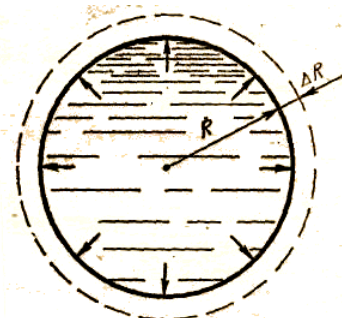
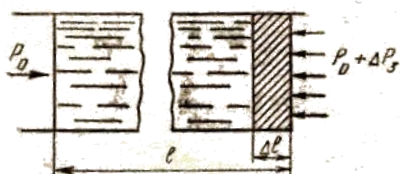
dan iborat va oxirgi tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\Delta p_3 = \rho v_0 \alpha \quad (10.23)$$

Bu formula N. E. Jukovskiy formulasidir. Undan ko'rinadiki, gidravlik zarba bosimi suyuqlikning zichligi, tezligi va shu suyuqlikda to'lqin tarqalishi tezligiga proporsional bo'lib, ularning ko'paytmasiga teng. Agar suyuqlikda tulqin tarqalish tezligini aniqlasak, tezlikni o'lchab (zichlik jadvallardan ma'lum), (10.23) formula yordamida zarba bosimilni topa olamiz. Shuni aytish kerakki, α suyuqlikning va trubaning elastiklik xossalariga bog'liq. Bu bog'liqlikni aniqlash uchun trubadagi suyuqlik kinetik energiyasining deformatsiyaga sarf bo'ladigan ishga aylanishini

tekshiramiz. Radiusi R bo'lgan trubadagi suyuqlikning yuqlikning kinetik energiyasi quyidagiga teng:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{1}{2} \pi R^2 l \rho v_0^2 \quad (10.24)$$



**Gidravlik zarba uchun N.E.
Jukovskiy formulasini chiqarishga
doir chizma**

**Gidravlik zarba vaqtida truba
devorining cho'zilishi**

Trubani deformasiyalashga ketgan ish A_1 kuchning cho'zilishga ko'paytmasining yarmiga teng. Deformasiya ishini zarba kuchining ΔR (10.4-rasm) yo'lga sarf bo'lgan ish sifatida topamiz:

$$A_1 = \frac{1}{2} \Delta p_3 2\pi R l \Delta R \quad (10.25)$$

Guk qonuniga asosan

$$\sigma = E \frac{\Delta R}{R} \quad (10.26)$$

Bu yerda σ - truba devoridagi normal zo'riqish, u trubaning qalinligi δ va zarba kuchi Δp_3 bilan quyidagicha bog'langan:

$$\sigma = \frac{\Delta p_3}{\delta} R \quad (10.27)$$

Bu munosabatlardan foydalanib trubani deformasiyalash ishini quyidagicha yoza-miz:

$$A_1 = \frac{\Delta p_3^2 \pi R^3 l}{\delta E} \quad (10.28)$$

Endi trubadagi suyuqlikni Δl masofadagi (10.3-rasm) siqish ishi A_2 ni topamiz. Bunda siqilgan suyuqlik sarfi $S \Delta l$ desak,

$$A_2 = \frac{1}{2} S \Delta l \Delta p_3 = \frac{\pi R^2}{2} \Delta l \Delta p_3 \quad (10.29)$$

Guk qonuniga o'xshash, suyuqlikning chiziqli cho'zilishi zarba kuchi bilan quyidagicha bog'langan:

$$\Delta p_3 = K \frac{\Delta l}{l}$$

bu erda K – suyuqlikning elastiklik moduli. U holda

$$A_2 = \frac{1}{2} \frac{\Delta p_3^2 \pi R^3 l}{K} \quad (10.30)$$

Kinetik energiya A_1 , va A_2 ishlarning yig'indisiga teng, ya'ni

$$\frac{1}{2}\pi R^2 \rho v_0^2 = \frac{\Delta p_3^2 \pi R^3 l}{\delta E} + \frac{\Delta p_3^2 \pi R^2 l}{2K} \quad (10.31)$$

Bu tenglamani Δp_3 , ga nisbatan yechsak

$$\Delta p_3 = \rho v_0 \frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{K} + \frac{2\rho R}{\delta E}}} \quad (10.32)$$

N. E. Jukovskiy formulasini umumiyroq ko'rinishda topdik.

(10.32) ni (10.23) bilan solishtirsak, suyuqlikda to'liq tarqalish tezligi uchun quyidagi formulani olamiz:

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{\frac{\rho}{K} + \frac{2\rho R}{\delta E}}} \quad (10.33)$$

Bu miqdorning o'lchovi tezlik o'lchoviga tengdir. Uning fizik ma'nosini aniqlash uchun trubani deformatsiylanmaydigan (ya'ni $E = \infty$) deb qaraymiz. U holda ildiz ostidagi ikkinchi had nolga aylanadi va

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (10.34)$$

bo'lib qoladi. Oxirgi formula zichligi ρ va elastiklik moduli K bo'lgan bir jinsli suyuqlik uchun tovush tezligidan iboratdir. Shunday qilib, trubalarda gidravlik zarba to'liqining tarqalish tezligi (10.33) formula yordamida hisoblanadi. Bu tezlik suv uchun 1435 m/s, benzin 1116 m/s, yog'lar ushuni 1400 m/s deb taxminiy hisoblash mumkin. Albatta, trubaning materialiga qarab u ko'proq yoki kamroq bo'ladi.

Teskari gidravlik zarba haqida tushuncha

Agar jo'mrak to'liq yopilmasa va suyuqlikning tezligi butunlay so'nmasa hamda u v_0 dan v ga kamaysa, bunda chala gidravlik zarba hosil bo'ladi. Bunday zarba uchun N. E. Jukovskiy formulasi quyidagicha yoziladi:

$$\Delta p_3 = \rho(v_0 - v)\alpha \quad (10.35)$$

Bu formula jo'mrakning bir onda (juda tez) yopilmagan holi uchun to'g'ri bo'ladi. Agar jo'mrakning yopilish vaqtini t_δ desak va gidravlik zarbaning jo'mrakdan idishga borib, undan qaytib kelish vaqtini t_0 desak, u holda

$$t_\delta < t_0$$

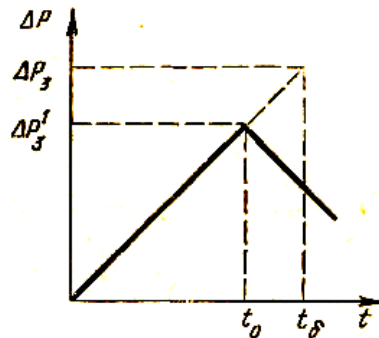
bo'lganda kranning yopilishi oniy bo'lgan deb qarash mumkin. Bunda t_0 *gidravlik zarbaning fazasi* deyiladi, zarbaning o'zini esa *to'g'ri gidravlik zarba* deyiladi. $t_\delta > t_0$ bo'lganda esa teskari gidravlik zarba deyiladi va zarba to'liqini kran butunlay yopilib ulgurmasidan oldin idishdan qaytib jo'mrakka etib keladi. Tabiiyki bu holda bosimning ortishi Δp_3 to'g'ri zarba holidagi Δp_3 ga qaraganda kichik bo'ladi.

Agar oqim tezligi jo'mrak yopilishiga qarab kamayib boradi, bosim esa vaqt bo'yicha chiziqli ortadi deb hisoblasak (10.5-rasm), u holda

$$\frac{\Delta p_3}{\Delta p_3} = \frac{t_0}{t_\delta}$$

munosabat o'rinli bo'ladi. Bundan:

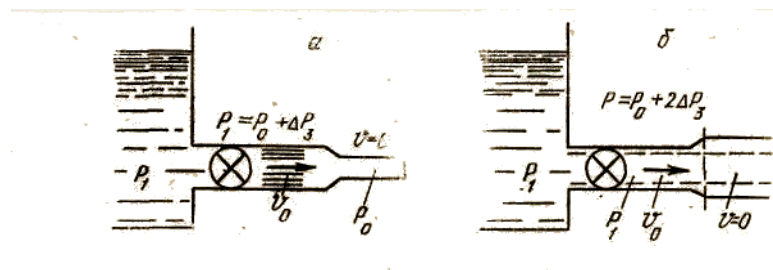
$$\Delta p_3' = \Delta p_3 \frac{t_0}{t_\delta} = \rho V_0 \alpha \frac{2l}{\alpha t_\delta} = \frac{2\rho V_0 l}{t_\delta} \quad (10.36)$$



To'g'ri va noto'g'ri zarbada bosimning ortishi

Shunday qilib, teskari gidravlik zarba bosimi $\Delta p_3'$ to'g'ri gidravlik zarba bosimi Δp_3 dan farqli ravishda trubaning uzunligiga bog'liq, α tezlikka bog'liq emas.

Tupiksimon trubalarda zarba bosimi ikki baravar ortib ketadi. Bu hodisani 10.6-rasm yordamida tushuntiramiz. Boshlang'ich bosimi p_0 bo'lgan suyuqlikka to'la truba katta $p_1 = p_0 + 2\Delta p_3$ bosimli bo'lgan trubadan jo'mrak yordamida ajratilgan bo'lsin. Jo'mrak ochilishi bilan trubada bosim $\Delta p_3 = p_1$ miqdorga keskin ortadi, trubadagi suyuqlikning tezligi esa noldan v_0 ga ortadi. Buning natijasida hosil bo'lgan zarba to'liqini a tezlik bilan trubaning ikkinchi uchi tomonga qarab harakat qiladi (10.6-rasm, a).



Noto'g'ri gidravlik zarbani tushuntirishga doir chizma

N. E. Jukovskiy formulasidan:

$$v_0 = \frac{\Delta p_3}{\rho \alpha}$$

Zarba to'liqini tupiksimon trubaning oxiriga kelganda butun truba bo'yicha bosim Δp_T ga ortadi, tezlik esa truba oxirigacha V_0 qiymatga ega bo'ladi. Suyuqlik bundan nariga oqa olmagan uchun uning tezligi so'nib, kinetik energiyasi, yangi qo'shimcha zarba to'liqining hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Yangi zarba to'liqining bosimi ham, N. E. Jukovskiy formulasiga asosan $\Delta p_3 = \rho v_0 \alpha$ bo'lib, trubadagi bosimning umumiy oshishi $2\Delta p_3$ ga teng bo'ladi (10.6-rasm, b), suyuqlikning tezligi esa $v = 0$ bo'ladi.

Trubaning ikkinchi uchida yana bir idish bo'lsa (bu kuch gidrosilindrlarida bo'ladi), u holda ikkinchi zarba to'liqini kichikroq bo'lib, bosimning umumiy ortishi $2\Delta p_3$ dan kichik bo'ladi.

Ikkinchi idish hajmi juda katta bo'lsa, ikkinchi zarba to'liqini deyarlik bo'lmaydi. Zarba bosimining ikki baravar ortish holi kuch gidrosilindrlarini yuqori bosimli suyuqlikka keskin tutashtirilgan hollarda sodir bo'ladi, bunga sabab gidrosilindrda-gi suyuqlik miqdori (porshen silindr tubiga taqalgan bo'ladi) juda kam bo'lib, tupiksimon trubaga o'xshagan bo'ladi. (10.23) formula bir qancha taxminlardan foydalanib chiqarilgan, ya'ni suyuqlik va truba deformasiyasiga Guk qonuni o'rinli, ishqalanish kuchi va boshqa turlardagi energiyaning tarqalishi yo'q, truba kesimida tezlik bir tekis tarqalgan deb qabul qilinadi. Tajribalar ko'rsatishicha, agar suyuqlikda havo pufakchalari aralash bo'lmasa va p_0 bosim juda katta bo'lmasa, yuqorida aytilgan taxminlarga qaramay N. E. Jukovski formulasi amaliy hisoblashlarga juda yaqin keladi. Boshlang'ich bosim katta bo'lganida Δp_3 ning (10.23) formula yordamida hisoblangan qiymatidan tajriba natijalari 10—20% dan ko'p ortiq bo'ladi. Bunga sabab katta bo'lgan suyuqlikning elastiklik moduli K , demak, a tezlik ortadi. Bundan ko'rinadiki, Guk qonunidan chetga chiqish, ya'ni deformasiyaning chiziqliligi buzilishi sodir bo'ladi. Hozirgi vaqtda gidrosistemalarda tez ishlaydigan boshqarish uskunalari (elektromagnit jo'mraklar va h.) qo'llanishi sababli, ularning ishga tushish vaqti juda qisqa (taxminan 0,008—0,002 s) bo'lib, Δp_3 juda katta qiymatlar (bir necha va hatto o'nlar mN/m²) ga erishadi. Bosimning bunday ortishi gidrosistemalar ayrim bo'laklarining ishdan chiqishiga sabab bo'ladi. Bundan tashqari, gidravlik zarbada bosim impuls-lari butun gidrosistema bo'yicha tarqalib, uning ayrim boshqaruv qurilmalari (bosim relesi, gidroqulflar va h.) ning to'satdan ishlay boshlashiga sabab bo'ladi. Bunday hollarda gidravlik zarbaga qarshi kurash usullaridan foydalanish kerak bo'ladi.

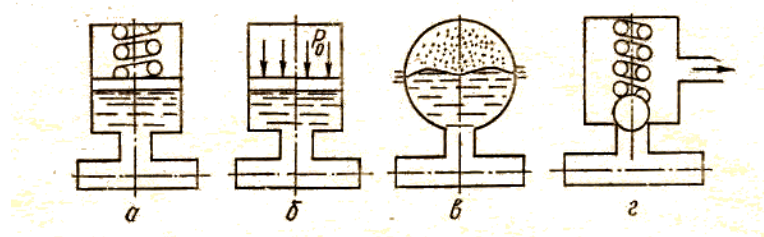
Gidravlik zarbani susaytirish usullari

Gidravlik zarba ta'sirini susaytirish turli usullar bilan amalga oshiriladi.

Birinchii usul – jo'mrakning keskin ochilish yoki yopilish vaqti t ni uzaytirib, $t > \frac{2l}{a}$ ga yetkazish yo'li bilan to'g'ri gidravlik zarbani yo'qotib, Δp_3 ni kamaytirish. Bu ish, odatda, drosselli rele yordamida bajariladi. Odatda, jo'mrakning holati (ochiq yoki yopiq) o'zgartirilganda suyuqlik truboprovodka rele orqali o'tgani uchun uning sarfi (demak, tezligi) prujinali klapanlar yordamida asta-sekin o'zgarib, ma'lum vaqtdan keyin kerakli qiymatga yetadi. Tajribalarning ko'rsatishicha, trubalarni zarbasiz tutashtirish bosimning o'zgarishi 22 MN/m² atrofida va $t \approx 0,1s$ bo'lganda ishonchli ta'minlanadi.

Ikkinchi usul trubalarga gidravlik zarbani so'ndirgich (kompensator)lar o'rnatish. So'ndirgichlar trubadagi suyuqlikka nisbatan yuqori siqiluvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan elastik elementli idishlar bo'lib, turli konstruktiv tuzilishga ega (10.7-rasm). Eng ko'p tarqalgan so'ndirgichlar elastik elementi prujina (10.7-rasm, a) va gaz (10.7-rasm, b) bo'lgan porshenli, membranali (10.7-

rasm, b) va klapanli (10.7-rasm, g) so'ndirgichlardir. So'ndirgichlar, odatda, zarba tug'diruvchi (jo'mrak) yoki zarbadan himoyalanuvchi qism yoniga o'rnatiladi. Ular yordamida zarba bosimining kamayishi so'ndirgishga suyuqlik oqimi bilan birga kelgan kinetik energiyaning elastik elementlar tomonidan yutilishi hisobiga amalga oshadi. So'ndirgichning elastik elementi qancha ko'p deformasiyalansa, yutilgan energiya ham shuncha ko'p bo'ladi. Shuning uchun elastik elementning elastiklik xarakteristikasi imkon bergan chegarada mumkin bo'lgan deformasiyaning o'zgarmas bo'lishiga harakat qilish kerak bo'ladi. Bu esa gazli so'ndirgichlarda gaz bo'lmasini shunday tanlab olishni taqozo qiladiki, zarba to'lqinining yutilishida bosimning o'zgarishi minimal bo'lishi kerak. Amalda bunday so'ndirgichlarda gaz bo'lmasining hajmi trubadagi suyuqlikning ikki sekundlik sarfiga teng qilib olinadi, boshlang'ich bosimi esa magistraldagi maksimal bosimdan ko'proq bo'lishi zarur.



Turli so'ndirgichlar

Porshenli so'ndirgichlarning kamchiligi ularning inertligi bo'lib, bu porshenning massasi va ishqalanish kuchiga bog'liqligi va unga truba bilan so'ndirgichni tutashtiruvchi kanaldagi suyuqlikning inertligi qo'shiladi. Bu kuchlar zarba to'lqinining so'ndirgich porsheniga ta'siri natijasida garmonik tebranish vujudga kelishiga sabab bo'ladi va natijada so'ndirgish hamda trubadagi bosim tebranishi qo'shilib, kanaldagi bosim zarba bosimidan oshib ketishi mumkin. Natijada so'ndirgich zarba energiyasini yutish o'rniga kuchaytirishi mumkin. Inertlikni kamaytirish maqsadida so'ndirgichni gaz va suyuqlikni ajratuvchi elastik membrana bilan ta'minlanadi (10.7-rasm, v). Yuqorida aytilganidek, so'ndirgichda tebranma harakatning bo'lish va zarba to'lqinining kuchayishiga truba bilan so'ndirgichni tugashtiruvchi kanalning uzunligi va diametrining ta'siri bor ekanligi tajribalarda tekshirilgan. Shuning uchun kanalning uzunligi va diametrini to'lqinlarga kamroq ta'sir qiladigan qilib tanlab olinadi. Zarba to'lqinlarini klapanli so'ndirgichlar (10.7-rasm, g) yordamida ham susaytirish mumkin. Bu holda klapan va energiyani yutuvchi elastik elementlarining inertligini iloji boricha kamaytiriladi.

Klapanli susaytirgichga kirgan suyuqlikning elastik elementga ta'sirini kamaytirish va uning yaxshiroq ishlashini ta'minlash uchun suyuqlikning atmosfera oqib ketishiga xizmat qiluvchi qismi bo'ladi.

Uchinchii usul – gidravlik zarba paydo bo'lishi kutiladigan trubaning uzunligini oshirish. Bu holda qarshilik kuchining hisobiga energiya kamayishi va zarba to'lqini davrining ortishi natijasida to'g'ri zarbani yo'qotish yo'li bilan zarba to'lqinining ta'siri kamaytiriladi

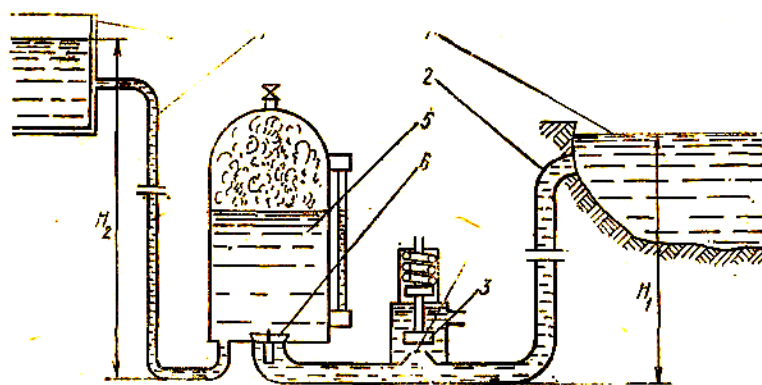
Gidravlik zarbadan amalda foydalanish

Texnikada ba'zi hollarda gidravlik zarbadan foydalanish ham mumkin. Masalan, gidravlik zarba energiyasidan suyuqliklarni yuqoriga ko'tarish uchun foydalaniladi. Shu maqsadda ishlatiladigan qurilma *gidravlik taran* deyiladi.

Gidravlik taranning tuzilishi juda sodda bo'lib, uning asosiy qismlari havo qalpog'i va xabarchi klapandan iboratdir (10.8- rasm).

Ta'minlovchi idish 1 dan truba 2 orqali oqayotgan suyuqlik klapan 3 orqali oqayotgan bo'ladi.

Gidrotaran ish siklining bu davri tezlanish davri deyiladi. Klapan 3 ga kirishda oqimning kesimi torayib boradi (tirqish 4) va Bernulli prinsipiga asosan suyuqlikning tezligi ortib, bosimi kamayib boradi. Natijada kesimning eng toraygan erida bosim shunchalik kamayadiki, klapan 3 prujinaning qarshiligini yengib, tirqish 4 ni yopib qo'yadi. Bu yopilish bir onda (sekundning kichik ulushlarida) bo'lgani uchun sistemada gidravlik zarba tarqaladi. Gidravlik zarba bosimi ta'sirida klapan 6 ochilib, havo qalpog'iga suyuqlik zarb bilan kiradi va undagi havoni siqadi. Shu bilan birga zarba kuchi suyuqlikning bir qismini haydash trubasi 7 orqali qabul qiluvchi idish 8 ga shiqarib beradi. Gidrotaran ish siklining bu davri haydash davri deyiladi. Zarba bosimi havo qalpog'ida so'nib va trubada ta'minlovchi idishdagi sath balandligi H_1 , bilan ifodalanuvchi normal bosim tiklanadi yoki teskari zarba hosil bo'lib, trubada bosim kamayadi. Natijada klapan 3 oshilib, gidrotaranda sikl yana takrorlanishi uchun sharoit vujudga keladi. Gidrotaranlarni hisoblashda foydali ish koeffitsiyentini aniqlash uchun Eytelveyn quyidagi formulani taklif qilgan:



Gidravlik taran

$$\eta = 1,12 - 0,2 \sqrt{\frac{H_2 - H_1}{H_1}} \quad (10.37)$$

bu yerda H_1 , H_2 - ta'minlovchi va qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik sathining balandligi.

Ba'zida zarba bosimi Δp_3 ni kamaytirishdan ko'ra sistemaning zaif qismlarining mustahkamligini oshirishni afzal ko'riladi.

SUYUQLIKLARNI KICHIK TESHIKDAN VA QUVURCHALARDAN OQIB O'TISHI. 2soat

1. Siqilmaydigan suyuqliklarni yupqa devordagi kichik teshikdan oqib chiqishi.
2. Suyuqlikni kichik quvurchadan oqib chiqishi.
3. Suyuqlikni o'zgaruvchan sathi, vaqtida oqib chiqishi. Idishning bo'shash vaqti.

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 potentsal 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.

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 S_1 bo'lgan 1-1 (erkin sirt) va S_2 bo'lgan 2-2 oqayotgan suyuqlik oqimchasining teshik oldidagi kesimlari uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \zeta \frac{v^2}{2g}. \quad (8.1.)$$

Bundan teshik uchun mahalliy qarshilik koeffitsienti nolga teng bo'lgan holda $z_1 - z_2 = H$ va $v_1 S_1 = v_2 S_2$ ekanligini hisobga olsak, ushbu tenglamani olamiz:

$$\left[1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right) \right] \frac{v_2^2}{2g} = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H,$$

bu tenglamadan oqimchanning nazariy hisoblangan tezligi uchun quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$v_n = v_2 \sqrt{\frac{2g \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}. \quad (8.2)$$

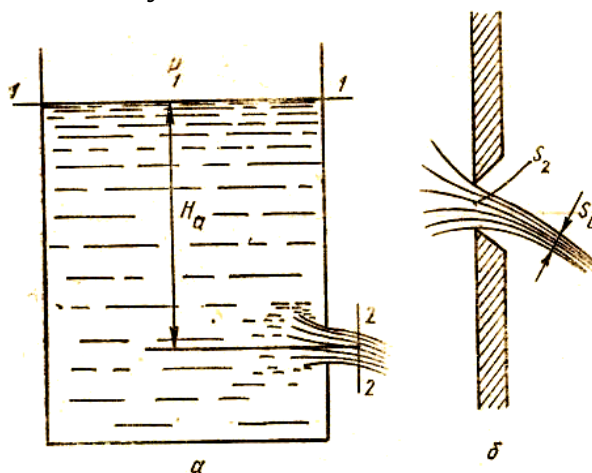
Agar idishning kesimi S_1 ga qaraganda teshikning kesmi S_2 juda kichik bo'lsa, u holda

$$v_n = v_2 \sqrt{2g \left(\frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H \right)}$$

Idishdagi suyuqlik sirtida ham, teshik tashqarisida ham atmosfera bosimi bo'lsa yoki $p_1 = p_2$ bo'lsa, u holda

$$v_n = v_2 = \sqrt{2gH}. \quad (8.3)$$

Bu formula Torishelli formulasi deb ataladi, u suyuqlikning tor teshikdan oqishi tezlikni hisoblash uchun nazariy formuladir.



Suyuqlikning teshiklaridan oqib ketishiga doir chizma

Suyuqlikning teshikdan oqish tezligi ma'lum bo'lgan holda sarfni hisoblash qiyin emas

$$Q_n = v_n S_2. \quad (8.4)$$

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'llanib, amalda esa ularga ma'lum tuzatishlar kiritiladi.

Siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari

Biz yuqorida suyuqlikning teshikdan oqishini ko'rganimizda oqimchanning teshikdagi kesimini olganimiz uchun oqimchanning 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 iner-

siya kuchi ta'sirida ma'lum masofagacha davom etadi. So'ngra esa torayish to'xtab, oqim o'zgarmas S_c kesimli oqimcha ko'rinishida harakat qiladi. Oqimchaning torayishi taxminan teshik diametriga teng masofada to'xtaydi. Torayishni hisoblash uchun, odatda siqilish koeffitsiyenti ε kiritiladi

$$\varepsilon = \frac{S_e}{S_2} \quad (8.5)$$

Bu koeffitsiyent yuqorida aytilganlarga asosan biridan kichik va tajribalarda aniqlanishicha $\varepsilon = 0,61 \div 0,64$ atrofida bo'ladi.

Biz teshikdan oqayotgan suyuqlik tezligi uchun formula chiqarishda $\zeta = 0$ deb qabul qilgan edik. Amaldagi tezlikni hisoblash uchun esa (8.1) dagi mahalliy qarshilik koeffitsienti ζ ni hisobga olgan holda quyidagi formulani olamiz

$$v_a = \sqrt{\frac{2g\left(\frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H\right)}{1 + \zeta - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}.$$

Tor teshiklar uchun esa $\frac{S_2}{S_1} \ll 1$ bo'lganda sababli $\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \approx 0$ deb hisoblab,

quyidagini olamiz:

$$v_a = \sqrt{\frac{2g\left(\frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H\right)}{1 + \zeta}}.$$

Yuqorida ko'rganimizdek, $p_1 = p_2$ hol uchun

$$v_a = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta}} \sqrt{2gH}. \quad (8.6)$$

Bu formulani (8.3) bilan solishtirsak, amaliy va nazariy tezliklar o'rtasida quyidagi munosabatni olamiz

$$v_a = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta}} v_n. \quad (8.7)$$

Bundan ko'rinadiki, amaliy tezlik nazariy tezlikdan kichik ekan. Odatda, amaliy tezlikning nazariy tezlikka nisbatini tezlik koeffitsienti deb ataladi va φ bilan belgilanadi:

$$\varphi = \frac{v_a}{v_n} \quad (8.8)$$

(8.8) ni (8.7) bilan solishtirish natijasida tezlik koeffitsientini hisoblash uchun ushbu formulaga ega bo'lamiz:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta}}. \quad (8.9)$$

Ko'rinib turibdiki, $\varphi < 1$. Ideal suyuqliklar oqqanda esa $\zeta = 0$, $\varphi = 1$ bo'lib, oqish tezligi uchun nazariy formulani olamiz. Tajribalarning ko'rsatishicha suv uchun $\zeta \approx 0,06$, $\varphi \approx 0,97 \div 0,98$ bo'ladi.

Teshikdan oqayotgan suyuqlikning amaliy sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_a = v_a S_e.$$

(8.5) dan $S_c = \varepsilon S_2$ bo'lgani uchun (8.8) ni hisobga olib, oxirgi tenglikdan ushbu munosabatni olamiz:

$$Q_a = \varphi v_n \varepsilon S_2 = \varphi \varepsilon v_n S_2.$$

Bu so'nggi formulani (8.4) bilan solishtirib, nazariy va amaliy sarflar uchun quyidagi bog'lanishni olamiz:

$$Q_a = \varphi \varepsilon Q_n = m v_n S_2. \quad (8.10)$$

(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 $m \approx 0,60 \div 0,63$ ekanligi ma'lum.

ε , φ , m larning keltirilgan qiymatlari Reynolds sonining katta miqdorlari uchun to'g'ri. Aslini olganda bu koeffitsiyentlar Re ning funksiyasidir.

Suyuqlikning silindrik naychadan oqishi

Idish devoridagi teshikka o'rnatilgan kalta trubalar *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.

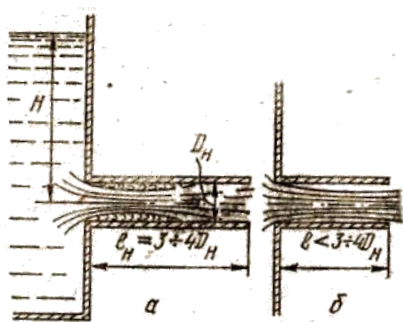
Nayshalardan oqadigan suyuqlikni hisoblashda yuqorida keltirilgan tezlik va sarf formulalardan foydalanamiz, lekin ε , φ , m koeffitsiyentlarning qiymatlari boshqacha bo'ladi.

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'ndalneg 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).

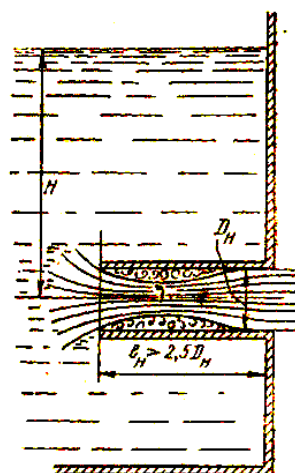
Bu holda oqimcha diametri naycha diametriga teng bo'lgani uchun siqilish koeffitsiyenti $\varepsilon = 1$, binobarin, $m = \varphi$ bo'ladi.

Agar naycha $l_n = (3\div 4)D_n$ 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, φ , m va ζ larning o'rtacha qiymatlari silindrik naychalar uchun quydagicha bo'ladi:



Naychadan oqish.



Ichki silindrik naycha.

$$\varphi = m = 0,80 \quad \zeta = 0,55$$

Yupqa devordagi teshikdan oqish holi bilan solishtirish natijasi shuni ko'rsatadiki, silindrik naychalardan oqishda oqimchanning 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 truba ko'rinishida bo'ladi. Bunday naychalarda oqimcha kirishdagi torayishdan keyin $l_H > 2,5D_H$ ga teng uzunlikda to'liq kengayadi (8.3-rasm). Bu holda ham $\varepsilon = 1$ bo'lib, $m = \varphi = 0,70$ bo'ladi $l_H \leq 1,5D$ da esa oqim to'liq kengayishiga ulgurmaydi, natijada sarf kamayib ketadi.

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 koeffitsiyenti 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 $\Theta > 8^\circ$ 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 ($\Theta \leq 8^\circ$ 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 kengayuvchi 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.

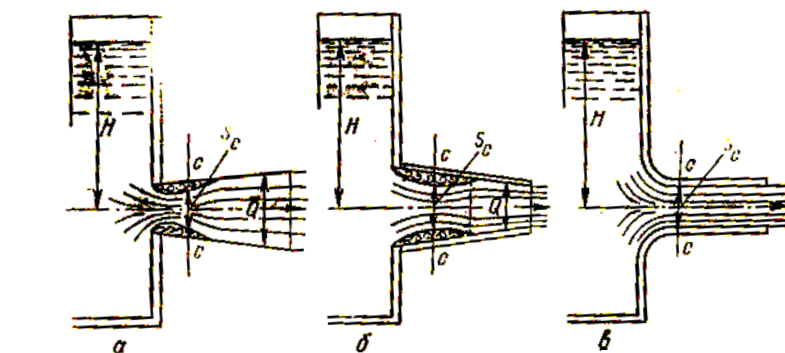
Konussimon torayuvchi naychalarda ham φ , m , ε koefitsiyentlar konuslik burchagi Θ ga bog'liq. Bunday naychalarda kirishda oqimcha torayadi (bu hodisa silindrik naychalardagiga qaraganda kamroq bo'ladi) va so'ng kengayadi. Naychadan chiqishda esa, uning kesimi torayishda davom etgani uchun, oqimcha uchun ikkinchi (tashqi) torayish yuz beradi. Bu naychalarda ichki torayish kam bo'lgani uchun unga sarf bo'lgan energiya qam kam bo'ladi. Tajribadan ma'lumki torayuvchi naychalarda tezlik koefitsiyenti konuslik burchagi ortishi bilan ortib boradi: sarf koefitsiyenti esa avval ortib borib, $\Theta = 13^\circ$ da eng katta qiymatga ($m = 0,946$) erishadi, so'ngra esa kamayadi. Shuni aytish keraki sarf koefitsiyenti ortganiga qaramay torayuvchi naychalarda sarf kamayadi, chunki barcha koefitsiyentlar 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 koefitsiyentlari 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'llaniladi.

Turli naychalarda suv uchun oqish koefitsientlarining qiymatlari 7-jadvalda keltirilgan. Turli naychalar aktiv turbinalarning soplolarida gidravlik turbinalarning so'ruvchi trubalarida, fontanlarning soplolarida, brandspoyt, gidromonitorlarda turli suyuqlikni so'ruvchi va sochuvchi va boshqa turli qurilmalarda ishlatiladi.

Naychalar katta idish devoriga emas, balki trubaning uchiga o'rnatilgan bo'lsa, (8.8) va (8.10) formulalarda kirishdagi tezlik v_1 ni hisobga olish kerak bo'ladi. Bu holda sarf formulasi quyidagicha yoziladi:

$$Q = m \frac{\pi D_n^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 - \left(\frac{D_n}{D_T}\right)^2}}, \quad (8.12)$$



a - konussimon kengayuvchi naycha,

b - konussimon torayuvchi naycha,

v - ko-noidal naycha

Har xil shakildagi naychalar va dumaloq teshik uchun siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari.

T №	Naychalar turi va teshiklar	Rasm lar	E	ϕ	m	ζ
1	Yupqa devordagi do`maloq teshik	8.1	0,64	0,97	0,62	0,06
2	Tashqi silindrik naycha	8.2	1	0,82	0,82	0,5
3	Ichki silindrik naycha	8.3	1	0,71	0,71	1,0
4	Konussimon kengayuvchi naycha $\Theta = 7^0$ bo`lganda	8.4-a	1	0,45	0,45	3÷4
5	Konussimon torayuvchi naycha $\Theta = 13^0 24''$ bolganda	8.4-b	0,982	0,963	0,946	0,09
6	Konoidal naycha	8.4-v	1	0,97	0,97	0,04

bu yerda D_n va D_t - naycha va truba diametirlari.

Ba'zi hollarda katta sarf yoki tezlik olish uchun ikki xil naychani ketma-ket qo`yiladi. Masalan, brandspoytlarda trubaning uchiga oxiri silindrik naycha bilan tugaydigan konussimon torayuvchi naycha qo`yiladi.

Suyuqliklarning teshikdan o`zgaruvchan 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  $S$ , teshikning yuzini  $S_0$  bilan belglaymiz (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

$$SdH = -Qdt \quad (8.13)$$

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

$$SdH = -mS_0\sqrt{2gH} dt.$$

oxirgi tenglikdan ko`rinadiki,

$$dt = -\frac{Sdh}{mS_0\sqrt{2gH}}. \quad (8.14)$$

Agar sarf koeffitsiyenti m ni idish bo`shashi davomida o`zgarmaydi desak, u holda idishning bo`shash vaqti quyidagicha hisoblanadi

$$t = -\frac{1}{mS_0\sqrt{2g}} \int_H^0 S \frac{dH}{\sqrt{H}}. \quad (8.15)$$

Vaqt davomida suyuqlik sirti yoki idish kesimi yuzi S ning sathi H ning o'zgarishi-ga qarab qanday o'zgarishi $S = f(H)$ ma'lum bo'lsa, u holda (8.15) tenglikning o'ng tomonidan integralini hisoblash mumkin. Prizmatik idishlar uchun $S = \text{sonst}$ ekanligini nazarda tutib idishning ixtiyoriy sathi suyuqlikdan bo'shash vaqtini hisoblaymiz

$$t = -\frac{S}{mS_0\sqrt{2g}} \int_H^0 \frac{dH}{\sqrt{H}}.$$

Yoki

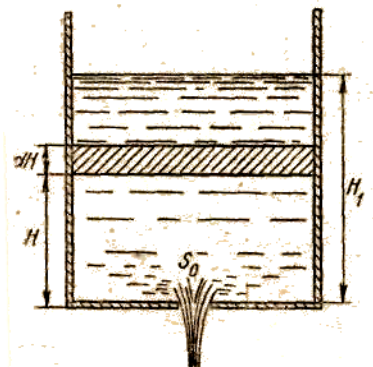
$$t = \frac{2S}{mS_0\sqrt{2g}} \sqrt{H} = \frac{2SH}{mS_0\sqrt{2gH}}. \quad (8.16)$$

Idishdagi suyuqlikning dastlabki sathini H_d desak, dastlabki hajm $V_d = SH_d$ bo'ladi. U holda idishning dastlabki sathi H_d suyuqlikdan bo'shash vaqti bilan quyidagicha bog'lanadi

$$t = \frac{2V_d}{Q}.$$

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) tenglama-dan suyuqlik sathining H_1 dan H_2 gacha o'zgarishi uchun ketgan vaqtni quyidagi-cha hisoblash mumkin

$$t = \frac{2s}{mS_0\sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}). \quad (8.17)$$



Idishning suyuqlikdan bo'shashiga doir chizma

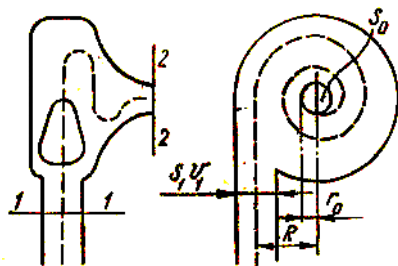
Shuningdek, o'zhash yopiq idishlarning kichik diametrli teshiklardan oqishi hisobiga bo'shashi masalasini ham ko'rish mumkin. Suyuqlikning bosimi ko'p idishdan bosimi ko'p idishdan bosimi kam idishga o'tishi masalasini ham xuddi shunday ko'rish mumkin.

Oqimcha texnikasi haqida tushuncha

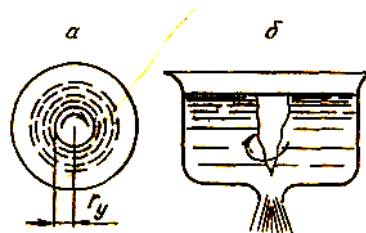
Yuqorida aytib o'tilgandek, oqimchali harakatlar (xususan suyuqliklarning teshik va naychalardan oqishi) texnikaning turli sohalarida qo'llaniladi. Bularga misol sifatida forsunkalar, bosimni boshqaruvchi apparatlar, tashqi zarbani susayti-

ruvchi 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 zarachalarga 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 prinsipi quyidagicha avval suyuqlikning uyurma harakati vujudga keltiriladi, so`ngra esa hosil bo`lgan oqim toraytiriladi (8.6-rasm).



Forsunka kesimining sxemasi.



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 chiqishda devorga shunday siqadiki, natijada uning yupqa qavati vujudga kelib, forsunkadan chiqishda mayda tomchilarga aylanib ketadi. Bu harakat vaqtida forsunkaning o`qi bo`yicha sirdagi 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:

$$Q = mS_0 \sqrt{2g \frac{p}{\gamma}}$$

bu yerda p - forsunka ichida suyuqlikning bosimi m - sarf koeffitsiyenti, u maxsus formula bilan topiladi. S_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:

$$m = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 + \frac{A^2 - \varepsilon^2}{1 - \varepsilon}}}$$

Bu yerda

$$A = \frac{S_0 R}{S_1 r_0} \quad (8.18)$$

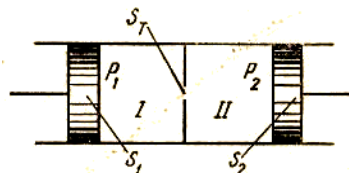
S_1 - forsunkaga kirishdagi kesim yuzi R - kirishdagi oqimning aylanish radiusi r_0 - chiqishdagi kesim radiusi.

Oqimchaning siqilish ε va tezlik koeffitsiyentlari φ uchun quyidagi formulalari chiqarilgan

$$\varepsilon = 1 - \frac{r^2 y}{r_0^2} \quad (8.19)$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{A^2 \varepsilon^2}{1 - \varepsilon}}}$$

bu yerda r_y - havo uyurmasining tashqi radiusi.



Drossellarni tuchun tirishga oid chizma.

Shunday qilib, prof, G.N. Abromovich nazariyasi bo'yicha sarf Q va forsunkadan chiqishdagi o'q bo'yicha tezlik v quyidagicha hisoblanadi

$$Q = \frac{\varepsilon S_0}{\sqrt{1 + \frac{A^2 \varepsilon^2}{1 - \varepsilon}}} \sqrt{2gH}. \quad (8.20)$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{A^2 \varepsilon^2}{1 - \varepsilon}}} \sqrt{2gH}. \quad (8.21)$$

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 proses ikkala bo'lmada bosim tenglashguncha davom etadi. Bunday qurilmalarda suyuqlik tezligi va sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$v = \varphi \sqrt{2g\Delta p / \gamma} = \varphi \sqrt{2g(H_1 - H_2)} \quad (8.22)$$

$$Q = mS_T \sqrt{2g\Delta p / \gamma} = mS_T \sqrt{H_1 - H_2} \quad (8.23)$$

bu yerda $\Delta p = p_1 - p_2$; S_T - 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:

$$t = \frac{2S_1 S_2}{mS_T (S_1 + S_2)} \left(\sqrt{\frac{p_1}{\gamma}} - \sqrt{\frac{p_2}{\gamma}} \right) = \frac{2S_1 S_2}{mS_T (S_1 + S_2)} \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} \right) \quad (8.24)$$

bu yerda S_1, S_2 - birinchi va ikkinchi bo'limlarning ko'ndalang yuzi; S_1 va S_2 teng bo'lganda $S_1 = S_2 = S$ deb belgilab, (8.24) ni ushbu ko'rinishga keltirish mumkin:

$$t = \frac{S}{mS_T} \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} \right)$$

(8.22), (8.23) va (8.24) formulalar gidravlikaga doir adabiyotlarda idishdagi suyuqlikning choʻktirilgan teshik (zatoplennoe otverstie) orqali oqib oʻtish masalasi sifatida keltiriladi.

GIDROPNEVMOYURITMALAR BO'LIMI: 2soat

1. Kirish. Gidro-pnevmo-yuritgichlarning mashinasozlikda, texnikaning rivojlanishida tutgan oʻrni.
2. Gidropnevmo-yuritgichlarning turlari.
3. Gidropnevmo-yuritgichlar, ularning tashkil etuvchilari.

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 oʻtgan suyuqlik energiyasining oʻzgarish miqdoriga bogʻliq. Shuning uchun ishlab chiqarish talabiga qarab gidromashinalarni suyuqlik bilan koʻproq yoki kamroq miqdorda energiya almashadigan qilib quriladi va ular oʻzining tuzilishi, turli parametrlarining katta-kichikligi va parametrlarini qanday chegarada oʻzgartirish 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 koʻtarish, bir yerdan ikkinchi yerga uzatish, ular yordamida boshqa jismlarni koʻchirish, tashish ushuni ishlatiladi. Bunda suyuqliklar nasos orqali oʻtganida ularning energiyasi ortadi. Bu energiya yordamida suyuqlik ustida aytilgan ishlarni bajarish mumkin boʻladi. Nasoslar suyuqlikka bergan energiyasiga yoki oʻzidan qancha suyuqlik oʻtkaza olishiga qarab turli gruppalariga boʻlinadi va bajaragan vazifasini qaysi usulda amalga oshirishiga qarab turlicha nomlanadi.

Nasoslarning baʼzi turlaridan suyuqlik yoki gazni boshqa joyga koʻchirish yoʻli bilan siyraklanish hosil qilish uchun foydalaniladi. Bunday nasoslarda suyuqlikka energiya berish kabi asosiy vazifadan koʻra vakuum hosil qilish xossasi muhim boʻlib, ular vakuum nasoslar deyiladi.

Ventilyatorlarning ishlash prinsiplari markazdan qochma nasoslarga oʻxshagan boʻlib, ular havoni harakatga keltirish, turli narsalarni havo yordamida tashish (pnevmotransport), ifloslangan havoni toza havo bilan almashtirish, qizdirilgan havoni issiqlik zarur boʻlgan yerga uzatish (quritish ishlari) va boshqa vazifalarni bajaradi. Bunda ventilyator havoning energiyasini koʻp oshirmasa ham, oʻzidan juda koʻp miqdorda havo oʻtkaza oladi. Sanoatda va qishloq xoʻjaligida ularning ana shu xususiyatidan foydalaniladi. Nasoslarga teskari ish bajaruvchi, yaʼni suyuqlikdan energiyani olib uni harakat koʻrinishida boshqa mexanizmlarga uzatuvchi mashinalar *gidrodvigatellar* deyiladi. Gidrodvigatellardan suyuqlik oʻtganda 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 nasha nasos yoki gidrodvigatellar birga ishlatiladi.

Gidropnevmoyuritgichlarning turlari.

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.

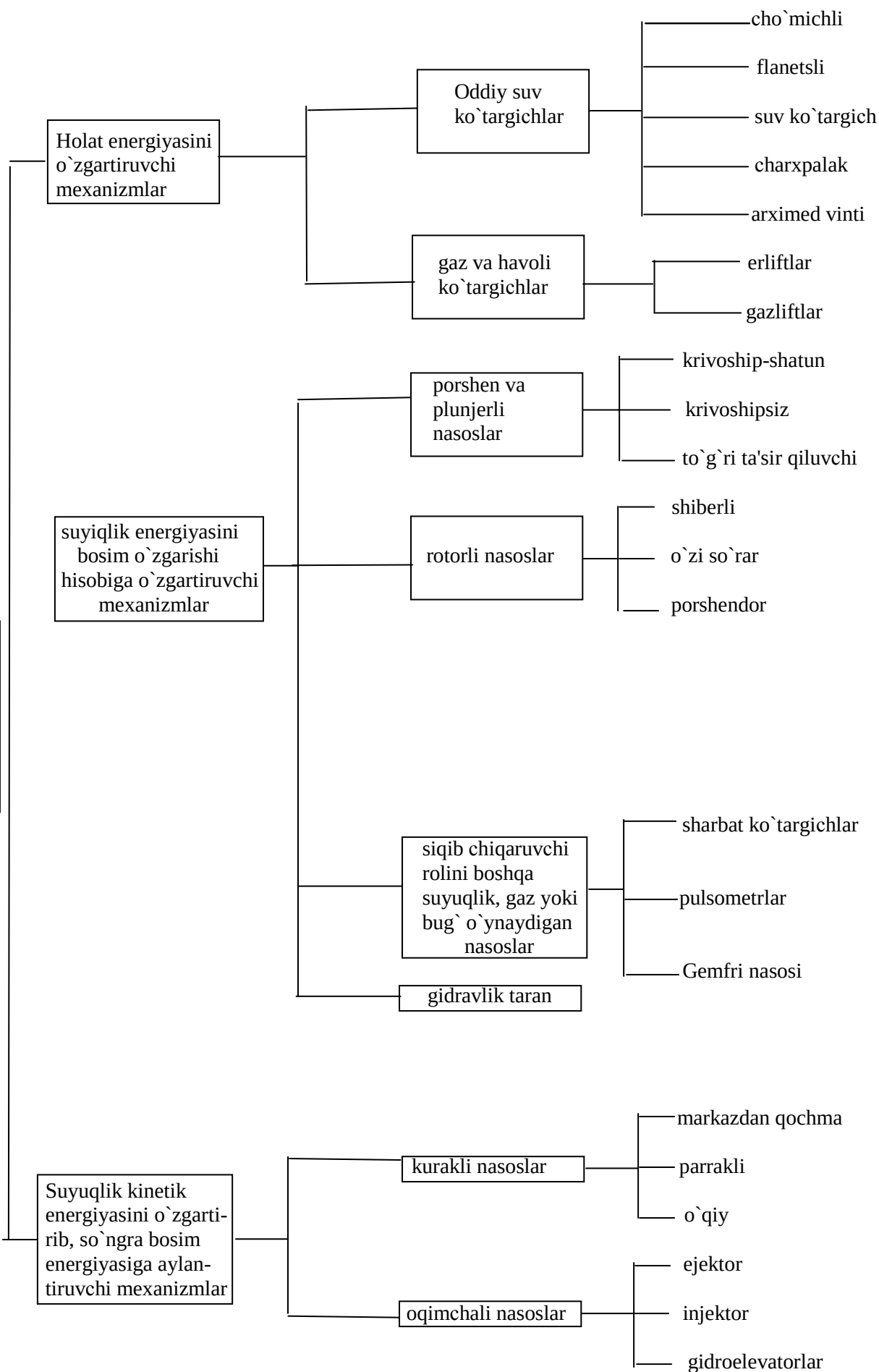
Kurakli nasoslar markazdan qoshma, o'qiy, propellerli, buyurtma asoslarga bo'linadi. Tuzilishi va ishlash prinsipi bir xil bo'lgani uchun ventilyatorlarni ham kurakli nasoslar guruhiga kiritish mumkin. Ventilyatorlarning ham markazdan qochma, o'qiy, propellerli turlari mavjud. Kurakli nasoslarni bitta 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.

n
a
s
o
s
l
a
r



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'targichlar* deyiladi. Agar ko'tarilayotgan suyuqlik faqat suv bo'lmay, neft, turli moylar va boshqa xil suyuqliklar 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 (191-bet)

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 rotorli turlari hajmiy nasoslarga, qolganlari esa dinamik nasoslarga kiradi.

Dinamik nasoslar o'zidan o'tkazayotgan suyuqlikning kinetik energiyasini orttiradi, so'ngra bu energiya 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'inishida 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 energiyani ko'pchilik qismi potensial energiyaga aylanadi. Suyuqlikning qolgan kinetik 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 oqimchani 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 energiyani asosiy qismi potensial energiyadan iborat.

Bu ish porshenli nasoslarda porshenni ilgari lama-qaytma harakat qildiruvchi kuchi yordamida avval ish bo'lmasining hajmini oshirib, suyuqlikni so'rilish teshigi va so'rilish klapani orqali bo'lмага 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 ilgari lama-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'lmasidagi 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.

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 koeffitsiyenti 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
$$Q = w_2(\pi d_2 - \delta z)b_2 \sin \beta_2 \quad (12.1)$$

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.

Sodda amaliy porshenli nasosning sarfi ushbuga teng:

$$Q = FL \frac{n}{60} \quad (12.2)$$

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 nasosning sarfi

$$Q = FL \frac{n}{60} i \quad (12.3)$$

bu yerda i - nasos silindrlarining soni.

Ikki amaliy bir porshenli nasosning sarfi

$$Q = (2F - f)L \frac{n}{60} \quad (12.4)$$

bu yerda f - shtok ko'ndalang kesimining yuzi.

Boshqa turdagi nasoslarning sarfi to'g'risida tegishli nasos ustida to'xtalganda gapiriladi.

2. Nasosdan o'tayotgan suyuqlikning 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.

Birinchii usulda bosim quyidagicha hisoblanadi. Avval nasosga kirishdagi energiya hisoblanadi:

$$e_1 = H_c + H_o + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}$$

bu yerda H_s, P_1, v_1 - so'rish balandligi bosimi va tezligi.

So'ngra nasosdan chiqishdagi energiyani hisoblanadi.

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

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:

$$H = e_2 - e_1 = \left(H_c + H_0 + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{v_x^2}{2g} \right) - \left(H_e + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g} \right) = H_0 + \frac{p_x - p_c}{\gamma} + \frac{v_x^2 - v_c^2}{2g} \quad (12.5)$$

Surish bosimini vakuummetr ko'rsatkichi bo'yicha topish mumkin:

$$p_c = p_a = p_{\text{vak}}$$

Haydash bosimini esa manometr ko'rsatuvidan aniqlanadi:

$$p_x = p_a + p_m$$

Bu munosabatlardan foydalanib va vakuummetrik hamda manometrik bosimlarni tegishli bosim miqdorlari orqali ifodalab nasosning bosimi uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$H_{\text{vak}} = \frac{p_{\text{vak}}}{\gamma}; H_m = \frac{p_m}{\gamma}$$

$$H = H_m + H_{\text{vak}} + H_0 + \frac{v_x^2 - v_c^2}{2g} \quad (12.6)$$

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 $z_2 - z_1 = H_1$, $z_4 - z_3 = H_2$ 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:

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

Nasos qurilmasidan (113 va 130-rasmlar) dan ko'rinadiki $H_0 + H_2 = H_x$, $H_1 = H_c$. 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

$$H = H_{st} + h_c + h_x \quad (12.7)$$

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:

$$N_f = \gamma QH \quad \text{kgm/s} \quad (12.8)$$

Quvvatni o. k. larda ifodalasak:

$$N_f = \frac{\gamma QH}{75} \quad (12.9)$$

kVt larda ifodalasak

$$N_f = \frac{\gamma QH}{102} \quad (12.10)$$

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:

$$\eta = \frac{N_f}{N} \quad (12.11)$$

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:

$$\begin{aligned}
N &= \frac{\gamma Q H}{\eta} \text{ kgm/s} \\
N &= \frac{\gamma Q H}{75 \eta} \text{ o.k} \\
N &= \frac{\gamma Q H}{102 \eta} \text{ kVt}
\end{aligned}
\tag{12.12}$$

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;

$$\eta_g = \frac{H}{H + \sum h_{\text{onas}}}$$

Bunda $\sum h_{\text{onas}}$ – 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 geometriklik darajasini va ishlash sharoitini xarakterlaydi.

To'liq FIK yuqoridagi ush FIK larning ko'paytmasiga teng:

$$\eta = \eta_g \eta_v \eta_m \tag{12.13}$$

Porshenli nasoslarda $\eta = 0,7 \div 0,9$, markazdan qochma nasoslarda esa $\eta = 0,6 — 0,8$.

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.

Gidropnevmoymuritgichlar, ularning tashkil etuvchilari.

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.

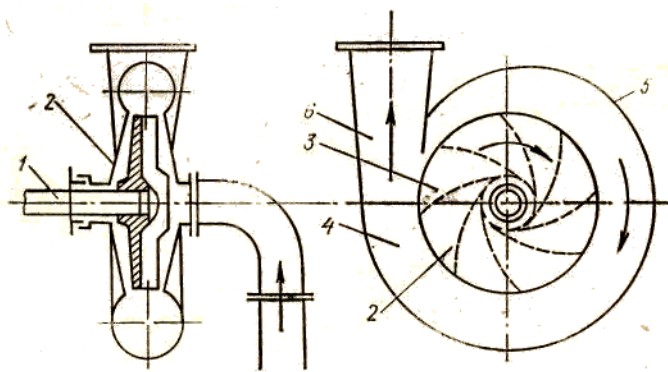
2.1-rasmda markazdan qochma nasosning sxemasi keltirilgan, bo'lib, u nasosning ishlash prinsipini shartli ravishda ko'rsatadi.

Bunda so'rish trubasi orqali ta'minlovchi idishdan ko'tarilgan suyuqlik kamernaning o'rta qismiga kiradi, so'ngra val 1 orqali harakatga keltiriluvchi ish g'il-

diragi 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.

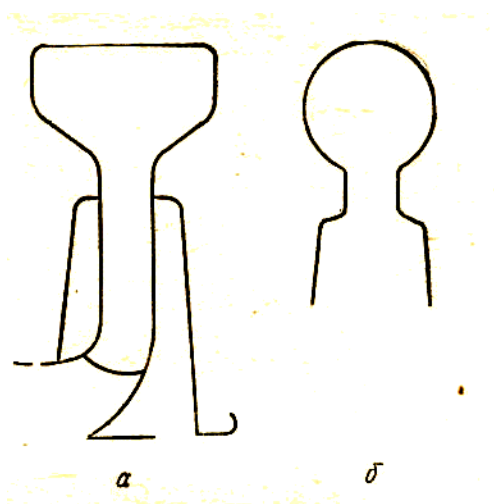
Nasosdagi so'rilish qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik sathiga ta'sir qiluvchi bosim bilan so'rish trubasidagi siyraklanish bosimi orasidagi farq hisobiga amalga oshadi. Bunda aytilgan bosimlar farqi so'rilish balandligini, so'rish trubasidagi qarshiliklar va suyuqlikka tezlik berishga sarf bo'ladi. Bu tezlik suyuqlikning kamerga 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.



Markazdan qochma nasos

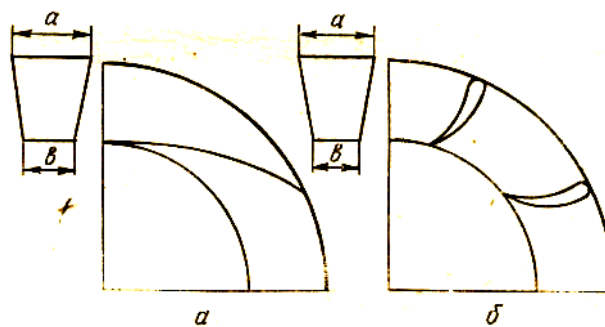
Spiral kameraning shakllari turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, 2.3-rasmda tasvirlangan *a* va *b* kesimlar.



Spiral kameraning shakllari

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 diametrdagi kuraksiz yo'naltiruvchi apparatga nisbatan tezlikni ko'proq kamaytirib, kinetik energiyani potensial energiyaga ko'proq aylantirish mumkin.



Yo'naltiruvchi apparat

Yo'naltiruvchi apparatning tuzilishi ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlikning haydash trubasiga kirishini osonlashtiradi.

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_a bilan belgilanadi.

Amaliy bosimning nazariy bosimga nisbati nasosning gidravlik foydali ish koeffitsientini 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

$$H_a = \eta_g H_n = \eta_g \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g} \quad (13.8)$$

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.

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

$$\eta_{mex} = \frac{H_n}{E} \quad (13.10)$$

mexanik yo'qotishni baholovchi, mexanik foydali ish koeffisienti 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:

$$T = \mu \frac{u}{\delta} 2\pi l$$

bu yerda μ – dinamik qovushoqlik koeffisienti; $u = \omega r$ 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 $\eta_{mex} = 0,97\text{--}0,98$ 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.

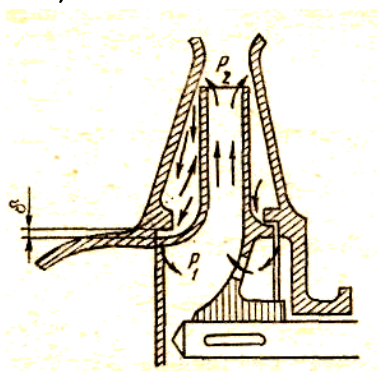
Hajmiy yo'qotish nasos so'rayotgan suyuqlikka sarflangan energiya bilan nasosdan chiqayotgan suyuqlik energiyasining farqini bildiradi. Hajmiy yo'qotishi chiqarilayotgan suyuqlik miqdorining so'rilayotgan suyuqlik miqdoriga nisbatini ko'rsatuvchi hajmiy FIK bilan baholanadi:

$$\eta_h = \frac{Q_{chiq}}{Q_{so'r}} \quad (13.11)$$

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 formulasi-dan foydalanamiz:

$$Q_c = mw \sqrt{2g \frac{p_2 - p_1}{\gamma}} \quad (13.12)$$



Hajmiy yo'qotishlarni tushuntirishga doir chizma

Tirqishning kengligi δ , uzunligi l deb qabul qilib, halqa tirqishdan sizib ketish uchun sarf koeffitsiyentini yozamiz:

$$m = \frac{1}{\sqrt{\frac{\lambda \gamma}{2\delta} + 1,5}}$$

λ koeffitsiyentining qiymati 0,04 – 0,08 atrofida olinadi.

Tirqishning kengligi quyidagi chegaraga bo'ladi.

$$\delta = 0,2 \div 0,3 \text{ mm.}$$

Hajmiy FIK $\eta_x = 0,95 \div 0,96$ 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 energiyani umumiy yo'qotilishi foydali ish koeffitsiyenti yordamida hisoblanish mumkin.

Umumiy FIK mexanik, hajmiy va gidravlik foydali ish koeffitsiyentlarining ko'paytmasiga teng:

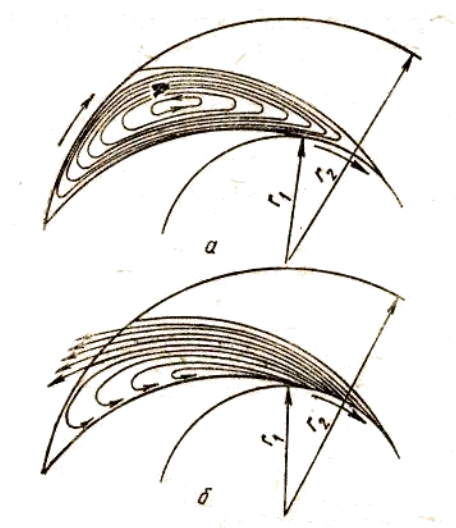
$$\eta = \eta_m \eta_h \eta_g$$

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 koeffitsiyentlari grafik va jadval ko'rinishida beriladi.



Ish g'ildiragi kuraklari orasidagi harakatning notekisligiga doir chizma

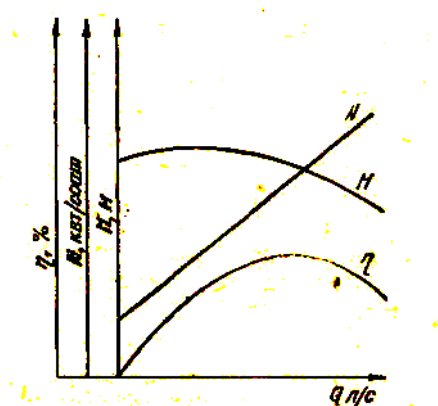
Markazdan qochma nasoslarning xarakteristikalar

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 xarakteristikalarini ko'rinishida beriladi.

Bosim, quvvat va foydali ish ko'ffisiyentining sarfga bog'liqlik grafiklari nasosning xarakteristikalarini 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 berkitkichni surish yo'li bilan bosimni o'zgartirsak, uning ishlash tartibi ham o'zgaradi. Natijada quvvat va foydali ish ko'ffisiyenti ham o'zgaradi. Xarakteristikani tuzish uchun sinashni berkitgich to'liq yopilgan holatdan boshlab, ochib boramiz va bosim, quvvat va FIKning sarf bo'yicha o'zgarishini 2.8-rasmda ko'rsatilgandek grafiklar tuzamiz.



Markazdan qochma nasoslarining taxminiy ish xarakteristikasi

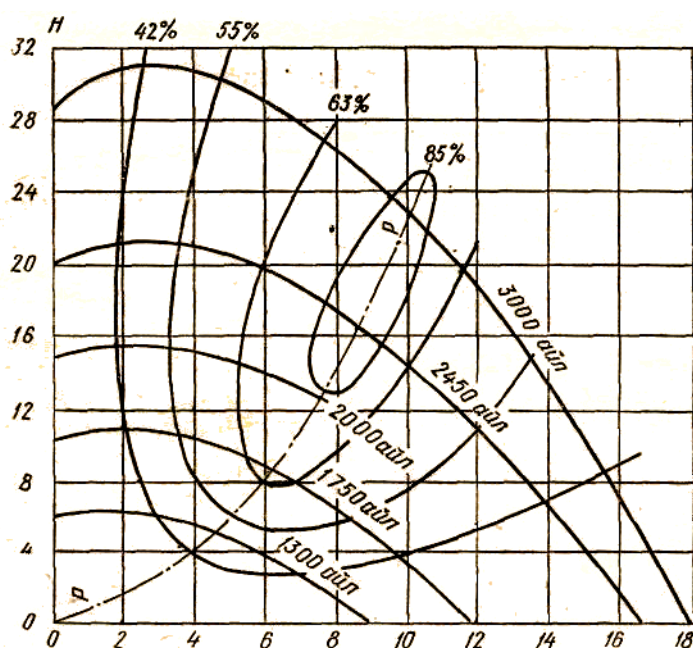
Grafiklardan ko'rinadiki, berkitgich yopiq holatida ($Q = 0$) nasos ma'lum bosim hosil qiladi va u berkitgichning ochilishi bilan kamayib boradi (boshlanishda bosim bir oz ortib borib, maksimumga etishi va so'ngra kamayib ketishi mumkin). Quvvat esa ortib boradi va chiziqli ortishga yaqin bo'ladi. Sarfning 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 ($n_1, n_2, n_3, \dots, n_i$) 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 ($\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_i$) uchun takrorlab, bir qancha tutash chiziqlar olamiz. Bu chiziqlar bilan chegaralangan soxada FIK chizig'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.



Markazdan qochma nasoslarning universal xarakteristikasi

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:

$$\frac{Q_n}{Q_m} = \lambda^3 \frac{n_n}{n_m}. \quad (13.13)$$

Nasoslar uchun asosiy tenglama (13.6) dan

$$\frac{H_n}{H_m} = \lambda^2 \frac{n_n^2}{n_m^2} \quad (13.14)$$

Quvvat formulasi (13.13) va (13.14) dan

$$\frac{N_n}{N_m} = \lambda^5 \frac{n_n^3}{n_m^3} \quad (13.15)$$

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 ahamiyatga 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.

Tezyurarlik koeffitsiyenti va kurakli nasoslarning turlari.

Markazdan qochma nasoslarni bir-biri bilan tezyurarlik koeffitsiyent yordamida solishtirish mumkin. Tezyurarlik koeffitsiyenti, 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, tezyurarlik koeffitsiyenti nasosning suyuqlikka berilgan energiasining 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:

$$Q = 0,075\lambda^3 \frac{n}{n_s} \quad (13.16)$$

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:

$$H = \lambda^2 \frac{n^2}{n_s^2}, \quad (13.17)$$

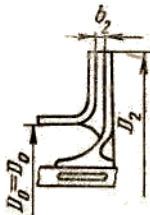
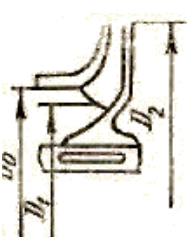
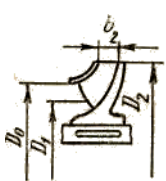
(13.16) va (13.17) tenglamalardan λ ni yo'qotib va hosil bo'lgan tenglamani tezyurarlik ko'effitsiyenti n_s ga nisbatan yechib, ushbuga ega bo'lamiz:

$$n_s = 3,65n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3,14}} \quad (13.18)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, natura nasosning aylanish soni tezyurarlik ko'effitsiyentiga proporsionaldir. Bundan xulosa qilib aytish mumkinki, aylanish sonining (ya'ni tezyurarlik ko'effitsiyentining) ortishi bilan nasosning o'lchamlari va og'irligi kamayadi (2.10-rasm).

Tezyurarlik ko'effitsiyentining 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
 $n_{SI}=40\div80$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 2,5$	 $n_{SI}=80\div150$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 2,$	 $n_{SI}=150\div300$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 1,8\div1,4$	 $n_{SI}=300\div600$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 1,2\div1,1$	 $n_{SI}=600\div1200$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 0,8$

Nasoslarning tezyurarlik ko'effitsiyentiga qarab guruhlash

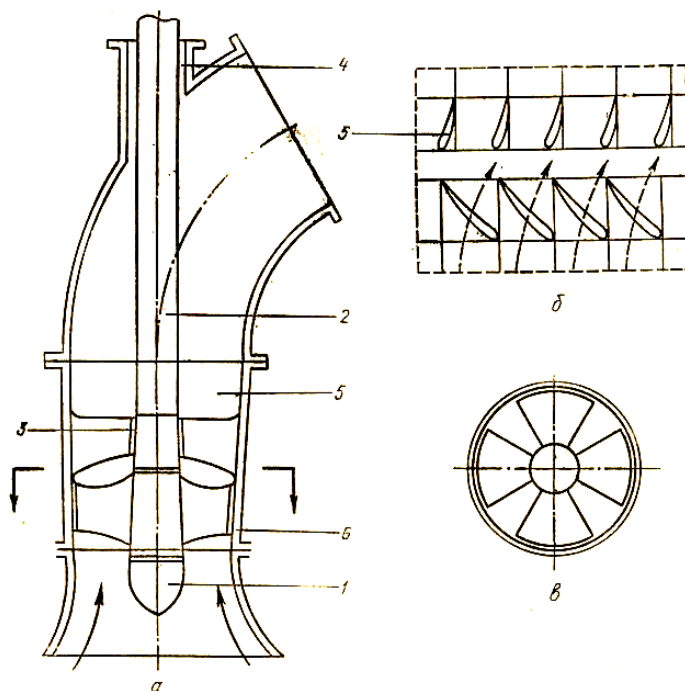
2.10-rasmda nasoslarning tezyurarligiga qarab ish gildiragi o'lchamlarining kamayib borishi ko'rsatilgan. Tezyurarligi kichik nasoslarga yuqori bosim hosil qi-

luvchi, 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).

O'qiy nasoslar

Nasosning tezyurarligini oshirish borasida olib borilgan ishlar o'qiy (parrakli) nasoslarning yaratilishiga olib keldi. Tezyurarlikni oshirish, yuqorida aytilgandek, ish g'ildiragi chiqish va kirish diametrlarining nisbatini va β_2 burchakni kamaytirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Natijada $D_2 - D_1$ bo'lgan o'qiy nasos paydo bo'ladi. O'qiy nasosning sxemasi 2.11-rasmda keltirilgan. Bu nasosning parraklar o'rnatilgan ish g'ildiragi 1 va 2 ga o'rnatilgan hamda 3 va 4 podshipniklarda aylanadi. Ish g'ildiragi suyuqlik oqib o'tishi uchun qulay shakldagi vtulkaga o'rnatilgan parraklardan iborat bo'lib, uning aylanishi natijasida suyuqlik harakatga kelib, yo'naltiruvchi apparat 5 ga o'tadi. Ish g'ildiragi va yo'naltiruvchi apparat truba shaklidagi korpus 6 ga o'rnatilgan. Nasos tomonidan tortilayotgan suyuqlik korpusdan o'tib, tegishli bo'limga yo'naltiriladi.

2.11-rasm, *b* va *v* da ish g'ildiragining ko'ndalang kesimi va g'ildirak bilan yo'naltiruvchi apparatning silindrik kesimdagi yoyilmasi keltirilgan. Suyuqlik kirishda o'qiy yo'nalishda harakatlanib, ish g'ildiragidan o'tganda markazdan qochma kuch ta'sirida radial yo'nalishga siljiydi va spiral ko'rinishda harakat qiladi (2.11 – rasm, *b* da punktir chiziqlar). Yo'naltiruvchi apparatdan o'tganda esa yana o'qiy yo'nalishni qabul qiladi. Bu esa gidravlik qarshilikni kamaytirib, nasos vujudga keltirgan bosimni oshirishga yordam beradi.



O'qiy nasoslarning sxemasi

Tezyurarlik koeffitsiyenti markazdan qochma nasoslarga qaraganda katta, o'qiy nasosga qaraganda kichik bo'lgan nasoslar turi diagonal nasoslar bo'lib, ular-

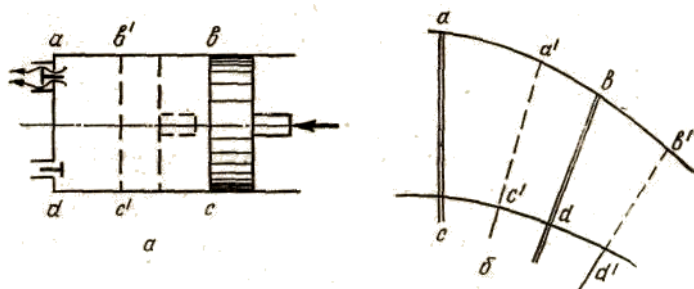
da chiqish va kirish diametrlarining nisbati birdan kattaroq. Diagonal nasoslarning tuzilishi o'qiy nasosga o'xshagan bo'lib, asosan ish g'ildiragining shakli bilan farqlanadi. Parraklar vtulkaga 45° li burchak ostida mahkam o'rnatilgan bo'ladi. Bunday nasoslarning parraklari 60° va 45° ga qiyalangan, ularning burchagini o'zgartiruvchi mexanizm bilan ta'minlangan turlari ham mavjud. Ularning ba'zi turlarida esa suyuqlik o'q bo'yicha kirib, ish g'ildiragidan o'qqa ma'lum burchak ostida chiqadi. Shunday qilib, bu nasoslarda markazdan qochma kuch qisman foydalanilgani uchun, u hosil qilgan bosim kattaroq bo'ladi.

HAJMIY GIDROPNEVMOYURITGICHLAR VA GIDROPNEVMOUZATMALAR XAQIDA TUSHUNCHA. 2soat

1. Hajmiy gidroyuritgichlarni kelib chiqishiga qarab klassifikatsiyalash.
2. Hajmiy gidroyuritmalar uchun ish suyuqliklari va ularning asosiy xossalari.
3. Hajmiy, gidroyuritmalar va ularni sozlash usullari. Chiqish tezligini hajmiy va drossellash usuli bilan sozlash.

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.

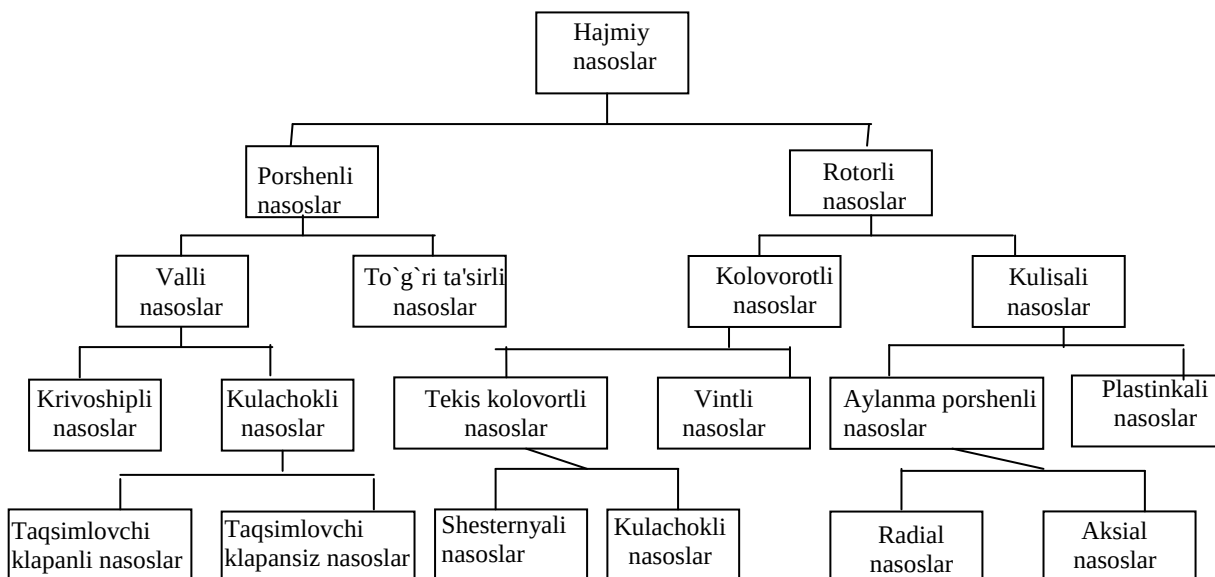


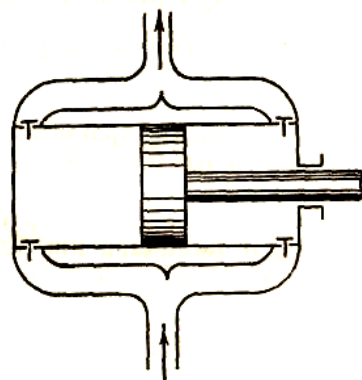
Hajmiy nasoslarning ishlash prinsipi

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 2.27-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 2.27-rasm, *b* da vaziyatdan *abcd* vaziyatga o'tishi bilan tasvirlangan. Ko'rilayotgan usulda suyuqlik energiyasining ortishi hajm o'zgarimasdan, suyuqlikni chegaralovchi to'siqlarning juda katta tezlik bilan harakatlanishi bilan ham amalga oshirilishi mumkin (shesternyali, vintli nasoslar).

Hajmiy nasoslarning umumiy xossalari va ularning klassifikatsiyasi

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 zvenosi-ning harakati ilgari lama-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 2.28-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.





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 (2.29-rasm) 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.

Ikki harakatli porshenli nasosning prinsipial sxemasi

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.

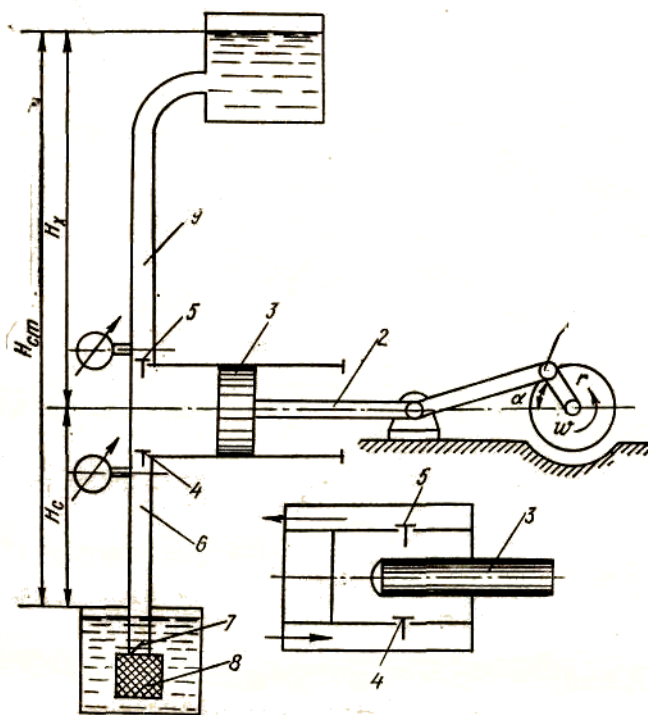
Porshenli nasoslarning tuzilishi har xil bo'lib, u ishlaydigan sharoitiga qarab tanlab olinadi. Masalan, vertikal harakatlanuvchi porshenli nasoslarda (quduqlardan suv tortishda) so'rish klapanlari porshenning o'ziga joylashtirilgan bo'ladi.

Porshenli nasoslarning boshqaruvchi zvenosi sharoitiga 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 2.28-rasmda keltirilgan guruhlash sxemasiga joylashtirish mumkin emas. Shuning uchun quyida faqat eng ko'p tarqalgan nasoslar ustida to'xtalib o'tamiz.

Porshenli va plunjerli nasoslarning tuzilishi hamda ishlatilish sohalari

Porshenli nasos qurilmasining eng sodda sxemasi 2.30-rasmda keltirilgan.

Bu nasoslarda suyuqlikning soʻrilishi va haydalishi porshen yoki plunjerning (2.30-rasm) silindrda ilgarilama-qaytma harakatiga asoslangan. Bunda porshen 3 (2.30-rasm) yoki plunjer 3 (2.30-rasm, a) tarkibida shtok 2 boʻlgan krivoship-shatunli mexanizm 1 yordamida harakat qiladi. Porshen (plunjer) silindr ichida qaytma (orqaga) harakat qilganida uning oldidagi ish boʻlmasining hajmi ortib siyraklanish hosil boʻladi. Bu siyraklanish maʼlum bir chegaraga yetganida ish boʻlmasidagi bosim bilan tirgak klapan 7 ostidagi xrapovikda boʻlgan bosim orasidagi farq soʻrish klapani 4 ni oshadi va suyuqlik soʻrish trubasi 6 orqali ish boʻlmasiga kiradi. Soʻrish jarayoni porshen (plunjer) oʻzining eng chekka soʻrish chegarasiga yetguncha davom etadi. Bunda soʻrish trubasidagi siyraklanish soʻrish klapani oldiga joylashtirilgan vakuummetr yordamida oʻlchanadi. Taʼminlovchi idishdagi suyuqlik sathidan nasos silindrining eng yuqori sathigacha boʻlgan balandlik soʻrish balandligi (H_c) deyiladi. Soʻrish balandligi chegaraviy soʻrish balandligi H_c^{kr} dan katta boʻlmasligi kerak.



Bir harakatli porshenli (plunjerli) nasosning ishlash sxemasi

Porshen (plunjer) ilgarilama (oldinga) harakat qilganda esa ish boʻlmasidagi bosim ortib, soʻrish klapani yopiladi. Boʻlmadagi bosim ortishida davom etib haydashga yetarli bosim p_x ga etganida haydash klapani ochilib, suyuqlik haydash trubasi 9 ga oʻta boshlaydi. Suyuqlikni haydash porshen eng chekka haydash chegarasiga yetguncha davom etadi.

Nasosni ishga tushirganimizda u avval soʻrish trubasidagi havoni tortadi va suyuqlik soʻrish trubasiga koʻtariladi. Nasos biroz vaqt ishlagandan soʻng soʻrish trubasi va silindrdagi havo haydash chiqarilib, suyuqlik silindrni toʻldiradi. 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 ko'effisiyentining yuqoriligidir.

Porshenli nasoslarning markazdan qochma nasoslardan yana bir farqi shundaki, uning so'rishini haydash trubasiga o'rnatilgan berkitkich 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 ifloslanib turadi. Ifloslanish nasosning boshqa qismlarida ham bo'ladi.

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. 2.31-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.

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 bosh-

langanda 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 koeffitsiyenti deyiladi va haqiqiy sarf Q_x ning nazariy sarf Q_n ga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\eta_Q = \frac{Q_x}{Q_n} \quad (17.3)$$

Nasosning tuzilishi va uning eskirganlik darajasiga qarab $\eta_Q = 0,85, 0,99$ 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:

$$H = \frac{p_x}{\gamma} - \frac{p_c}{\gamma} + H_u + H_t. \quad (17.4)$$

H_n va H_m lar ishqalanish va mahalliy qarshiliklarni hisoblash formulalari yordamida aniqlanadi.

Nasosning foydali bosimi H ga esa trubalardagi gidravlik qarshilik kirmaydi:

$$H_f = H_x - H_c + H_n. \quad (17.5)$$

Vakuummeter va manometrlar ko'rsatuvidan aniqlangan indikator bosim

$$H_i = \frac{p_x}{\gamma} - \frac{p_c}{\gamma} \quad (17.6)$$

ga teng. Manometrik bosim $H_x = H_m$ degan tushunchani kiritamiz. U holda nasos va nasos qurilmasidagi yo'qotishlarni gidravlik FIK

$$\eta_g = \frac{H_m}{H_i} \quad (17.7)$$

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:

$$\eta_i = \frac{N_f}{N_i} = \frac{\gamma Q_f H_m}{\gamma Q_H H_u} = \eta_Q \eta_g. \quad (17.8)$$

Indikator quvvatning porshenga berilgan quvvat N_p ga nisbati mexanik FIK dan iborat.

$$\frac{N_n}{N_p} = \eta_m \quad (17.9)$$

Bundan foydalanib nasosing to'liq foydali ish koeffitsiyentini 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:

$$\eta = \eta_Q \eta_g \eta_m. \quad (17.10)$$

Demak, nasos olgan to'liq quvvat quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} N &= \frac{Q_H H_m \gamma}{102 \eta} \text{ kVt} \\ N &= \frac{Q_H H_m}{75 \eta} \text{ o.k} \\ N &= \frac{Q_n H_m \gamma}{1000 \eta} \text{ kVt} \end{aligned} \right\} \quad (17.11)$$

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, $a = 1,1 \div 1,2$ – quvvatning zapas koeffitsiyenti; dvigatel ko'proq zo'riqib ishlagan holni hisobga oladi.

Nasosning foydali ish koeffitsiyentlarini: $\eta_g = 0,9 \div 0,98$; $\eta_m = 0,95 \div 0,98$; $\eta = 0,65 \div 0,9$ chegarada olinadi. Bu qiymatlar nasosning turiga va uning eskirganlik darajasiga bog'liq bo'lgani uchun aniq ko'rsatilmaydi.

So'rish grafigi va uni tekislash usullari

Porshenning silindrdagi harakati uning yo'li L bo'yicha bir xil emas. Krivoship-shatunli mexanizmning aylanishiga bog'liq bo'lgani uchun porshenning yo'l tenglamasi

$$x = r(1 - \cos \omega t)$$

ko'rinishida ifodalanadi. Porshenning bu tenglamadan aniqlangan tezligi ushbu ko'rinishga ega:

$$v = \frac{dx}{dt} = r \omega \sin \omega t$$

Shunday qilib, porshenning tezligi krivoship-shatunli mexanizmning radiusi r burchak tezligi ω ga bog'liq bo'lib, shatunning krivoship mahkamlangan nuqtasidagi aylana tezlikning shtok yo'nalishidagi proyeksiyasiga teng. Agar bu aylana tezlikni

$u = r\omega$ deb, aylanish burchagini $\alpha = \omega t$ deb belgilasak, oxirgi tenglikni ushbu ko'rinishda yozamiz (2.32-rasm):

$$v = u \sin \alpha$$

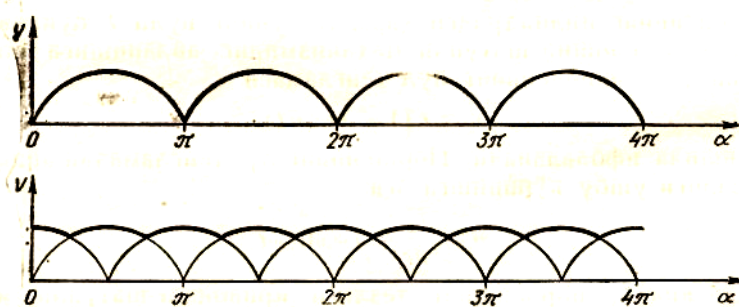


Porshenli nasosda so`rishning notekisligini ko`rsatuvchi sxema

Shunga asosan, vaqt birligida porshen silindrdan haydab chiqarayotgan suyuqlik miqdori nasosning so`rishi deb ataladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$V = vS = uS[\sin \alpha] \quad (17.12)$$

Bu formula asosida tuzilgan grafik porshenning so`rish grafigi deb ataladi. Keltirilgan formuladan ko`rinadiki, $\sin \alpha$ ning musbat qiymatlarida nasosning so`rishi sinusoida bo`yicha o`zgarib borib, haydash davriga to`g`ri keladi.  $\sin \alpha$  ning manfiy qiymatlarida nolga teng bo`lib, so`rish davriga to`g`ri keladi. Oddiy bir harakatli nasosning so`rish grafigi 2.32- rasmدا tasvirlangan. Bundan ko`rinib turibdiki, porshenning borib-kelishida haydash davriga to`g`ri kelgan so`rish (sarf) grafikda tasvirlangan sinusoida bilan abstsissa o`qi orasidagi yuzaga teng bo`lib, so`rish davriga to`g`ri kelgan so`rish nolga teng. So`rishning bunday notekisligi, ko`p hollarda bir tekis so`rish zarur bo`lganligi sababli, ishlab chiqarish talabiga javob bermaydi. Bundan tashqari, trubadagi notekis tezlik inersiya kuchini yengishga anchagina energiya sarf bo`lishiga sabab bo`ladi. Ikki harakatli nasoslarning so`rish grafigi 2.33-rasm, a da keltirilgan. Rasmdan ko`rinadiki, bunday nasoslarda so`rish faqat haydash yoki so`rish



Ikki va uch haraktli porshenli nasoslarda so`rishning tekisroq bo`lishi

boshlanishidagina nolga teng bo`ladi. Abstsissa o`qining boshqa nuqtalarida so`rish nol bo`lmaydi. Shunday qilib, ikki harakatli nasoslarda so`rish bir amaliy nasoslarga nisbatan to`g`riroq bo`ladi. Uch harakatli nasoslarda esa so`rish yana ham to`g`riroq bo`ladi (2.33-rasm, b). Bu nasoslarning so`rish grafigidan ko`rinadiki, abstsissa o`qining hech qaysi nuqtasida so`rish nol bo`lmaydi, boshqacha aytganda so`rish to`g`ri chiziqga juda yaqin bo`ladi.

Porshenli nasoslarda so'rishning notekisligini maksimal tezlikning o'rtacha tezlikka nisbati bilan ifodalanadi. Bunda o'rtacha tezlik deb quyidagi miqdorni nazarda tutamiz:

$$v_{o'r} = \frac{\int_0^{2\pi} u[\sin \alpha] d\alpha}{2\pi}.$$

Boshqacha aytganda, o'rtacha tezlik porshenning to'liq borib kelishiga to'g'ri kelgan oraliqda so'rish grafigi bilan abstsissa o'qi orasidagi yuzaning shu yuzaga teng va uzunligi 2π – bo'lgan to'g'ri to'rtburchak balandligiga teng.

Oddiy bir harakatli nasoslar uchun notekislik

$$\frac{v_{\max}}{v_{o'r}} = 3,14$$

ga teng, ikki harakatli nasoslar uchun esa

$$\frac{v_{\max}}{v_{o'r}} = 1,57$$

Bir va ko'p harakatli nasoslarning notekisligi quyidagicha bo'ladi:

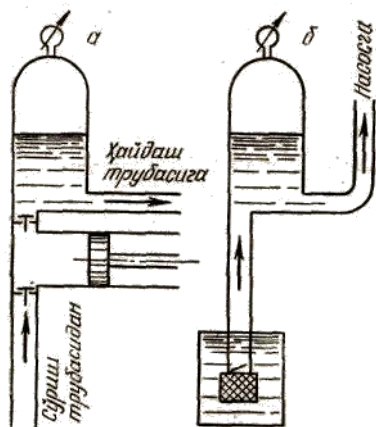
Oddiy bir harakatli	3.14
ikki harakatli	1.57
uch harakatli	1.047
to'rt harakatli	1.11
besh harakatli	1.016
olti harakatli	1.047
yetti harakatli	1.008
sakkiz harakatli	1.026
to'qqiz harakatli	1.005

Bu jadvaldan ko'rinib turibdiki, nasoslarning harakat tartibi ortishi bilan ularning so'rishi tekislanib borar ekan. Demak, harakat tartibini oshirish yo'li bilan nasoslarning so'rishini tekislash mumkin. Bunda harakat tartibi toq bo'lgan nasoslar uchun so'rish grafigi tekisroq bo'lishini nazarda tutish kerak.

So'rish grafigini tekislashning ikkinchi usuli havo qalpoqlaridan foydalanishdir. Haydash trubasining boshlanishiga (nasosdan chiqishda) o'rnatilgan havo qalpog'i so'rishning notekisligini kamaytirish bilan birga gidravlik zarbani ham susaytiradi.

So'rishning tekislanishi quyidagicha bo'ladi. Porshen suyuqlikni haydagan-da nasosdan chiqqan suyuqlik yuqori bosimda chiqishi bilan birga suyuqlikning tezligi ham (avvaliga) ortib boradi. Shu vaqtda qalpoqdagi havo siqilib, bir qism suyuqlik unga kiradi. Qalpoq ostidagi havo unga kirayotgan suyuqlikka qaraganda ko'p bo'lgani uchun havoning bosimi ko'p o'zgarmaydi. Tezlik kamayib borib so'rish davri boshlanganda, ya'ni nasosdan suyuqlik chiqishi to'xtaganda havo qalpog'i ostidagi suyuqlik haydash trubasiga tushadi. Natijada so'rish grafigi hamda haydash trubasidagi tezlik ancha tekislanadi. Bir harakatli nasosga havo qalpog'ini o'rnatish sxemasi 2.34-rasm, a da tasvirlangan. Nasosning haydash davrida undan chiqayotgan suyuqlik tezligining o'zgarishiga qarab havo qalpog'i ostidagi suyuqlik sathi ham o'zgarib turadi. Shuning uchun qalpoq katta bo'lsa, uning ichi-

dagi havo bosimi va suyuqlik sathi kam o'zgarib, trubaga kirayotgan suyuqlikning inersiya kuchlari juda ham kamayadi. Odatda, havo qalpog'ining 50% hajmini havo egallagan bo'ladi. Bu qalpoq yordamida tekislangan suyuqlikning tezligi taxminan $v = u : \pi$ ga tenglashib, vaqt birligida haydalgan suyuqlik miqdori $V = uS : \pi$ ga teng bo'ladi. Bunga tegishli so'rish grafigi 2.32-rasmda to'g'ri chiziq bilan tasvirlangan.



Havo qalpog'ining haydash va so'rish trubasiga o'rnatilish sxemasi

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 2.32-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:

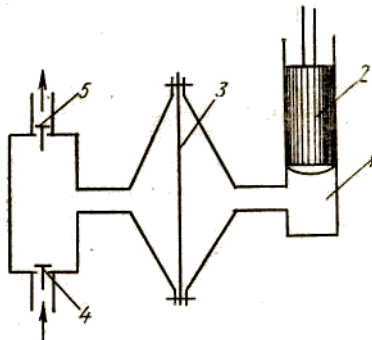
ikki harakatli nasoslar uchun $V_{\max} - V_{\min} = 0,21SL$.

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.

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 (2.35-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.

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 $0,7 \div 0,95$ 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.

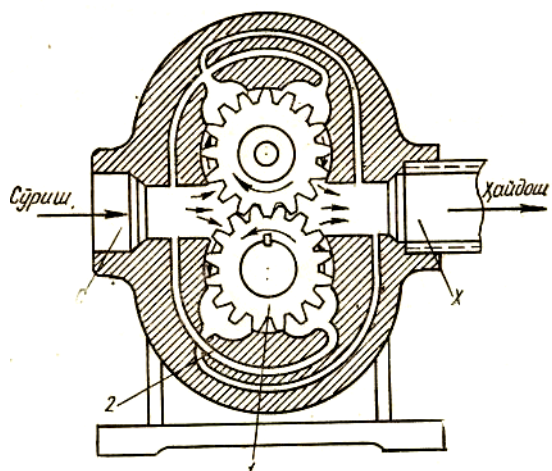
Rotorli–porshenli mashinalarda krivoship–shatunli mexanizm yo'q, lekin bu mashinalarning kinematik asosini krivoship–shatunli mexanizmlarning inversiyasi tashkil qiladi. Bu nasoslar gidrouzatmalarda, metallga ishlov berish stanoklariga moy uzatishda, ichki yonuv dvigatellariga yoqilg'i, surkov moyi, stanok keskichlariga 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.

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 (2.36- 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 biri-

kayotgan 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.



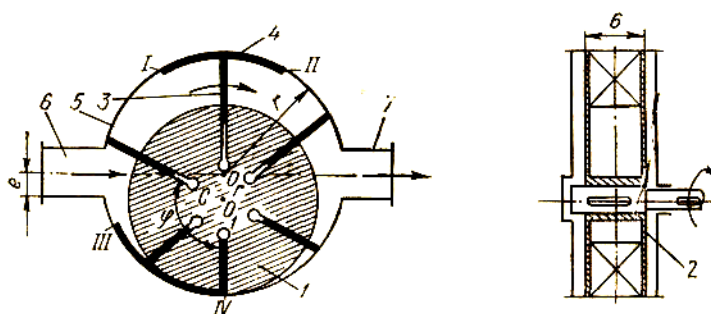
Shesternyali nasoslar

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 kG/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 kompensatsiyalash 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

2.37–rasmda oddiy rotorli–plastinkali nasosning tuzilishi ko'rsatilgan. Rotor 1 nasos korpusida bir-biriga mahkam siqilgan disklar 2 orasiga joylashtirilgan.



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'shib 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-IV 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 ($70 \text{ at } 7 \cdot 10^6 \text{ H/m}^2$ 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.

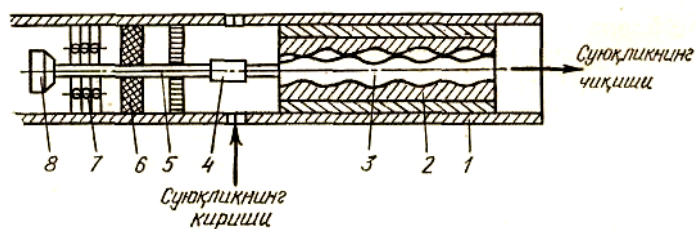
v) Vintli nasoslar

Vintli nasoslar suyuqlikni bir tekis tortish bilan farq qiladi. Ular yuqori FIK iga ega, ixcham, ishlatish qulay, yuqori bosimda va katta aylanishlar sonida shovqinsiz ishlay oladi. Bunday nasoslar bir, ikki, uch va hokazo vintli bo'ladi.

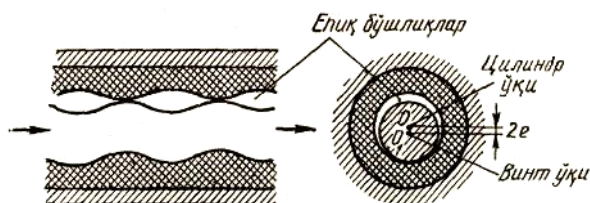
Bir vintli nasoslar hajmiy nasoslarning hamma afzalliklari (yuqori bosimda uzatilayotgan suyuqlikning juda kam aralashishi va katta so'rish balandligi) ni mujassamlashtirganlar. Undan tashqari, plunjerli va porshenli nasoslardan harakatlanadigan detallarning kamligi, klapanlarning va murakkab o'tish joylarining yo'qligi kabi afzalliklari bilan farq qiladi. Bir vintli nasoslarda tortish bir tekis bo'lgani uchun inersiya ta'siri bo'lmaydi, natijada so'rish yaxshilanadi. Bu nasoslar ixcham, yengil, sodda tuzilganidir. Bir vintli nasoslar mamlakatimizda ko'mir shaxtalaridan ifloslangan suvlarni tortib olishda, havzalardan neftni so'rishda quduqlardan suv tortishda va achitqilarni tashishda ishlatiladi.

Bir vintli nasoslarning ishlash prinsipi quyidagicha. Ichki tomoni vint shaklida profillangan silindrda vint aylanadi. Silindr o'ziga xos profilli bo'lgani va vintning aylanishi sababli suyuqlikning cheksiz harakati vujudga keladi. Silindrning ichki vintsimon yuzasi va vint yuzasi orasida yopiq bo'shliqlar yoki hajm hosil bo'ldi. Bu bo'shliqlarning vaqt birligi ichidagi umumiy hajmiga mos ravishda nasosning sarfi oshadi. So'rish tomonidagi bo'shliq hajmi kattalashganda nasosning kirish qismida bosimlar ayirmasi hosil bo'ladi va bu bo'shliq suyuqlikka to'ladi. Qandaydir bir vaqtda suyuqlik yopiladi va silindrning haydash tomoniga harakatlana boradi. Har bir bo'shliq ma'lum hajmdagi suyuqlikni olib chiqadi. Vintning bir to'liq aylanishidagi suyuqlik silindr bo'yicha bir qadam uzunlikka siljiydi va o'zgarmas kesimdan to'kiladi. Yopiq bo'shliqlarning siljishi natijasida bosim so'rish bosimi p_c dan haydash bosimi p_h gacha oshadi.

Eng ko'p tarqalgan vintli nasoslarga uch vintli nasoslar kiradi. Vintli nasoslarning asosiy ish organi-vintlardir: ular aylanma harakat qiladi. Ish vinti vazifasini faqat yetaklovchi vint bajaradi. Yetaklashuvchi vintlar uzatilayotgan suyuqlikning bosimi ta'sirida aylanadi, shuning uchun foydalanish davrida vintlar tez ishdan chiqmaydi, yeyilmaydi va ishonchli bo'ladi. Yetaklovchi vintlar zichlagich rolini o'tab, uzatish kamerasidan so'rish kamerasiga suyuqlikning qaytib tushishiga to'siqinlik qiladi. Yetaklovchi vintning ichki diametri va yetaklanuvchi vintning tashqi diametri o'zaro teng bo'ladi. Uchta vintning kesimlari ish vaqtida o'zaro tegishib cheksiz yuza bo'limi hosil qiladi va suyuqlikni so'rish kamerasidan uzatish kamerasiga so'ruvchi porshen rolini bajaradi. Bo'lim yuzasi vintning har bir qadamida takrorlanadi. Ish uzunligi qadamlar soni ko'paygan sari, bo'shliqlar soni oshib boradi. Vint qadami chegarasidagi har bir bo'shliq ko'p bosqichli nasoslardagi ayrim bosqich o'rnida bo'lib, vint uzunligi ko'payishi bilan yuqori hajmiy FIK li katta bosim hosil qiladi. Vintli nasos uchta asosiy qismdan iborat stator, nasos korpusi va yetaklovchi vint.



Sho'ktirma bir vintli nasoslarning sxemasi

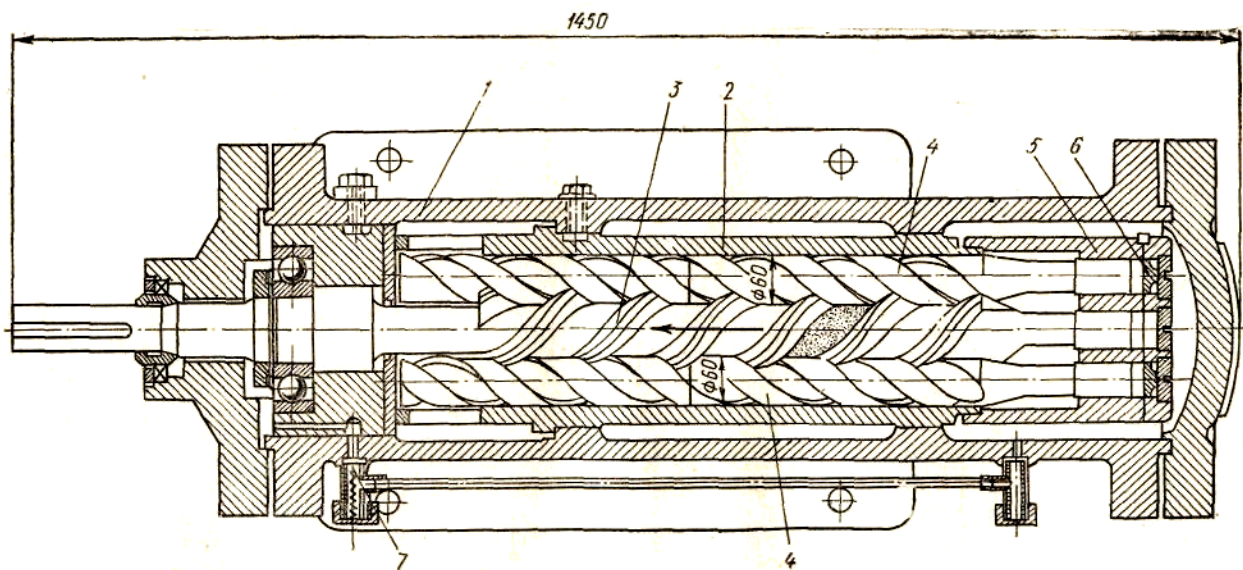


Silindr - vint jufti

Leningrad metall zavodida yaratilgan MVN-10M markali vintli nasos ko'rsatilgan. Nasosning uchta: o'rtadagi yetaklovchi 3 va ikkita yetaklanuvchi 4 vinti bor. Vintlarning kesik joylari stator 2 ga podshipnikka o'xshatib mahkamlangan. Statorni rubashka (g'ilof) deb ham ataladi. Undagi vintlar uzunligini esa ish uzunligi deyiladi. Rubashka 2 oxiriga so'rish va haydash kameralari kelib birlashgan. Nasosda rubashka qopqog'i 6, bo'shatuvchi porshen 7, bo'shatuvchi stakanlar, podshipnik vtulkasi, salnik va quyish trubasi bor. Korpus 1 qopqoq 2 bilan yopiladi va asosga maxsus tiragichlar hamda flaneslar bilan mustahkamlanadi.

Yetaklovchi valning oxiri korpusdan chiqib turadi va mufta yordamida dvigatelga ulanadi. O'qiy bosimni muvozanatlash maqsadida nasos vintlarida yoki korpusda suyuqlik haydash kamerasi tomondan so'rish kamerasi orqasidagi vint tagiga oqib

tushadigan ariqchalar yasaladi. Nasosni buzilishlardan saqlash uchun saqlagich klapanlar qo'yilgan. Vintli nasoslarning ishlash prinsipi quyidagicha. Yetaklovchi vint dvigateldan aylanma harakatga keltiriladi, bunda vintlarning ajratish tekisligi so'rish kamerasining chuqurchalarida joylashgan bir hajm suyuqlikni kesib ajratib oladi. Keyin suyuqlik vint bo'ylab haydash kamerasiga, undan haydash trubasiga qarab harakatlanadi. Shu paytda so'rish kamerasida, siyraklanish xosil bo'ladi, natijada suyuqlik so'rish trubasidan so'rish kamerasiga tushib, vint chuqurchasini to'ldiradi: bu jarayon cheksiz davom qiladi va nasos ishining uzluksizligini saqlaydi.



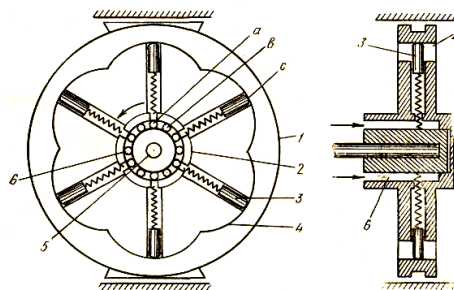
Uch vintli nasoslar

Suyuqlik kesim yuzasi tomonidan ajratib olinmasdan oldin bosim ostida harakatlanayotgan bo'lsa, uning keyingi harakati vintlarning kesim yuzalarining bosimi ostida (porshenga o'xshab) sodir bo'ladi. Suyuqlik nasosga uzluksiz berilgani sababli bir tekis so'rish ro'y beradi. Vintli nasoslar $4-7 \text{ kG/sm}^2$ dan 200 kG/sm^2 gacha bosimlar uchun mo'ljallanadi. Joiz so'rish balandligi 8-9 m suv ustuniga teng. Vint ish uzunligidagi o'ramlar soni odatda past bosimli nasoslar uchun $z = 1,5h$; o'rta boismlar uchun $z = 3h$ va yuqori bosimlar uchun $z = 5h$ deb qabul qilingan (bunda h – vint qadami).

2) Radial-porshenli nasoslar

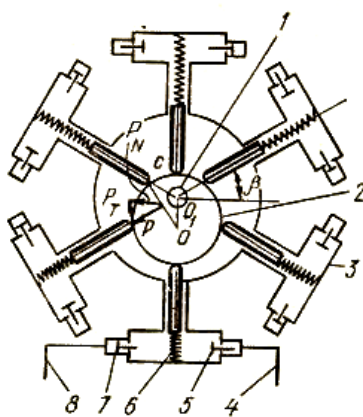
Bu nasoslar 2 gruppaga: a) silindrli radial joylashgan va b) aksial bo'lgan gruppalariga bo'linadi.

Radial-porshenli nasos rotor, 2, doiraviy yo'naltirgich 4 li stator 1 va porshenli 3 dan iborat. Rotor qo'zg'almas o'q 5 atrofida aylanadi.



Radial-porshenli nasos

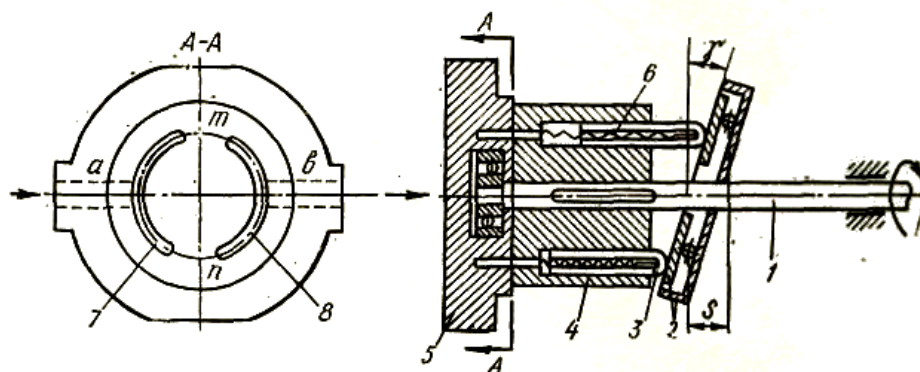
Porshenchalar ilgarilanma qaytma xarakat qilib, o'z silindrlaridan chiqib prujina yordamida yo'naltiruvchi 4 ga tomon qattiq itariladi. Rasmdagi shtrixlangan qism teshik 6 dan suyuqlik bilan to'ldiriladi, silindrning ish xajmi kichraygan paytda – teshikdan suyuqlik xaydab chiqariladi. Bu nasosning ikkinchi turi ekstsentrik-plunjerli nasos bo'lib, ularda aylanayotgan ekstsentrik yuzasiga porshenchalar shtoki tashqaridan tegib o'tadi. Bu nasosda plunjer ilgarilanma-qaytma harakatni ekstsentrik 2 dan oladi. U val 1 ga o'rnatilgan (2.42-rasm). Prujina 6 ta'sirida plunjer nasos vali tomoniga harakatlanayotgan paytda silindr 3 dagi bo'shliq plunjerdan ajralib, siyraklanish hosil qiladi. So'rish klapani 5 oshilib, so'rish trubasi 4 dan silindrga suyuqlik kiradi. Nasos tirsakli vali 2 ning aylanishida ekstsentrik plunjer shtokiga ta'sir qilib, silindrdagi suyuqlikni bosadi va uni klapan 7 orqali bosim yo'li 8 ga siqib chiqariladi. Bitta ekstsentrik bir nechta ish silindriga xizmat qilishi mumkin, agar ular ekstsentrik atrofida joylashgan bo'lsa, valda bir nechta ekstsentrik joylashishi mumkin: bu holda ular teng sonli bir qator joylashtirilgan silindrlarga xizmat qiladi. Radial-porshenli nasoslar 200 at dan 1000 at gacha bosim hosil qila oladi; ularning unumi 800 l min va quvvati 115 kVt ga yetadi.



Radial-plunjerli nasoslar

Aksial-porshenli nasoslar

Aksial-porshenli nasoslarda porshenli silindrlar aylanish o'qiga parallel joylashgan bo'ladi.



Aksial-porshenli nasos

Nasosda rotor rolini silindrlardan iborat blok 4 o'taydi, uni val 1 yordamida aylantiriladi. Taqsimlash diski 5 va yotiq disk 2 nasos ishlagan paytda qimirlamasdan turadi. Porshenchalar 3 yotiq diskka tegib turadi. Porshenchalar yuqorida prujina 6 bilan oldinga itariladi, pastda esa yotiq disk 2 ning ta'sirida orqaga qaytadi. Suyuqlik silindrlarda kanal a dan taqsimlanadi. Kanal b dan haydaladi. Porshenchalarning n hol dan m ga o'tishi, so'rishning m holatdan n ga o'tishi haydashni bildiradi. Porshenning yo'li disk 2 ning gorizont bilan hosil qilgan burchagi γ bilan aniqlanadi. Odatda, silindrlar bloki aylanadi, taqsimlash qurilmasi esa qo'zg'almasdir. $\alpha \leq 0$ bo'lib, blok 4 aylanayotganda, yotiq shayba (disk) 2 va shatun yoki prujina 6 yordamida porshenlar 3 silindr ichida ilgarilanma-qaytma harakatlanadi. Taqsimlash diski 5 dan uzoqlashgan porshenlar suyuqlikni so'radi, unga yaqinlashganda esa suyuqlikni haydaydi. Silindrlarga suyuqlikni keltirish va olib ketish silindrlar bloki chetidagi teshiklar orqali bajariladi. Teshikchalar taqsimlagich 5 da joylashgan o'roqsimon taqsimlash tuynukchalari 7, 8 bilan ketma-ket ulanadi. Porshenlar chetki nuqtalarga yetganda silindr teshiklari 7 va 8 tuynukchalar orasiga to'g'ri kelib, so'rish va haydash yo'llarini bir-biridan ajratib qo'yadi. Silindrning haydash bo'shlig'i bilan tutashgan vaqtidagi qayta oqim zarba kuchining ta'sirini kamaytirish maqsadida tuynukchalar oxirida ensiz ariqchalar yasalgan bo'lib, ular silindrlarni haydash bo'shlig'i bilan asosiy tuynukchalar tutashguniga qadar bog'laydi. Natijada silindrda bosim haydash bo'shlig'idagi bosimgacha bir tekis ko'tariladi.

Rotorli nasoslarning ish hajmi va sarfini aniqlash

Ish hajmi deb nasos o'ziga sig'dira oladigan suyuqlik hajmiga teng hajmga aytiladi, ya'ni nasos bir aylanishda so'rgan suyuqlik hajmi ish hajmga tengdir. Nasosning sarfi esa aylanishlar soniga teng bo'lganda undan o'tgan suyuqlik hajmiga teng.

Shesternyali nasoslarning so'rishini (sarfini) shesternyadagi umumiy tishlarning hajmiga qarab aniqlash mumkin, chunki bitta tish hajmi ikkita tish orasidagi chuqurcha hajmiga, bir to'liq aylanishdagi so'rilgan suyuqlik hajmi esa tishlar orasidagi umumiy chuqurchalar hajmiga tengdir. Nasosning ish hajmi

$$q_n = \pi D_n 2mb \quad (18.1)$$

ga teng bo'lib, o'rtacha so'rishi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = 2\pi D_n 2mbn \quad (18.2)$$

Bu yerda $2m$ – tish balandligi (m – ilashish moduli); D_n - shesternya bosh aylanasi-ning diametri, m; b – tish uzunligi (shesternya eni), m; n – aylanishlar soni, ayl/min.

Chuqurchalarning hajmi tishlarning hajmidan salgina katta bo'lgani va $m = \frac{D_n}{z}$ (z – tishlar soni) ga tengligi uchun nazariy so'rish kattaligi

$$Q_{h,n} = 2\pi \frac{D_n}{z} bn \quad (18.3)$$

bo'ladi (h, n – hajmiy, nazariy). Shesternyali nasoslarining amaliy so'rishi

$$Q_h = n_h Q_{hn} = 2\pi \frac{D_n^2}{z} bn \eta_h, \quad (18.4)$$

bunda η_h – hajmiy FIK.

Shesternyali nasoslarning aylana tezligi 6-8 m/s dan oshmasligi kerak, aks holda tishlar orasidagi chuqurchaning tubida haddan tashqari siyraklanish hosil bo'lib, kavitatsiya xodisasiga olib keladi va nasosni ishdan chiqaradi.

Shesternyali nasoslar uchun quyidagi aylana tezliklar tavsiya qilinadi:

Suyuqlikning qovushoqligi, °E (Engler gradusida)	2	6	10	20	40	70	100
Tezlik, m ²	5,0	4,0	3,7	3,0	2,2	1,6	1,26

So'rish trubasida suyuqlikning oqish tezligi 1-2 m/s bo'lishi kerak. Suyuqlikning shesternyaga bo'lgan bosimi

$$P = (0,75 \div 0,85) D_t b p, \text{ kG} \quad (18.5)$$

bo'lib, bunda D_t shesternya tishlarining tepasi xosil qilgan aylana diametri, sm; b – shesternyaning eni, sm; p – nasos xosil qilgan bosim, kG/sm².

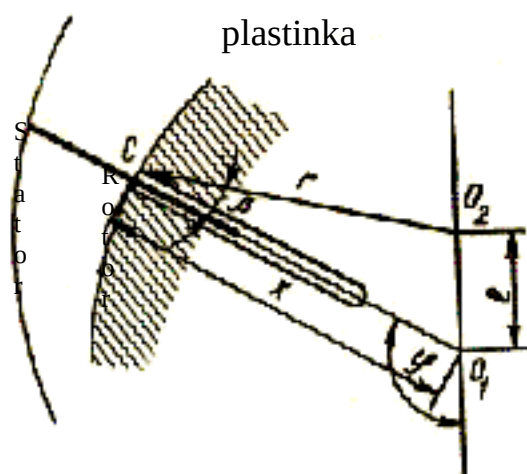
Shesternyali nasosning quvvati

$$N = \frac{Qp}{612\eta_h} \text{ yoki } N = \frac{Qp}{450} \text{ (ot kuchi)} \quad (18.6)$$

formulalari bilan aniqlanadi.

Rotorli–plastinkali nasoslarning nazariy so'rishini aniqlash uchun nasos cheksiz ko'p juda yupqa plastinkalardan iborat deb qabul qilamiz. 2.37-rasmdagi plastinali nasos uchun hisoblash sxemasini chizish mumkin. Bu sxemadagi $\Delta O_1 O_2 C$ uchburchagidan (2.44-rasm)

$$x = r \cos \beta + e \cos(180 - \varphi) = r \cos \beta - e \cos \varphi \quad (18.7)$$



Plastinkali nasoslar uchun ish hajmini hisoblashga doir chizma

Plastinkaning ish qismi

$$h = x - (r - e) \quad (18.8)$$

bo'lsa, (18.7) ni (18.8) ga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$h = r \cos \beta - e \cos \varphi - (r - e) = e(1 - \cos \varphi) + r(\cos \beta - 1)$$

Rotorli plastinkali nasoslarda e/r qiymati juda kichkina, shuningdek, $\beta \approx 0$ va $\cos \beta \approx 1$ bo'lgani uchun:

$$h = e(1 - \cos \varphi). \quad (18.9)$$

Rotor $d\varphi$ burchakka aylanganda so'rish bo'shlig'idan haydash bo'shlig'iga uzatilgan suyuqlik hajmi

$$dq_n = h b r d\varphi \quad (18.10)$$

bo'ladi. Bunda b – rotorning eni; r – rotorning radiusi. (18.10) ni 0 bilan 2π oraliqda integrallab, rotorning ish va u hajmini orqali nisbiy nazariy so'rishini hisoblash mumkin:

$$q_n = b \int_0^{2\pi} r h d\varphi = e r b \int_0^{2\pi} (1 - \cos \varphi) d\varphi = 4\pi e r b Q_{n,n} = q_n \cdot n = 4\pi e r b n \quad (18.11)$$

Nasoslarning hajmiy FIK hisobga oladigan zichlanishlardan moy sirqishini, plastinkalar qalinligi δ ni, ularning soni z ni ko'zda tutib, rotorli-plastinkali nasoslarning o'rtacha so'rishi aniqlanadi:

$$Q_q = \eta Q_{n,n} = 2\eta_0 b e (2\pi - z\delta) n \quad (18.12)$$

bu yerda $Q_{n,n}$ – nisbiy, nazariy so'rish.

Vintli nasoslarda ish hajmi

$$q_n = S h \text{ ga teng} \quad (18.13)$$

bu yerda S – tashqi ko'ylak (rubashka) va vintlar kesim yuzalarining ayirmasiga teng bo'lgan chuqurchalar yuzasi; h – vint kesmasining qadami. Har xil profillar uchun yuzani quyidagicha hisoblanadi.

$$\left. \begin{aligned} S &= 1,25d_T^2 \\ S &= 1,24d_T^2 \end{aligned} \right\} \quad (18.14)$$

Vint kesimining qadami esa:

$$h = \frac{10}{3}d_T \quad (18.15)$$

bunda d_T – yetaklovchi vintning asosiy aylanasi diametri.

Yuqoridagilarni hisobga olib

$$q_n = Fh = 4,14d_T^2 \quad (18.16)$$

ni topish va undan foydalanib vintli nasosning n aylanishiga mos nazariy soʻrishi $Q_{n,n}$ ni aniqlash mumkin:

$$Q_{n,n} = q_n n = 4,14d_T^3 \quad (18.17)$$

Agar vintlar va nasos korpusi orasidagi radial tirqishlardan suyuqlikning sirqib ketishini η_h hisobga olsa, vintli nasoslarning amaliy soʻrishi

$$Q_h = \eta_x Q_{n,n} = 4,14d_T^3 n \eta_x \quad (18.18)$$

ga teng boʻladi.

Radial-porshenli nasoslarda ish hajmi

$$q_n = z \frac{\pi D^2}{4} 2e \quad (18.19)$$

va soʻrish

$$Q_n = \eta_T 2e \frac{\pi D^2}{4} z \frac{n}{60} \quad (18.20)$$

formulalar bilan hisoblanadi.

bunda z – porshenlar soni; $2e$ – porshen yoʻli (e – eksentritet); $\frac{\pi D^2}{4}$ – porshenning yuzi.

Soʻrinishning oʻzgarishi eksentritet e ga bogʻliq boʻlib, uning ishorasiga qarab suyuqlik yoʻnalishi (rotorning aylanish yoʻnalishi oʻzgarmaganda ham) oʻzgarib, xaydash teshigi soʻrish, soʻrish teshigi esa haydash teshigi bilan almashadi.

Agar e ni $e_{\max}$ bilan almashtirsak

$$q_n = z \frac{\pi D^2}{4} 2e_{\max} \frac{e}{e_{\max}} = q_{n,\max} U_e \quad (18.21)$$

va

$$Q_n = q_{n,\max} \cdot \frac{n}{60} \eta_{n,x} U_e \quad (18.22)$$

boʻladi. Bu yerda $U_e = \frac{e}{e_{\max}}$ boshqarish parametri (nisbiy ekstsentritet) y 0 dan ± 1 gacha oʻzgaradi.

Ekstsentrik plunjerli nasoslarda valning bir toʻla aylanish vaqtida ish hajmi

$$q = 2eS \quad (18.23)$$

boʻladi; bu erda S – plunjerning ish yuzi, m^2 .

Nasosning toʻliq soʻrishi:

$$Q = \eta_x \frac{Sen}{600}, \text{ m}^3/\text{s} \quad (18.24)$$

bu yerda z – ish silindrlari soni; n – valning bir minutdagi aylanishlari soni; $\eta_x = 0,75 \div 0,95$ – nasosning hajmiy FIK.

Aksial-porshenli nasosda maksimal ish hajmi

$$q_n = z \frac{\pi D^2}{4} D \operatorname{tg} \gamma = z \frac{\pi D^2}{4} \operatorname{tg} \gamma_{\max} \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg} \gamma_{\max}} = q_{n,\max} U_\gamma$$

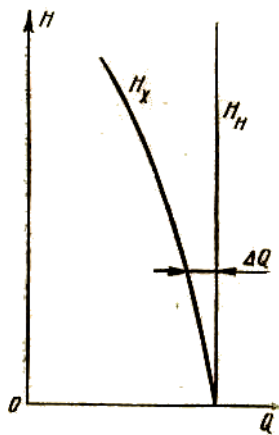
va so'rish miqdori quyidagicha

$$Q_n = q_{n,\max} \cdot \frac{n_n}{60} \eta_{n,n} U_\gamma$$

bu yerda $U_\gamma = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg} \gamma_{\max}}$ boshqarish parametri; D - silindrlar o'qlari joylashgan aylana diametri; γ – yotiq diskning gorizont bilan hosil qilgan burchagi ($\gamma_{\max} = 20^\circ$).

Hajmiy nasoslarning xarakteristikalari va nasosning tarmoqqa ishlashi

Hajmiy nasoslarning xarakteristikalari markazdan qochma nasoslarnikidan butunlay farqlanadi. Buni ko'z oldimizga keltirish uchun avval hajmiy nasoslarning bosim xarakteristikasi $H=f(Q)$ na quramiz. Nasosning nazariy bosimi aylanish soni o'zgarmas ($n = \text{const}$) bo'lganda 2.45-rasmda tasvirlangandek bosim o'qiga parallel to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi. Bunday bosim xarakteristikalari barcha hajmiy va rotorli nasoslarga ham tegishlidir. Bundan qat'i nazar bosim xarakteristikasiga ega bo'lgan bu nasoslarda nazariy bosim cheksiz katta miqdorga intiladi.

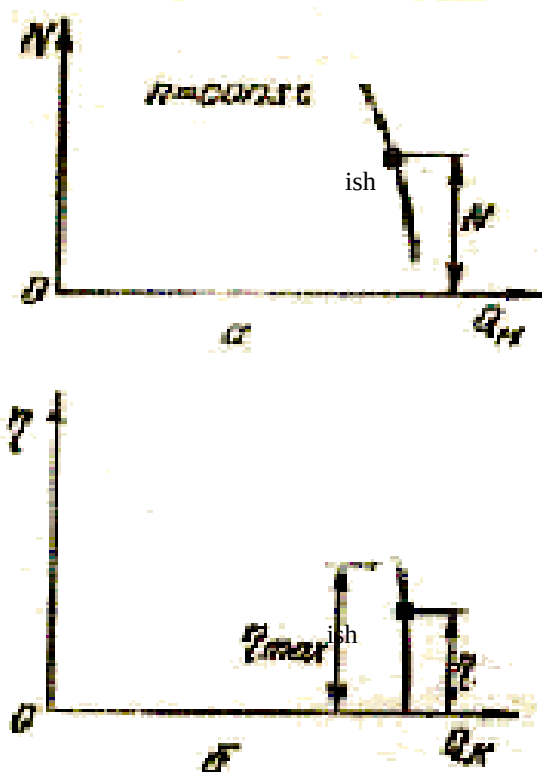


Hajmiy nasoslarning bosimi xarakteristikasi

Nasosning haqiqiy so'rish sarfi bosimga bog'liq bo'lib, uning ortishi bilan turli hajmiy yo'qotishlar ortib ketadi. Markazdan qochma nasoslarda haydash trubasidagi berkitkichni so'rish yo'li bilan (bir xil aylanish sonini saqlagan holda) turli sarf va tegishli xarakteristikalarini olgan edik. Hajmiy nasoslarda esa berkitkichni yopib borgan sari uning oldidagi bosim ortib boradi, lekin sarf juda kam o'zgaradi. Bu o'zgarish ham bosimning ortishi natijasida suyuqlikning tirqishlardan sirqib ketishi hisobiga bo'ladi. Bu esa o'z navbatida bosimning juda oz miqdorga kamayishiga olib keladi Shunday qilib, hajmiy nasoslarning haqiqiy

bosim xarakteristikasi $H_x = f(Q_x)$ 2.44-rasmda tasvirlangandek, chapga biroz qiyalashgan bo'ladi. Hajmiy yo'qotishlar haqiqiy va nazariy sarflar farqidan iborat.

Rotorli nasoslar ichida porshenli nasoslarning bosim xarakteristikalari yana ham qattiqroq bo'ladi, chunki porshen va silindrlarni boshqa siqib chiqaruvchilarga nisbatan aniqroq ishlash mumkin va ularda tirqishlar kichikroq bo'lib, katta bosimlarda yuqori FIK hosil qilishga yordam beradi. Hajmiy nasoslarda quvvat xarakteristikasi (2.46-rasm, a) ham bosim xarakteristikasiga o'xshash bo'ladi, lekin quvvat grafigining egriligi bosimnikiga nisbatan kattaroq bo'ladi. Buni quvvatni aniqlash formulasidan ko'rish mumkin. Bu formuladan ma'lumki, quvvatning kamayishiga bosimning va so'rishning kamayishi bir xilda ta'sir qiladi. FIK xarakteristikasining qiyaligi quvvat va xarakteristikalariga nisbatan kamroqdir (2.46-rasm, b).



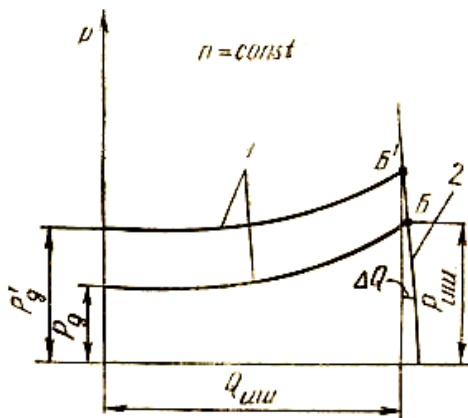
Hajmiy nasoslarn quvvat va FIK xarakteristikalari

Gidromashinalarning maksimal FIK ga mos kelgan parametrlari optimal yoki nominal deyiladi. FIK $\eta \geq (0,85 \div 0,9)$ ga teng bo'lsa, nasoslar tejamli ishlayapti deyish mumkin.

Berkitkich butunlay yopilganda, bosim oshib ketishi natijasida nasos qurilmasining biror qismida buzilish sodir bo'ladi. Shuning uchun ish xarakteristikalari ordinata o'qigacha davom ettirilmay, sarfning biror qiymatida uzilish bilan tugaydi. Hajmiy nasoslarning kavitatsiya xarakteristikalari markazdan qochma nasoslar xarakteristikalari bilan ko'rinish jihatidan o'xshash bo'lib, miqdor jihatdan farq qiladi. Nasoslarning ish tartibi yoki uning Q , N , H lari tashqi tarmoq xarakteristikalariga va nasos xarakteristikasiga bog'liq. Hajmiy nasoslarning ish nuqtasi ham markazdan qochma nasoslardagi kabi grafik yo'l bilan aniqlanib, nasosning bosim xarakteristikasi $p_n = f(Q_n)$ va tashqi tarmoq xarakteristikasi $H = H_T = \alpha Q^2$ yoki $p = p_d + \gamma \alpha Q^2$ ning kesishish nuqtasi B da bo'ladi (2.47-rasm). Bu rasmdagi B` nuqta

tashqi bosim ko'paygan va gidrodvigatelga katta bosimli suyuqlik zarur bo'lgan ($p_d' > p_d$) vaqtga mosdir. Bunda p_d dvigatel bosimi, p_d' dvigatelning ko'paygan bosimi.

Ushbu rasmdan ko'rinadiki, hajmiy nasoslarda kuch o'zgargani bilan so'rish deyarli o'zgarmay ($\Delta Q = 0$) markazdan qochma nasoslarda esa farq ancha sezilarli bo'ladi. Shuning uchun hajmiy mashinalar qattiq xarakteristikali va kurakli mashinalar yumshoq xarakteristikali deyiladi.



Hajmiy nasoslarning trubalar tarmog'iga ishlashi

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 ekstsentrir 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) Ekstsentrir 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 (2.41-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 eksentritet $e < 0$ (2.42-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'xtatadi. Eksentritetning 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 (2.43-rasm). Silindrlar bloki yoki shaybaning qiyalik burchagi γ ning maksimal qiymati $\gamma_{\max} = 20 \div 30^\circ$ 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.

$\gamma_{\max}$ paytidagi ish hajmi va so'rish kattaligini 121-paragrafda keltirilgan formuladan ko'rish mumkin.

Plastinkali nasoslarda so'rishni boshqarish uchun eksentrisitetni 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 (2.37-rasm) plastinalar sonini 4 dan 12 gacha o'zgartirib amalga oshiriladi.

v) Tishlarning ilashish uzunligini o'zgartirish

Shesternyali nasoslarda (2.36-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.

Gidrodinamik uzatmalarning vazifasi va ishlatilish sohalari

Suyuqliklar ishtirokida bir mexanizmning ikkinchi mexanizmini 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 birk 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 $0,85 \div 0,98$ 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 operatsiyalarni tushunish uchun hajmiy gidrouzatmalar haqida tushunchaga ega bo'lish zarur, ular haqida keyinroq to'xtalamiz.

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'rishida berilgani sababli uni, ko'pincha, gidrostatik uzatma ham deyilar.

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.

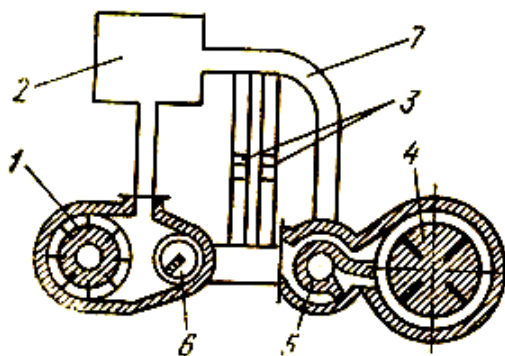
Gidrodinamik uzatmalar bir oqimli va ikki oqimli bo'lishi mumkin. Bir oqimli gidrodinamik hamma quvvat gidravlik g'ildiraklar orqali uzatiladi. Ikki oqimli gidrodinamik uzatmalarda esa dvigatel: bir qismi gidravlik gildiraklar orqali, ikkinchi qismi esa mexanik yo'l bilan uzatiladi.

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.

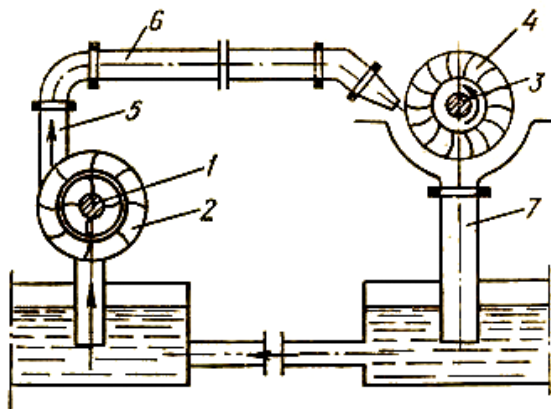


Hajmiy gidrouzatmaning ishlash prinsipi

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 (suyuqlik-

ning bir qismini) boshqa yo'nalishga burib yuboruvchi qurilmalar orqali ham gidrovdigatel tezligini o'zgartirish mumkin. Hozirgi ko'pgina zamonaviy gidrouzatmalardagi ish qismlarida suyuqlik sarfi va harakat tezligi avtomatik ravishda boshqariladi.



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.

Ish suyuqliklari

Gidromashinalarning vazifasiga qarab ish suyuqligi suv, neft moyi, sintetik suyuqliklar, spirt va gliserin aralashmasi va hokazo bo'lishi mumkin. Suyuqlikni bosim yordamida uzatishga mo'ljallangan nasoslar haydalayotgan suyuqlikning xususiyatlarini hisobga olib loyihalanadi. Tomchilanuvchi suyuqliklar bosimning turli qiymatlarida ham energiyani uzatish qobiliyatiga ega bo'lgani sababli hajmiy gidrouzatmaning gidromashinalari har qanday tomchilanuvchi suyuqliklar bilan ham ishlashi mumkin. Lekin har qanday suyuqlik mavjud sharoitga muvofiq bo'lavermaydi.

Gidrouzatmada ish suyuqligi oraliq muhit sifatida o'zining asosiy vazifasini bajaradi va shu bilan birga moylovchi modda hamdir. Shu sababli unga turli qo'shimcha talablar qo'yiladi. Suyuqlik oqayotganda uning tig'izlagichlardan oqib ketishini kamaytirish uchun mustahkam moy qatlamini hosil qiluvchi suyuqliklar tanlab olingani ma'qul. Suyuqlikning ishqalanish qarshiligini kamaytirish ega qovushoqligi kam suyuqliklar tanlashni taqozo qiladi. Masalan, toza suvning qovushoqligi kam ximiyaviy barqaror, serob bo'lgani bilan moylash va korroziyani kamaytirish xususiyatlariga ega emas. Hajmiy gidrouzatmalarda foydalanish talablarga to'laroq javob bera oladigan suyuqliklar qovushoqligi kam bo'lgan va yaxshi tozalangan neft moylaridir. Lekin ular ham talabga to'liq javob bera olmaydi. Shuning uchun sintetik suyuqliklar va neft moylari uchun ularning xossalari yaxshilovchi qo'shimchalarning yangi turlari yaratilgan va yaratilmoqda. Shuningdek, ish suyuqliklarining

xususiyatlari uzatmaning yaxshi va uzoq ishlashiga ta'sir qiladi, shuning uchun suyuqligini tanlashda uzatmaning xususiyatlaridan tashqari, suyuqlikning sifatini ham nazarda tutish kerak. Shunday qilib, ish suyuqliklariga quyidagi talablar qo'yiladi:

1. Ish suyuqliklari tig'izlagichlarda shunday mustahkam moy qatlami hosil qilishi kerakki, gidrouzatma yaxshi ishlasin. Aytib o'tish kerakki, agar moy qatlamining mustahkamligi keragidan ortib ketsa, gidroapparaturalarning ishlashi yomonlashadi.

2. Mexanizmlardan uzoq foydalanish, ularning beto'xtov va yuqori darajada aniqlik bilan ishlashini ta'minlash uchun ish suyuqligi korroziyani kamaytirish va ximiyaviy barqarorlik xususiyatlariga ega bo'lishi zarur.

Mexanizmlar uzoq vaqt ishlatilganda ikkinchi talab alohida ahamiyatga ega bo'ladi. Neft moylariga ba'zi moy yoki efirlar 0,5 – 1,0% qo'shilsa, korroziyaning aggressivligini kamaytirish mumkin. Bu qo'shilmalar metall sirtida uning sirtini va moyni oksidlanishdan saqlaydigan himoya yupqa qatlami hosil qiladi.

3. Hajmiy uzatmadagi ish suyuqligining qovushoqligi nisbatan kam va temperatura ta'sirida oz o'zgaradigan bo'lishi kerak. Qovushoqlikka kam bo'lgan neft moylaridan foydalanish ishqalanish qarshiligini kamaytiradi, apparaturaning aniqligini va sezgirligini oshiradi.

4. Mexanizmning berilgan ishlash qobiliyatini ta'minlash uchun suyuqlik bir jinsli va yaxshi yuzalangan bo'lishi kerak.

5. Ish suyuqliklari tig'izlash qistirmasining bo'kishiga va erishiga sabab bo'lmashligi kerak.

6. Hajmiy gidravlik mexanizmlardagi ish suyuqligi barqaror elastiklik moduliga va hajmiy og'irlikka ega bo'lishi kerak. Shuning uchun moying ish vaqtidagi temperaturaning o'zgarish chegarasida gazlarni sing'irishi va ajratishi mumkin qadar kam bo'lishi kerak. Katta bosimlarda elastiklik modulining barqaror bo'lishi alohida ahamiyatga ega.

7. Gidravlik mexanizmlarda paydo bo'ladigan bir qancha hodisalar havoning ish suyuqligida eruvchanligi bilan bog'liq. Ish suyuqligida havoning eruvchanligi: nasoslarning unumdorligining kamayishiga, gidrodvigatelning notekis ishlashiga va boshqalarga olib keladi. Gidrouzatmalarning barqaror ishlashini ta'minlash uchun ish suyuqligida erigan havo iloji boricha kam bo'lishi kerak. Ish suyuqliklarining obliterasiyaga (bo'shliqlarni bekitib qo'yishga) layoqati boshqaruvchi qurilmalar (zolitniklar, drossellar va boshqalar)ning ishlashiga ma'lum darajada ta'sir qiladi. Yuqorida ko'rsatilgan talablarga javob bera oladigan neft moylarining xususiyatlari 9 va 10–jadvallarda berilgan. Gidrodinamik uzatmalarda suyuqlik sifatida: industrial 12, industrial 20, industrial 20 V, turbina moyi L va transformator moyi eng ko'p ishlatiladi. Odatda, suyuqlik gidrouzatmalarda aylanganda uning temperaturasi turli mashinalarda 60-135° C orasida bo'ladi.

Gidrodinamik muftalar

Gidromuftada yetaklovchi valdagi momentning miqdori har qanday o'zgartirilganda ham ikkala (yetaklovchi va yetaklanuvchi) valda momentlarning tengligi ta'minlanadi. Yo'naltiruvchi apparat yo'qligi gidromuftalar burovchi momentini o'zgartirmaydi va har qanday uzatish nisbatlarida ham yetaklovchi va yetaklanuvchi vallardagi momentlar teng bo'ladi. Yetaklanuvchi val faqat yetaklovchi valning yo'nalishida aylanadi. Gidrodinamik mufta Germaniyada 1909-1910 yillarda professor Fittinger tomonidan kashf etilgan va birinchi marta kemalarda ikki valni elastik bog'lovchi sifatida ishlatilgan. Hozir gidromuftalar 500 dan ortiq turdagi mashina va mexanizmlarda bir agregatda 0,5÷1 kVt dan 35000 kVt gacha va undan ortiq quvvatni uzatishda ishlatiladi. Gidromuftalar uzatish soni birga teng bo'lgan gidrouzatmalarda ishlatiladi. Agar uzatish soni

birdan farqli bo'lishi zarur bo'lsa, u holda har xil o'lchamli nasos va turbina qo'llaniladi. Turbina va nasoslarning o'lchamlari har xil bo'lgani sababli yo'naltiruvchi apparat qo'llash zarurati tug'iladi.

Gidromuftaning tuzilishi va ishlashi

Gidrodinamik mufta yoki turbomufta (3.3-rasm) nasos g'ildiragi 1, turbina g'ildiragi 2, yetaklovchi val 5, yetaklanuvchi val 4, diafragmali bosqich 5, yarim korpus 6, yarim tor 7 lardan iborat.

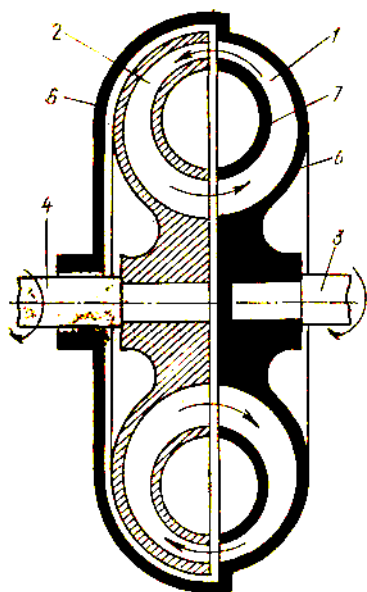
Nasos va turbina g'ildiraklari shtamplangan yarim halqa shaklida tayyorlanadi. Bu g'ildiraklardagi kuraklar, ko'pincha, ichki sirtga radial joylashtirilgan bo'ladi. 4-rasmda radial kurakli (3.4-rasm, a), orqaga og'ishgan kurakli (3.4-rasm, b) va oldinga og'ishgan kurakli (3.4-rasm, v) gidromufta ish g'ildiragi tasvirlangan.

Tekshirishlar ko'rsatadiki, sirpanish $s = 3\%$ bo'lganda oldinga og'ish burchagi 45° bo'lgan kurakli gidromuftalarning uzatgan momenti radial kurakli gidromuftalardagiga qaraganda 2 marta ortiq, orqaga og'ishgan kurakli gidromuftalarning uzatgan momenti esa radial kurakli gidromuftalarnikiga qaraganda 5% kam ekan. Odatda, gidromuftalar ishlagan vaqtda kuraklarning tebranishini yo'qotish uchun nasos g'ildiragidagi kuraklar soni turbina g'ildiragidagi kuraklar soniga teng bo'lmasligi kerak. Masalan, GAZ-12 avtomobilidagi gidromufta nasos g'ildiragida 48 ta kurak va turbina g'ildiragida 44 ta kurak o'rnatilgan. Gidromuftaning korpusi 2 ta shtamplangan qismdan iborat bo'lib, ular boltlar yordamida kavsharlab mahkamlanadi. Diafragmali bosqich 5 yetaklanuvchi val 4 bilan turbina g'ildiragi 2 orasidagi tekislikka o'rnatiladi. Diafragmali bosqichning vazifasi burovchi momentni yetaklovchi valga uzatishni kamaytirishdir.

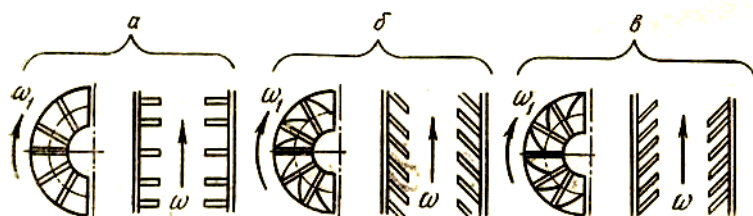
Nasos va turbina g'ildiraklarida suyuqlik harakat qilganda uyurmali oqim gidravlik qarshilikni ko'paytiruvchi qaytargishga to'qnashadi va energiyaning bir qismi yo'qolib, uzatilayotgan burovchi moment miqdori kamayadi. Avtomobillar ulangan uzatma va sal tishlayotgan dvigatel bilan to'xtab turganida, shuningdek, avtomobilning batamom to'xtashi hollarida burovchi moment kamaytirilishi zarur. Agar dvigatel orttirilgan aylanishlar sonida ishlasa (masalan, mashina harakatda bo'lganda), unda suyuqlik oqimi markazdan qochma kuchlarning ta'sirida diafragmali bosqichdan tashqariga surilib, uni energiya yuqotishsiz oqib o'tadi.

Suyuqlik oqib chiqib ketishining oldini olish uchun gidromufta po'lat halqalardan va gofrilangan silindrdan iborat chetki tig'izlagichlar bilan ta'minlanadi. Nasos gildiragi va turbina g'ildiragi vallari o'zaro tutash bo'lib, ularning chekkalari orasida tirqish mavjud. Energiya nasos g'ildiragi validan turbina g'ildiragi valiga gidromuftaning ichki bo'shlig'ini to'ldiruvchi

ish suyuqligi yordamida uzatiladi.

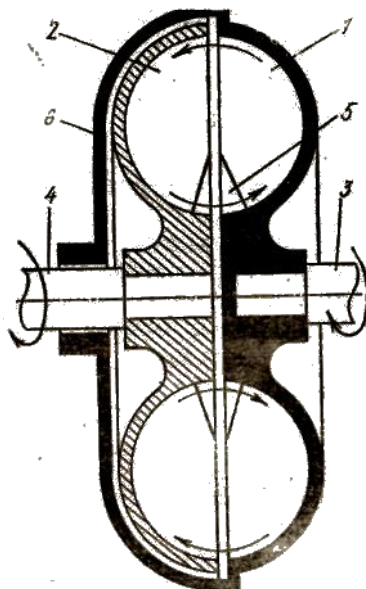


Gidromufta



Gidromuftada ishlatiladigan ish g'ildiraklari

Dvigateldan val orqali harakatga keltirilgan nasos g'ildiragi aylanayotganda ish suyuqligini kichik radiusda qabul qilib, katta radiusda chiqarib yuboriladi. Suyuqlik nasos g'ildiragidan o'tishda uyurma harakat oladi, natijada uning harakat miqdorining momenti ortadi. Ish suyuqligining uyurma harakatini ta'minlash uchun dvigatel momentining hammasi sarf qilinadi. Suyuqlik turbina g'ildiragidan o'tganda suyuqlik oqimi turbina g'ildiraklarining kuraklariga ta'sir etib va uning qarshiligini engib, uning uyurma harakati so'nadi. Shunday qilib, ish suyuqligi nasos g'ildiragidan olgan energiyasini turbina g'ildiraklariga beradi va u orqali mashinaning harakatlanuvchi qismlariga uzatiladi. Turbina g'ildiragidan suyuqlik yana nasos g'ildiragiga qaytadi. Hidromufta g'ildiraklar suyuqlikning uzluksiz aylanma harakatini uyurma aylanasi deyдилar. Hidromuftaning ichki halqasi g'ovak toroid shakliga ega bo'lgani uchun tor deb ataladi va metalldan yasaladi.



Torsijsiz gidromufta

Hozirgi vaqtda yuqori ish ko'rsatgichli torsijsiz gidromuftalar ham mavjud (3.5-rasm), chunki tor FIK ni kamaytiradi

Asosiy parametrlar va tenglamalar

Gidrodinamik muftalarning ishini xarakterlaydigan asosiy parametrlarga uning tashqi xarakteristikalariga kiruvchi va turbina g'ildiragi aylanishlari soni (n_2) ga bog'liq bo'lgan burovchi momenti (M) va FIK (η) kiradi (bunda nasos g'ildiragi aylanishlari soni o'zgarmas).

Gidrodinamik uzatmalar (shu jumladan, gidromuftalar) ning nasos va turbina g'ildiraklaridagi oqimini hisoblash uchun Eyler tenglamasidan foydalaniladi (bu tenglama parrakli gidromashinalar qismida berilgan).

Nasos va turbina g'ildiraklarining (3.5-rasm) kuragi uzunligi L ning kuraklar orasidagi qadami t ga nisbati $2 \div 5$ oraliqda bo'lganda nazariy hisoblash natijalari gidromuftalar va gidrotransformatorlar bilan o'tkazilgan tajribalar bilan juda mos keladi (3.5- rasm).

Gidrodinamik uzatmaning ish g'ildiraklari kuraklar sistemasidan tashkil topgan aylanma panjaradan iborat bo'ladn. Gidromufta g'ildiraklarining kuraklari, ko'pincha, tekis radial shaklda, gidrotransformator g'ildiraklarning kuraklari esa fazoviy yoki aerodinamik silindr shaklida tayyorlanadi.

Ikki kurak orasidagi masofa panjara qadami deb (t) ataladi va g'ildirak aylanasi uzunligi bilan quyidagicha o'lchanadi:

$$t = \frac{\pi D^2}{z}$$

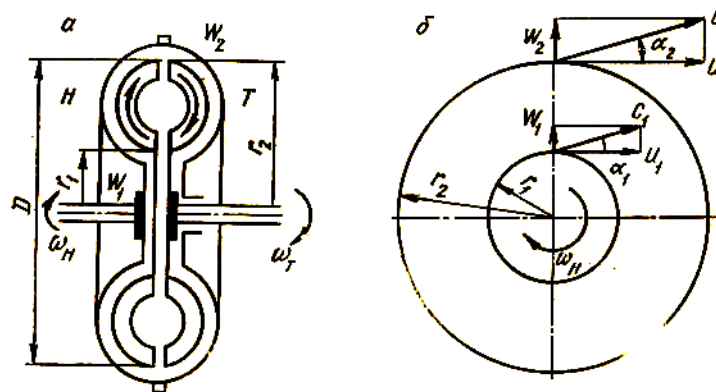
bu yerda D – nasos g'ildiragining tashqi diametri ($D_1 = 2r_1$); z – kuraklar soni.

Panjaraning zichligi τ kurak vatari uzunligining panjara qadamiga nisbatiga teng:

$$\tau = \frac{L}{t} = \frac{Lz}{\pi D^2}.$$

Gidromufta g'ildiraklari uchun $\tau = 2,5 \div 4,0$; gidrotransformator g'ildiraklari uchun $\tau = 1,1 \div 1,7$.

Gidrodinamik mufta. 3.6-rasmda gidromuftaning sxemasi nasos g'ildiragi va uning kirish hamda chiqishdagi tezlik parallelogrammlari bilan keltirilgan. Markazdan qochirma nasosning ish g'ildiraklarida suyuqlik harakat qilganda suyuqlik zarrachalari tezligi uchta tashkil etuvchiga: nisbiy tezlik – w , aylana tezlik – u va absolyut tezlik – s ga ajraladi. Kirishda va chiqishda ular mos ravishda w_1, u_1, s_1 va w_2, u_2, s_2 ko'rinishida belgilanadi.



Gidromuftaning nasos g'ildiragi, unga kirish va chiqishga tezlik parallelogrammlari bilan birgalikda sxemasi

Nasos g'ildiragining chiqishidagi kesimi turbina g'ildiragining kirishidagi kesimga va turbina g'ildiragining chiqishidagi kesimi nasos g'ildiragining kirishidagi kesimga teng bo'lgani uchun nasos g'ildiragi bilan turbina g'ildiraklaridagi suyuqlik aylanma harakatining nisbiy tezliklari teng, ya'ni markazda r_1 va r_2 radiusli masofalarda aylana tezlik

$$u_1 = \omega_n r_1 \text{ va } u_2 = \omega_n r_2$$

ga teng bo'ladi; bu yerda ω_n – nasos g'ildiragi aylanishining burchak tezligi. Nasos g'ildiragi valining aylantiruvchi momenti suyuqlikning nasos g'ildiragiga kirish va chiqishdagi harakat miqdori momentlarining ayirmasiga teng:

$$M_n = \frac{\gamma Q}{g} (c_{2n} r_2 \cos \alpha_2 - c_{1n} r_1 \cos \alpha_1). \quad (20.1)$$

bu erda $\frac{\gamma Q}{g}$ – nasos g'ildiragi kuraklaridan 1 sekundda oqib o'tayotgan ish suyuqligining massasi; c_{1n}, c_{2n} – nasos g'ildiragiga kirish va chiqishdagi absolyut tezliklar. Suyuqlik harakatining nasos g'ildiragidan chiqishdagi absolyut tezligi c_{2n} turbina g'ildiragiga kirishdagi absolyut tezlik s_{2m} ga, turbina g'ildiragidan chiqishdagi absolyut tezlik s_{2m} nasos g'ildiragiga kirishdagi absolyut tezlik s_{1m} ga tengdir.

Bunda turbina validagi burovchi moment quyidagiga teng bo'ladi:

$$M_m = \frac{\gamma Q}{g} (c_{2m} r_2 \cos \alpha_2 - c_{1m} r_1 \cos \alpha_1). \quad (20.2)$$

Demak, nasos g'ildiragi valining aylantiruvchi momenti turbina g'ildiragining burovchi momentiga teng. Haqiqatan esa, ishqalanish kuchlariga energiyaning bir qismi sarf bo'lishi sababli turbina g'ildiragi validagi aylantiruvchi moment havoga ishqalanish va podshipnikdagi ishqalanishni bildiruvchi ventilyasion yo'qotish hisobiga nasos g'ildiragi validagi burovchi momentdan kichikdir. Ventilyasion yo'qotish moslangan sharoitda uzatiluvchi momentga qaraganda ancha kichik bo'lgani uchun $M_n \approx M_m$ deb qabul qilingan. Dvigatelning nasos g'ildiragiga bergan quvvati (12.12) formulaga asosan quyidagiga teng:

$$N_n = \frac{\gamma Q H}{75 \eta_n} \quad (20.3)$$

bu yerda Q – suyuqlik sarfi; η_n – gidromuftali nasos g'ildiragining FIK (0,924÷0,98 ga teng).

Nasos gildiragidagi quvvat

$$N_n = N_g - N_{ven}, \quad (20.4)$$

bu yerda N_g – dvigatelning maksimal quvvati; N_{ven} – yordamchi mexanizmlarga sarflangan quvvat.

Odatda

$$N_{ven} = 0,1 N_g \quad (20.5)$$

deb qabul qilinadi.

Gidromuftalarni hisoblash uchun nasos g'ildiragi validagi quvvat N_n va dvigatelning aylanishlari soni n_n berilgan bo'lishi kerak. Hidromuftaning FIK quyidagiga teng:

$$\eta = \frac{N_m}{N_n} = \frac{M_m n_m}{M_n n_n}, \quad (20.6)$$

bu yerda N_n va N_m – nasos va turbina g'ildiraklarining quvvatlari; n_n va n_m – nasos va turbina g'ildiraklarining aylanishlari soni.

Lekin $M_n = M_m$ bo'lgani uchun

$$i = \eta = \frac{n_m}{n_n} \quad (20.7)$$

bu yerda i – uzatish soni.

Gidromufta $n_n \neq n_m$ tengsizlik bajarilganda, ya'ni suyuqlik aylanma harakatda bo'lganida ishlaydi. n_n va n_m orasidagi farq qancha katta bo'lsa, gidromufta uzatadigan moment shuncha katta bo'ladi. Hidromufta nasos va turbina g'ildiraklari aylanishlari sonlari ayirmasining nasos g'ildiragi aylanish soniga nisbati sirpanish koeffitsiyenti deyiladi:

$$S = \frac{n_n - n_m}{n_n}. \quad (20.8)$$

Odatda, gidromuftalar uchun $S = 2 + 4\%$. gidromuftalar va gidrotransformatorlar markazdan qochma nasosga o'xshash tezyurarlik koeffitsiyenti (14.14) ga va gidromufta nasosi g'ildiraklarning chiqishidagi va kirishidagi diametrlari nisbatiga qarab guruxlarga ajratiladi. Agar quvvat formulasi (20.3) dan Q ning qiymatini to-

pib (20.7) ga qo'ysak, nasos g'ildiragining bosimi uchun quyidagi munosabatga ega bo'lamiz:

$$H = \left(\frac{1000 N_n n_n^2}{\gamma n_s} \eta_n \right)^{0,4} \quad (20.9)$$

bu yerda η_n – gidromuftali nasos FIK; $\eta_n = 0,82 \div 0,98$; n_s - tezyurarlik koeffisiyenti

I.I. Kukolevskiy guruxlashi bo'yicha gidromuftalarda eng qulay tezyurarlik koeffisienti $n_s = 50 \div 70$, normal markazdan qochma g'ildirakli gidrotransformatorlar uchun diametrlar nisbati $\frac{D_2}{D_1} = 2$, tezyurarlik koeffisiyenti $n_s = 70 \div 120$,

tezyurar gidrotransformatorlar uchun diametrlar nisbati $\frac{D_2}{D_1} = 1,2 \div 1,6$, $n_s = 150 \div 350$ bo'ladi.

Suyuklikning nasos g'ildiragi orqali sarfi

$$Q = \frac{N_n 75}{\gamma H} \eta_n, \text{ m}^3/\text{s} \quad (20.10)$$

Nasos g'ildiragi valining diametri quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$d_n = 0,145 \sqrt{\frac{N_n}{n_n}}, \text{ m} \quad (20.11)$$

Nasos g'ildiragi vtulkasining diametri

$$d_{vt} = (1,5 \div 2) d_n \quad (20.12)$$

oraliqda olinadi.

3.7-rasm, *a* da gidromuftaning asosiy o'lchamlari ko'rsatilgan.

Nasos g'ildiragiga kirishdagi tezlik yoki meridional tezlik quyidagicha aniqlanadi:

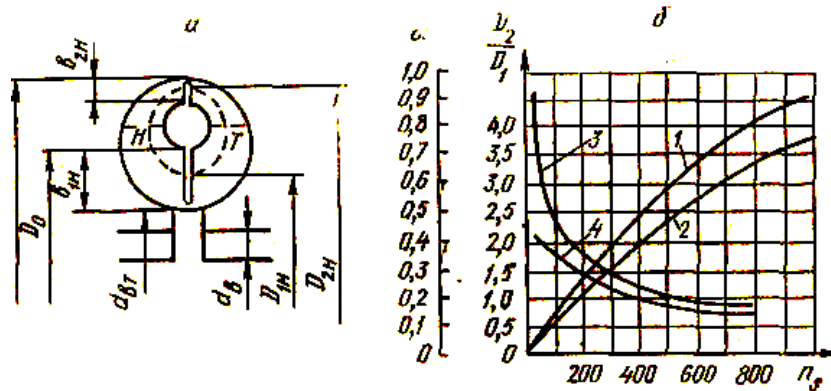
$$c_m = c_{1n} = \alpha \sqrt{2gH}, \text{ m/s} \quad (2.13)$$

bu yerda α – kirish tezligining koeffisiyenti, tezyurarlik koeffisiyenti (n_s) ga bog'liq bo'lib, 3.7-rasm, *b* dagi grafikdan aniqlanadigan absolyut tezlikning radius yo'nalishidagi proeksiyasi meridional tezlik deyiladi. 3.7- rasm, *b* da α koeffisiyentining o'zgarishini 1 shiziq (Shpanxake bo'yicha); Kukolyavskiy bo'yicha α ning o'zgarishini 2 chiziq ko'rsatadi; nasoslar uchun D_2/D_1 , chizig'i 3; turbinalar uchun chizig'i 4.

c_{1n} ni aylana tezlik orqali aniqlash ham mumkin:

$$c_m = c_{1n} = (0,20 \div 0,25) u_{2n} \quad (2.14)$$

bu yerda u_{2n} – nasos g'ildiragidan chiqishdagi aylana tezlik.



Kirish tezligi koeffisientining tezyurarlik va ish g'ildiragi o'lchamlarga bog'liqligi

Kuraklar soni cheksiz ko'p bo'lganda markazdan qochma nasosning asosiy tenglamasi (13.5) dan foydalaniladi.

Gidromuftali nasos g'ildiragidagi kuraklar to'g'ri radial, ya'ni $\beta_{1n} = \beta_{2n} = 90^\circ$. Bu holda nasos uchun $s_{2n} \cos \alpha_{2n} = u_{2n}$ (chunki tezlik parallelogrami to'g'ri burchakli) (3.6- rasm, a, b). Bundan tashqari, suyuqlik nasos g'ildiragidan turbina g'ildiragiga absolyut tezlik bilan kelishini nazarda tutsak, turbina g'ildiragining kuraklari ham radial ekanligini $c_m \cos \alpha_{2m} = u_{2m}$; $c_{1m} \cos \alpha_{1m} = u_{1m}$ xisobga olib, gidromuftalar uchun (13.5) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$H_{t\infty} = \frac{1}{g} (u_{2n} c_{2n} \cos \alpha_{2n} - u_{1n} c_{1n} \cos \alpha_{1n}) = \frac{1}{g} (u_{2n}^2 - u_{1n}^2) = \frac{1}{g} (u_{2n}^2 - u_{1n} u_{2t}). \quad (20.15)$$

O'rtacha oqim chizig'i uchun nasos g'ildiragiga kirishdagi diametr D_{1n} turbina g'ildiragining chiqishdagi diametri D_{2t} ga teng ekanligi nazarda tutilganda

$$\frac{u_{2t}}{u_{1n}} = \frac{n_t}{n_n} = \eta_{g.m.}, \quad (20.16)$$

ya'ni

$$u_{2m} = u_{1n} \eta_{g.m.} \quad (20.17)$$

(20.17) formuladan u_{2m} ning qiymatini (20.15) tenglamaga qo'ysak:

$$H_{t\infty} = \frac{1}{g} (u_{2n}^2 - u_{1n}^2 \eta_{g.m.}). \quad (20.18)$$

Bundan ko'rinadiki, chiqishdagi aylana tezlik quyidagiga teng:

$$u_{2n} = \sqrt{u_{1n}^2 \eta_{g.m.} + g H_{t\infty}}. \quad (20.19)$$

Nasos g'ildiragining haqiqiy bosimi H_n dan nazariy bosimi ($H_{t\infty}$) ni aniqlaymiz:

$$H_{t\infty} = \frac{H_n}{\eta_{g.n.}}, \quad (20.20)$$

bu yerda $\eta_{g.n.}$ – nasos g'ildiragining gidravlik FIK (0,92÷0,98). Nasos g'ildiragining diametrini suyuqlikning sarfi Q uchun yozilgan tenglamadan topiladi. Bu tenglamada suyuqlik sarfi Q , kirishdagi tezlik c_{1n} , vtulka diametri d_{vt} va nasos g'ildiragining diametri qatnashadi:

$$Q = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - d_{vt}^2) c_{1n} \quad (20.21)$$

bundan

$$D_0 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi c_{1n}}} + d_{vt}^2. \quad (20.22)$$

Aylana tezlikdan nasos g'ildiragining chiqishdagi diametri aniqlanadi:

$$D_{2n} = \frac{u_{2n} 60}{\pi n_n} \quad (20.23)$$

Nasos g'ildiragining kirishdagi diametri:

$$D_{2n} = \frac{D_0 + d_{vt}}{2} \quad (20.24)$$

Nasos g'ildiragiga kirishdagi aylana tezlik:

$$u_{1n} = \frac{\pi D_{1n} n_n}{60} \quad (20.25)$$

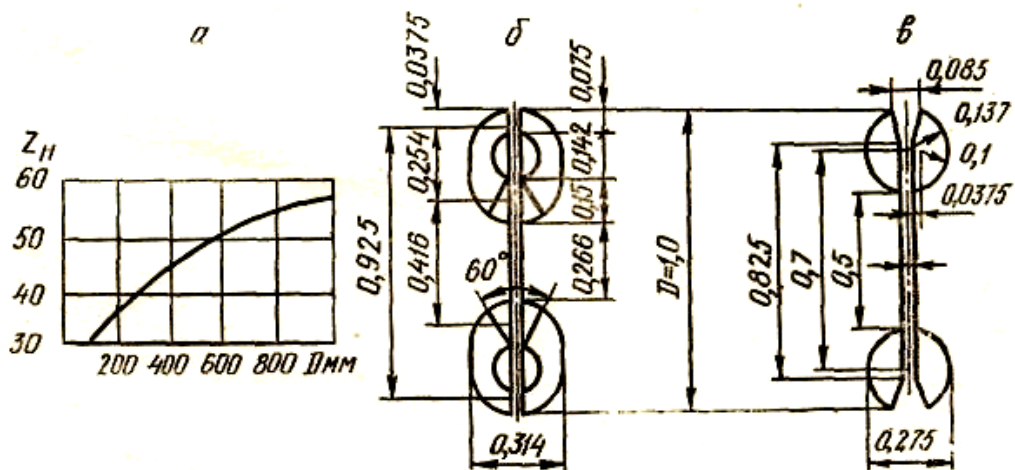
Nasos g'ildiragiga kirishdagi kanalning shartli eni:

$$v_{2n} = \frac{Q}{\pi D_{2n} c_{1n}}. \quad (20.26)$$

Gidromuftaning aktiv diametri

$$D = D_{2n} + v_{2n} \quad (20.27)$$

Nasos g'ildiragining kuraklari soni z_n aktiv diametr kattaligiga bog'liq ravishda 3.8-rasm, a dagi grafikdan topiladi. Odatda, kuraklar soni juft olinadi. Nasos g'ildiragiga qaraganda turbina g'ildiragida kuraklar soni 2 ta ko'p bo'ladi, agar g'ildiraklardagi kuraklar soni teng bo'lsa, rezonans hodisasi ro'y berishi mumkin. Uyurma aylanasi qolgan o'lchamlari aktiv diametr (D) ning nisbatlaridan aniqlanadi, torli gidromufta uchun ular 3.8-rasm; b da va torsiz gidromufta uchun 3.8-rasm, v da keltirilgan. Endi nasos g'ildiragining chiqishdagi o'lchami D_2 ni aniqlab olinadi. Buning uchun H_{∞} quyidagi formuladan aniqlanadi:



Nasos g'ildiraklar grafigi, torli va torsiz gidromuftalar kurakli o'lchamlari

$$H_{\infty} = \frac{H_n}{\eta_G} (1 + p_G) \quad (20.28)$$

bunda

$$p_G = \frac{3,6}{z_n \left[1 - \left(\frac{r_{1n}}{r_{2n}} \right)^2 \right]}.$$

(20.28) formuladan H_{∞} ning qiymatini (20.18) tenglamaga qo'yib, chiqishdagi aylana tezlikning aniqlashtirilgan qiymatini olamiz:

$$u_{2n} \sqrt{u_{1n}^2 \eta_{g.m.} + gH_{\infty}}. \quad (20.29)$$

Bundan keyin

$$D_{2n} = \frac{u_{2n} 60}{\pi n_n}$$

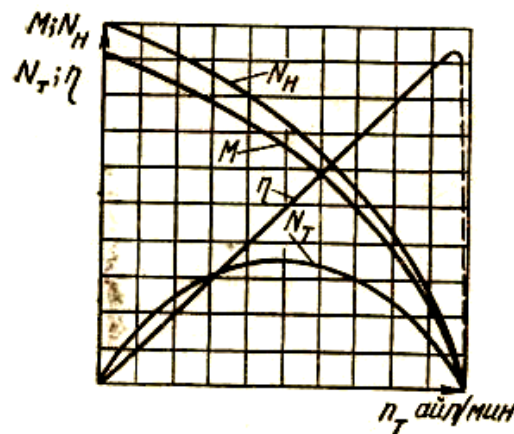
ni aniqlashtiramiz. Nihoyat,

$$v_{2n} = \frac{Q}{\pi D_{2n} c_{1n}}.$$

Shunday qilib, gidromufta o'lchamlarining yakuniy qiymati qabul qilinadi. Gidromuftada turbina g'ildiragi va nasos g'ildiragining o'lchamlari teng, shuning uchun turbina g'ildiraklarida kuraklar sonini hisoblab o'tirmay, nasos g'ildiraklari kuraklaridan ikkita ortiq ($z_m = z_n + 2$) deb qabul qilinadi.

Gidravlik muftaning xarakteristikallari

Gidromufta burovchi momenti (M), quvvat (N) va FIK (η) ning, nasos g'ildiragi aylanishlar soni (n_n) o'zgarmas bo'lganda, turbina g'ildiragi aylanishlar soni n_m ga bog'liqligi gidromuftaning tashqi xarakteristikallari deyiladi.



Gidromuftaning tashqi xarakteristikallari

Tashqi xarakteristika tajriba natijalari asosida quriladi (3.9-rasm). Avval burovchi moment va FIK ni ifodalovchi grafik $n_n = const$ uchun (chiziladi). Nasos g'ildiragining quvvat grafigi esa moment grafigidan faqat masshtab tasviri bilangi-na farqlanadi. Turbina g'ildiraginnng N_m quvvati n_m va n_n ning funksiyasidir, va u $n_m = 0$ va $n_m = n_n$ bo'lgan hollarda nolga teng. Aylanish sonining bu miqdorlar orasidagi biror qiymatida quvvat maksimumga erishadi. Gidromufta FIK nasos g'ildi-

ragining aylanishlari soni $n_n = \text{const}$ bo'lganda to'g'ri chiziqli bo'yicha o'zgaradi, chunki $\eta = i = \frac{n_m}{n_n}$. Hidromufta xarakteristikalarini ish suyuqligi bilan to'la yoki qisman to'ldirilgan hollar uchun quriladi. To'ldirilgan ish bo'shlig'ining kamayishi hidromufta uzatish momentining pasayishiga olib keladi.

Hidromufta to'la to'ldirilganda ish suyuqligining hajmi hidromufta geometrik hajm bo'shlig'ining taxminan 90% ga teng, chunki uning yaxshi ishlashi uchun erkin bo'shliq qoldirilishi kerak. Bu bo'shliq suyuqlikdan ajralib chiqqan bug' va havo bilan to'ladi. Geometrik hajmning 90% dan kam to'ldirilishi hidromuftaning qisman to'ldirilishi deyiladi.

Tashqi xarakteristika quyidagicha quriladi. Absstissa o'qiga turbina g'ildiragining aylanishlari soni yoki turbina aylanishlarining nisbiy soni $i = \frac{n_m}{n_n}$ ordinata

o'qiga esa aylantiruvchi moment, FIK qiymati va quvvatning o'zgarishi joylashtiriladi. Yetaklovchi valning aylanishlari soni o'zgaruvchan ($n_n = \text{const}$) bo'lgan hollarni hidromuftaning universal xarakteristikasi tasvirlaydi va u nasos aylanishlari soni har xil bo'lganda, turbina aylantiruvchi momentining u aylanishlar soniga bog'lanish qonunini ifodalaydi. Bundan tashqari, universal xarakteristika hidromufta aylantiruvchi momenti grafigining, ya'ni $M_k = f_k(n_n, n_m)$ funksiyani, FIKning turli berilgan ($\eta = 0,1; 0,2; 0,3$ va h.) qiymatlarida ifodalaydi. Universal xarakteristikani (3.10-rasm) qurish uchun avval nasos g'ildiragi aylanishlari sonining, $\eta = 100, 90, 80, 70$ va hokazo o'zgarmas qiymatlarida tashqi xarakteristikasini qurish kerak.

Bu ish quyidagicha bajariladi. Hidromufta nasos g'ildiragining va turbina g'ildiragining aylanishlari soni n_{n1}, n_{m1} bo'lsa, shu aylanishlar sonida hidromufta burovchi momenti M_{n1} va FIK $\eta_{g.m.1}$ bo'lsin. U holda o'xshashlik qonunlariga asosan ikkinchi aylanishlar soniga tegishli burovchi moment quyidagiga teng bo'ladi:

$$M_{k2} = M_{k1} \left(\frac{n_{n2}}{n_{n1}} \right)^2$$

Endi M_{k2} burovchi momentga mos keluvchi turbina aylanishlari soni n_{m2} ni topamiz n_{n1} va n_{m2} uchun FIK ning tengligidan,

$$\eta_{g.m.1} = \eta_{g.m.2}$$

Ma'lumki,

$$\eta_{g.m.1} = \frac{n_{m1}}{n_{n1}}; \quad \eta_{g.m.2} = \frac{n_{m2}}{n_{n2}}$$

Undan

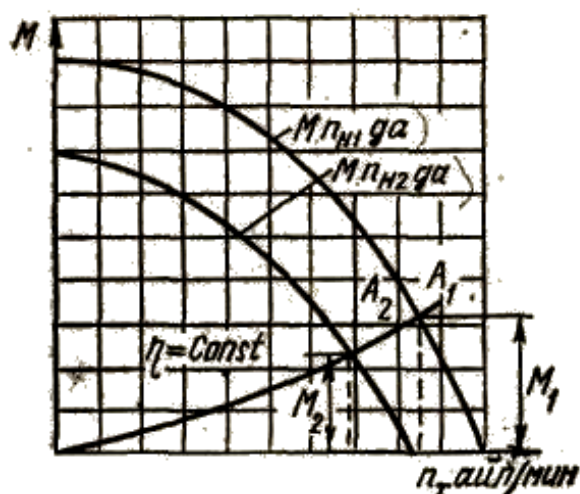
$$\frac{n_{m1}}{n_{n1}} = \frac{n_{m2}}{n_{n2}}$$

va nihoyat,

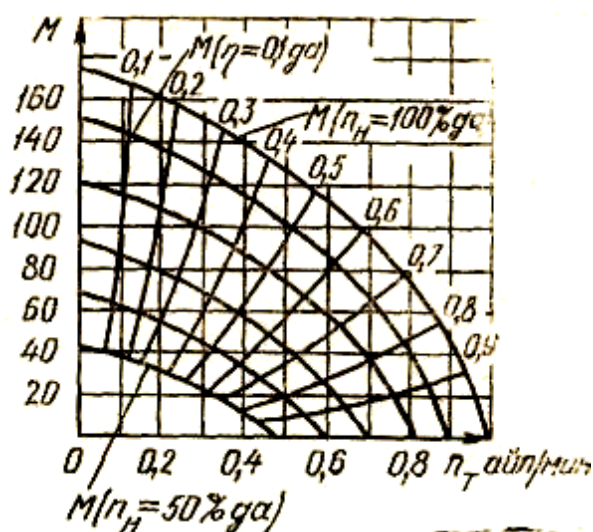
$$n_{m2} = \frac{n_{m1} n_{n2}}{n_{n1}}. \quad (20.30)$$

Aylanishlar soni n_{n1} va n_{n2} bo'lganda topilgan M_{k1} va M_{k2} momentlarini grafikda tasvirlab, mos ravishda A_1 va A_2 nuqtalarni topamiz. Bu nuqtalarni birlashtirib, grafikning (η ning berilgan qiymatida, 3.10-rasm) bir qismini hosil qilinadi. Bu

ishni η ning boshqa qiymatlari uchun ham bajarib, 3.11-rasmda ko'rsatilgan universal xarakteristika tuziladi.



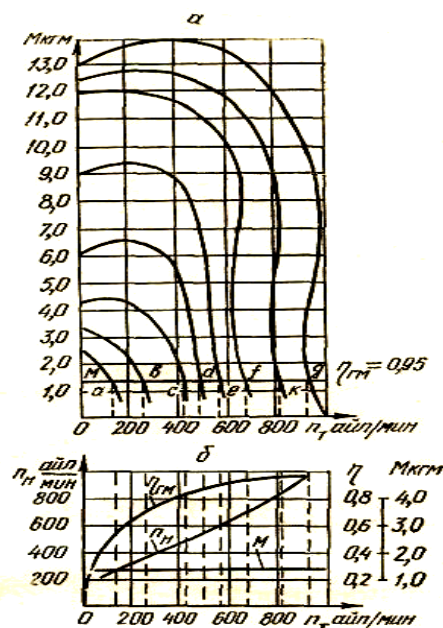
Universal xarakteristikani
qurishga doir chizma



Gidromuftaning universal
xarakteristikasi

Gidromuftaning universal xarakteristikasidan foydalanib tortish (tyaga) xarakteristikasini qurish mumkin (3.12-rasm).

Burovchi momentning $n_n = 900; 800; 710; 600; 500; 400; 300; 200$ aylanishlar soniga tegishli 8 ta grafigi berilgan. Universal xarakteristikada dvigatel momenti M ning grafigi quriladi (3.12-rasm, a). Agar dvigatel momenti nasos g'ildiragiga kchaytiruvchi mexanik uzatma orqali berilsa, unda momentning grafigi kuchaytirgichning uzatish nisbatini hisobga olib quriladi. Dvigatel moment chiziqlari bilan gidromufta moment chiziqlarining kesishish nuqtalarini (a, b, c, d, e, f, k, g) gidromufta tortish momenti xarakteristikasida tasvirlanadi (3.12- rasm, b). So'ngra $n_n = f(n_m)$ funksiya grafigi chiziladi. Keyin nasos va turbina gildiraklarining aylanishlar sonidan foydalanib, gidromufta FIK $\eta_{g.m.} = \frac{n_m}{n_n}$ ni aniqlaymiz va tortish momenti xarakteristikasida $\eta_{g.m} = f(i)$ funksiya grafigi quriladi.



Universal xarakteristikadan foydalanib tortish xarakteristikasini qurishga doir

Gidromufta boshqaruvchi val aylanishlari sonining kamayishi bilan yetaklovchi valga ancha katta burovchi moment bera oladi. Burovchi moment tenglamasi (20.2) dan ko'rinadiki, nazariy hisoblashlarda turbina g'ildiragiga kirishdagi c_{2m} tezlik nasos g'ildiragidan chiquvchi c_{2n} tezlikka teng, ya'ni $c_{2m} = c_{2n}$. Shuning uchun (20.2) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M_m = \frac{\gamma Q}{g} (c_{2n} r_2 \cos \alpha_2 - c_{1m} r_1 \cos \alpha_1) \quad (20.31)$$

Gidromuftalarda kuraklar radial o'rnatilganligi uchun $\beta = 90^\circ$. Bu holda

$$c_{2n} = u_{2n}; \quad c_{1m} = u_{2m}$$

unda

$$\frac{u_{2m}}{u_{2n}} = i$$

bundan

$$u_{2m} = u_{2n} i \quad (20.32)$$

Yuqorida aytilganlarni nazarda tutib chiqarilgan ifodalarni (20.31) tenglamaga qo'yib quyidagi olinadi:

$$M_m = \frac{\gamma Q}{g} (u_{2n} r_2 \cos \alpha_2 - u_{2n} r_1 \cos \alpha_1). \quad (20.33)$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki, turbina aylanish momenti ikki holda (xarj Q ortganda va turbina aylanishlar soni i kamayganda) ortar ekan. Birinchi hol: turbina valining aylanishlar soni i pasaysa, gidromufta kanallaridagi tezlik ortadi, natijada Q ortadi, xarjning ortishi bilan esa gidromufta boshqariluvchi valga uzatilayotgan aylanish momenti ham ortadi (20.33).

Ikkichi hol: aylanishlar soni kamaysa, (20.33) tenglamadagi qavs ishidagi ikkinchi had kamayadi, natijada gidromufta uzatish moment ortadi. Agar aylanishlar

soni nolga teng bo'lsa, ya'ni turbina vali to'xtasa, uzatish momenti maksimal qiymatga erishadi.

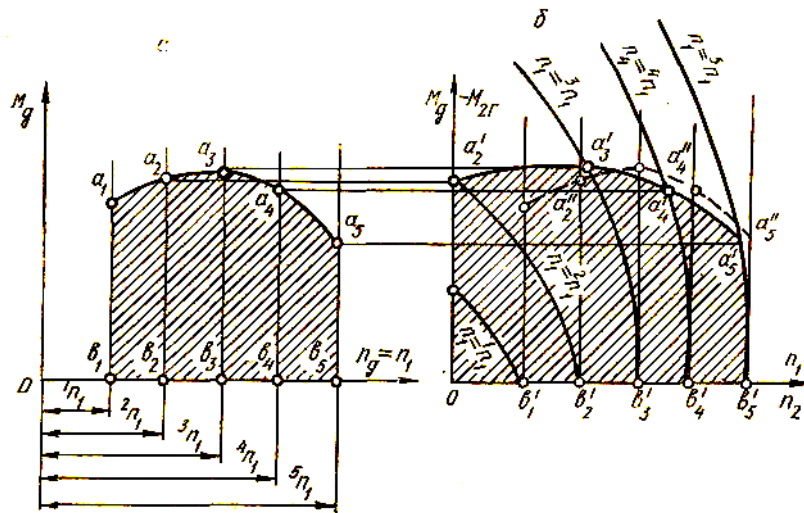
Gidromuftaning dvigatel bilan birgalikda ishlashi

Ichki yonuv dvigateli va gidromufta birgalikda ishlaganda dvigatelning tir-sakli vali nasos g'ildiragi bilan blok qilib birlashtiriladi, shuning uchun

$$n_g = n_n$$

Dvigatel-gidromufta sistemasining xarakteristikalarini aniqlash uchun dviga-telning aylanishlari soni o'zgartirib boriladi. Bunda aylanishlar sonining eng kichik miqdori dvigatel aylanishlar sonining eng kichik turg'un qiymatiga teng va eng kattasi esa dvigatel aylanishlar sonining mumkin qadar eng kattasiga teng bo'ladi-gan qilib o'zgartiriladi, Dvigatelning tanlangan har bir aylanishlari soni uchun bir-dan boshlab nolgacha uzatish nisbatlarining qator qiymatlarini berib boriladi. Har bir uzatish nisbati uchun mos ravishda nasos g'ildiragidagi moment hisoblab chiqi-ladi.

Agar uzatish nisbatlarining kattaliklari kamaytirilganda hisoblab chiqarilgan moment dvigatelning maksimal momentidan katta bo'lib chiqsa, u holda berilgan aylanishlar soni uchun hisoblash tugagan bo'ladi, chunki mufta bundan katta mo-mentlarni uzatmaydi. Har bir uzatish nisbatlarining qiymatlari uchun turbina g'ildi-rak valining aylanishlari soni hisoblab chiqiladi. Odatda, natija jadval shaklida be-riladi. Olingan natijadan foydalanib, dvigatelning aylanishlari n_g ning berilgan qiy-matlari uchun $M_n = f(n_m)$ funksiya, dvigatel momenti M_g grafiklarini tuzish mum-kin (3.13- rasm). Bu grafiklar gidromuftaning tortish imkoniyatlarini ifodalaydi. Biroq ularning hammasi ham amalda qo'llanilavermaydi, chunki gidromufta dvi-gateldan olish mumkin bo'lgan hamma momentlarni ham uzatavermaydi. Turbina g'ildiragining nasos g'ildiragiga nisbatan sirpanishi hisobiga n_m har doim n_n dan kichik. Shuning uchun $n = const$ bo'lganda $b_1a_1; b_2a_2; b_3a_3; b_4a_4; b_5a_5$ vertikal to'g'ri chiziqlar (3.13-rasm, a) mos ravishda $b_1a_1; b_2a_2; b_3a_3; b_4a_4; b_5a_5$ (3.13- rasm, b) chiziq-larga o'tadi. Dvigatelning kichik aylanishlariga tegishli a_1 va a_2 nuqtalar grafikdan chapga chiqib ketadi; $a_5, a_4, a_3; a_5, a_4, a_3$ nuqtalar dvigatel mos momentlarini ifodo-lovchi a_5, a_4, a_3 nuqtalarni aylanishlarga gorizontaal ko'chirish bilan hosil qilinadi. 3.13- rasm, b da egri chiziq bilan abstsissa o'qi orasidagi shtrixlangan soha dvigatelning normal ishlash sohasini bildiradi.



Gidromuftaning dvigatel bilan birgalikda ishlashiga doir

Yuqoridagi rasmlarni o'zaro solishtirish natijasida quyidagi xulosalarga kelishi mumkin: gidromufta dvigatel ish sohasini kengaytiradi, turbina g'ildiragi to'xtatilganda ham dvigatel normal ishlaydi va xohlagancha kichik aylanishlarda turbina g'ildiragining ishlashi mumkin bo'ladi; harakatlanishida ($n_m = 0$) turbina g'ildiragi validagi moment dvigatelning maksimal momentidan uncha farq qilmaydi. Dvigatel-gidromufta sistemasining xarakteristikasini dvigatel xarakteristikasi bilan taqqoslash uchun 3.13-rasm, b da dvigatelning xarakteristikasidan foydalanamiz. Bunda a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 nuqtalar (3.13-rasm) $b_1 a_1; b_2 a_2; b_3 a_3; b_4 a_4; b_5 a_5$ vertikal-larga ko'chirilgan bo'lib, $a_5 a_5'', a_4 a_4'', a_3 a_3''$ kesmalar $M_m = f(n_m)$ egri chiziqlar va ular-ga tegishli vertikkallar orasidagi gorizontall masofalarga teng va turbina g'ildiragi-ning yo'qotgan aylanishlarini bildiradi. Bu aylanishlar sonini sirpanish aylanishlari deb ataladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$n_n = n_n - n_m \quad (20.34)$$

grafikning har bir nuqtasiga dvigatel-gidromufta sistemasining aniq bir rejimdagi ishi mos keladi. Shunday qilib, ordinatadagi kattalik turbina g'ildiragi momentini, abstsissadagi kattalik esa uning aylanishlar sonini bildiradi. Turbina g'ildiragi aylanishlar sonini dvigatel aylanishlar soniga bo'lsak, FIK teng bo'lgan uzatish nisbatga ega bo'lamiz.

Gidromufta ishini rostlash

Gidromuftaning ishini rostlash uch usul bilan amalga oshiriladi: 1) yetaklovchi val aylanishlari sonini o'zgartirish yo'li bilan; 2) gidromufta oqar qismining shaklini o'zgartirish yo'li bilan 3) ish bo'shlig'ini suyuqlik bilan to'ldirish darajasini o'zgartirish yo'li bilan. Dvigatelning yetaklovchi vali aylanishlari sonini o'zgartirish bilan rostlash usuli, asosan, transport va yuk ko'tarish mashinalarida qo'llaniladi. Bu usul bilan rostlash natijasida gidromufta valida unsha katta bo'lmagan qoldiq moment hosil bo'ladi, bu esa transport

mashinalari (avtomobillar, traktorlar) uchun katta ahamiyatga ega. Masalan, agar gidromufta validagi qoldiq moment harakatdagi avtomobil qarshiligidan kichik bo'lsa, u holda haydovchi dvigatelni o'chirmay faqat aylanishlar sonini kamaytirish bilan mashinani to'xtata oladi. Agar gidromuftada katta qoldiq momenti hosil bo'lsa, u holda avtomobilni to'xtatish uchun tormoz yoki ajratish qurilmasidan foydalanish kerak bo'ladi.

To'ldirish darajasi o'zgarmas bo'lganda gidromufta oqar qismining shaklini o'zgartirish yo'li bilan rostlash, shuningdek, texnik rostlash moment bo'yicha rostlash darajasi kichikligi sababli amalda qo'llanilmagan. Rostlash darajasi moment va tezlik bo'yicha farqlanadi.

Moment bo'yicha rostlash darajasi—yetaklovchi valning asosiy ish tartibidagi momentning turbina to'xtatilganda o'sha valning o'zidagi minimal momentga nisbati bilan o'lchanadi.

Tezlik bo'yicha rostlash darajasi yetaklovchi valning nominal aylanishlari sonining o'sha valning minimal aylanishlar soniga nisbati bilan o'lchanadi.

Ish bo'shlig'ini suyuqlik bilan to'ldirish darajasini o'zgartirish yo'li bilan rostlash gidromuftani rostlashning eng keng tarqalgan usuli hisoblanadi. Uni ba'zan suyuqlik orqali rostlash ham deb ataydilar. Rostlashning bu usulini kengroq ko'rib chiqamiz. U uch xil tarzda bajarilishi mumkin:

1. gidromuftaga kirishda suyuqlik oqimini rostlash;
2. gidromuftadan chiqishda suyuqlik oqimini rostlash;
3. gidromuftaga kirish va chiqishda suyuqlik oqimini rostlash.

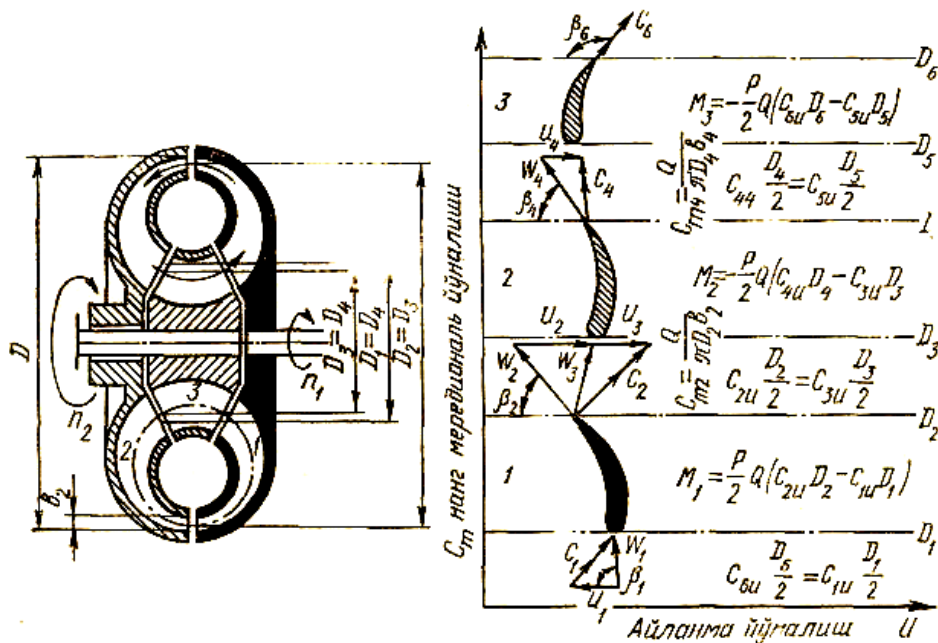
Suyuqlik orqali rostlashning har bir xili gidromuftaning ayrim-ayrim bo'g'irlarida bir nechta loyihaviy yechimlarga ega. Gidromufta ishini rostlash natijasida uni shunday epchil boshqarishga erishiladiki, gidromufta ikkilamchi valining aylanishlari sonini tez o'zgartirish va gidromufta bir tartibdan ikkinchi tartibga minimal vaqtda o'tishi mumkin bo'ladi hamda gidromuftaning turli tartiblardagi ishi barqaror bo'ladi. Agar biz gidromufta ish bo'shlig'ini suyuqlik bilan turli darajada to'ldirsak, bu bilan yetaklovchi valning aylanishlari sonini o'zgartirgan bo'lamiz (20.33-tenglamaga qarang). Lekin gidromufta ichida beqaror zonalar borligi uchun ko'pincha uni rostlash darajasi etarli bo'lmasligi mumkin. Masalan, suyuqlik oqimi bilan rostlashda gidromuftaga kirishdagi tartibni almashtirish uchun 2-3 minut vaqt ketadi. Bu katta kamchilik hisoblanadi. Hozir eng qulay hisoblangan gidromufta qo'shimcha hajmli va bosqichli gidromuftalaridir. Bularda oqim shaklining keskin o'zgarish hollari bo'lmaydi.

GIDRODINAMIK TRANSFORMATORLAR

Gidrotransformatorning vazifalari, guruhlanishi, tuzilishi va ishlash jarayoni

Burovchi momentni va yetaklanuvchi valning aylanishlari sonini yetaklovchi val aylanishlari soniga nisbatan o'zgartirish yo'li bilan quvvatni yetaklovchi valdan yetaklanuvchi valga uzatuvchi energetik mashina burovchi moment gidrotransformatori deb ataladi. Yetaklovchi va yetaklanuvchi vallari bir tomonga aylanuvchi gidrotransformatorlar to'g'ri yo'lli, qarama-qarshi tomonga aylanuvchilari esa teskari yo'lli gidrotransformatorlar deyiladi.

Gidrotransformatorning korpusi reaktor kuraklarida hosil bo'ladigan va korpus bilan bog'liq bo'lgan reaktiv momentni qabul qiluvchi tashqi tayanchga ega. Bunday transformatorlar bir bosqichli nasos bir, ikki va uch bosqichli turbina bilan hamda bir yoki bir nechta reaktor, uch, to'rt va ko'p bosqichli turbina bilan birga ishlaydigan qilib qurilishi mumkin. Bularning eng soddasi uch g'ildirakli gidrotransformatoridir (3.14-rasm). Bu gidrotransformatorda dvigatel yordamida harakatga keltiriladigan va anchagina kichik burchak tezlik bilan aylanadigan nasos g'ildiragi ish suyuqligini turbina 2 ga yo'naltiradi. Energiyasini turbinaga bergan suyuqlik qo'zg'almas kurakli reaktor Z orqali nasosga qaytadi. Reaktorning qo'zg'almas kuraklari nasos va turbina orasidagi suyuqlikning harakat miqdori momentini o'zgartiradi. Natijada turbinaning aylanish momenti va burchak tezligi mos ravishda o'zgaradi.



Gidrotransformator

Gidrotransformator ish bo'shlig'ida reaktorning mavjudligi tufayli turbinaning burchak tezligi uning valiga yuklangan moment kattaligiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Shunday qilib, gidrotransformatorda nasos hosil qilgan suyuqlik oqimi

turbina va reaktor kuraklaridan ketma-ket o'ta borib, turbinani o'zgaruvchan burovchi moment yordamida nasos bilan bir tomonga aylantiradi.

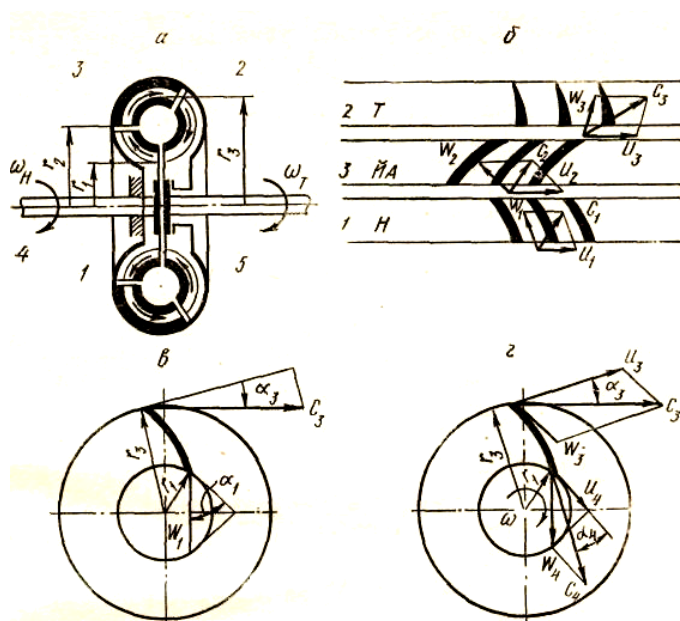
Gidrotransformatorning ishini nasos g'ildiragining aylanishlari o'zgaras bo'lganda uyurma aylanadagi suyuqlik sarfi o'zgaras deb faraz qilib ko'rib chiqamiz. Haqiqatda esa, sarf uzatish nisbatining kichrayishi bilan oz bo'lsa ham o'sib boradi. Biroq, sarfning bu o'zgarishi gidrotransformator ishiga uncha ta'sir ko'rsatmaydi.

Sarf o'zgaras bo'lganda reaktor kuraklari qo'zg'almas bo'lgani sababli nasos g'ildiragiga kelayotgan oqimning kattaligi va yo'nalishi o'zgarmaydi. Shuning uchun turbina g'ildiragi ish tartibining o'zgarishi bilan nasos g'ildiragiga kirishdagi tezlik uchburchagi o'zgarmay qoladi. Bu sharoitda $Q = const$ va $n_n = const$ nasos g'ildiragidan chiqishdagi tezlik uchburchagi ham o'zgarmay qoladi. Shuning uchun turbina g'ildiragining hamma tarkiblarida nasos g'ildiragidagi moment o'zgarmasdir.

Asosiy parametrlar, tenglamalar va ularning mohiyati

M_n, M_m, η, n_n, n_m kattaliklar va transformasiya koeffitsiyenti K gidrodinamik transformatorning ishini xarakterlaydigan asosiy parametrlardir.

Shuni aytib o'tish kerakki, gidrodinamik transformatorlarning hisoblash tenglamalari gidrodinamik muftalarni hisoblash tenglamalarining xuddi o'zi, lekin ular moment o'zgarishining boshqa miqdor va boshqa qonunlarga bo'ysunishi bilan farqlanadi. 3.15-rasmda gidrotransformatorning sxemasi berilgan. Sxemada quyidagi belgilashlar kiritilgan: 1-nasos g'ildiragi; 2-turbina g'ildiragi; 3-yo'naltiruvchi apparat; 4 – ω_n burchak tezlik bilan aylanadigan nasos g'ildiragining vali 5 – ω_m burchak tezlik bilan aylanadigan turbina g'ildiragining vali.



Gidrotransformatorning kengaytirilgan sxemasi

Yo'naltiruvchi apparat gidrotransformatorga qo'zg'almaydigan qilib mahkamlangan va undan chiqadigan c_2 tezlik kurak bo'ylab yo'naltirilgan (3,15- rasm, a, v, b). 3.15-rasm, b da kuraklarning joylashish sxemasi va nasos g'ildiragi 1(H) yo'naltiruvchi apparat 3(YA) va turbina g'ildiragi 2(T) dagi tezliklar parallelogrami berilgan.

Nasos g'ildiragidagi moment M_n turbina g'ildiragidagi M_m va yo'naltiruvchi apparat g'ildiragidagi M_{YA} dagi momentlarning ayirmasiga teng. Turbina g'ildiragidagi moment esa nasos g'ildiragi va yo'naltiruvchi apparat momentlarining yig'indisiga teng:

$$\begin{aligned} M_n &= M_m - M_{YA} \\ M_m &= M_n + M_{YA} \end{aligned} \quad (21.1)$$

(21.1) tenglama gidrotransformator g'ildiraklari aylanishining gidravlik momentlar muvozanatini ifodalaydi. Nasos g'ildiragidagi moment gidromuftadagi kabi quyidagiga teng bo'ladi:

$$M_n = \frac{\gamma Q}{g} (c_2 r_2 \cos \alpha_2 - c_1 r_1 \cos \alpha_1), \quad (21.2)$$

3.15-rasm, v, g larda turbina g'ildiragidagi suyuqlik zarrachalarining harakat tezligi ko'rsatilgan. Turbina g'ildiragidagi moment quyidagiga teng bo'ladi:

$$M_m = \frac{\gamma Q}{g} (c_3 r_3 \cos \alpha_3 - c_1 r_1 \cos \alpha_1). \quad (21.3)$$

Shuningdek, yo'naltiruvchi apparat momenti quyidagiga teng:

$$M_{YA} = \frac{\gamma Q}{g} (c_3 r_3 \cos \alpha_3 - c_2 r_2 \cos \alpha_2) \quad (21.4)$$

Yo'naltiruvchi apparatning tegishli ish sharoitida, turbina validagi moment nasos validagi momentdan katta bo'ladi.

Burovchi momentni ko'proq uzatish uchun gidrotransformator turbinasidagi kuraklar kaltaroq, juda egilgan va katta diametr aylanisida joylashtirilgan bo'lishi kerak. Turbina g'ildiragi kuraklarini shunday egish mumkinki, unda $c_4 \cos \alpha_4$ vektor ga teskari tomonga yo'nalgan bo'ladi. Shunga o'xshash hodisa nasos g'ildiragida ham bo'ladi. Turbina vali momentining nasos vali momentiga nisbati gidrotransformatorning transformasiya koeffitsiyenti deyiladi va quyidagicha yoziladi:

$$K = \frac{M_m}{M_n}$$

Gidrotransformatorning transformasiya koeffitsiyenti $w_n = \text{const}$ bo'lganda w_m ning o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Gidrotransformatorning turiga qarab transformasiya koeffitsiyenti 2 ÷ 6,5 orasida bo'ladi.

Gidrotransformatorning foydali ish koeffitsiyenti quyidagicha hisoblanadi:

$$\eta = \frac{N_m}{N_n} = \frac{M_m \cdot n_m}{M_n \cdot n_n} = \frac{K}{i} \quad (21.5)$$

bunda i – uzatish soni $\left(i = \frac{n_n}{n_m} \right)$; N_n va N_m – mos ravishda nasos va turbina g'ildiraklarining quvvati.

Gidrotransformatorning asosiy o'lchamlari gidromufta uchun berilgan (3.5-§) formulalar bilan aniqlanadi, shuning uchun ularga to'xtalmaymiz.

Gidrotransformatorlarda energiyani yo'qotilishi

Gidrotransformatorni hisoblash tenglamalari aylanishlar soni n_n ning anchagina miqdorga o'zgarishida ham o'rinli bo'lishiga qaramasdan, i ning o'zgarmas qiymatida n_n ning kamayishi FIK ning kamayishiga sabab bo'ladi. Bu mexanik yo'qotishning hissasi ortishiga bog'liq. Ishqalanish momenti aylanishlarga ham bog'liq, lekin momentning gidravlik yo'qotish hisobiga kamayishi aylanishlar sonining kvadratiga proporsional. Shuning uchun katta aylanishlarda mexanik yo'qotishning umumiy yo'qotish balansiga ta'siri katta emas. Kichik aylanishlarda esa mexanik yo'qotish momentining nisbiy kattaigi so'zsiz ortadi.

Aylanishlar soni n_n ko'p ortganda ba'zan, kavitatsiya hodisasi paydo bo'lishi sababli FIK kichiklashib ketishi mumkin.

Gidrotransformatorlarning ba'zi turlarida yo'qotishlarning o'rtacha kattaligi quyidagicha bo'ladi.

Gidravlik va ventilyasion yo'qotishlar:

nasos g'ildiragida 3,5-4,5%;

turbina g'ildiragida-2,5-3,5%;

hajmiy yo'qotish-2,5-3,5%;

qolgan ko'rinishdagi yo'qotishlar-2,5-3,5%;

to'liq yo'qotish-11,0-15,0%.

Gidrotransformator optimal ishlaganda yo'qotilgan energiyani quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$h_{opt} = \xi_{opt} \frac{w_{opt}^2}{2g}, \quad (21.6)$$

bu yerda h_{opt} – optimal ish tartibida yo'qotilgan bosim; ξ_{opt} – gidrotransformatorning optimal ish tartibida yo'qotish koeffitsiyenti; w_{opt} – optimal tartibdagi hisoblangan nisbiy tezlik.

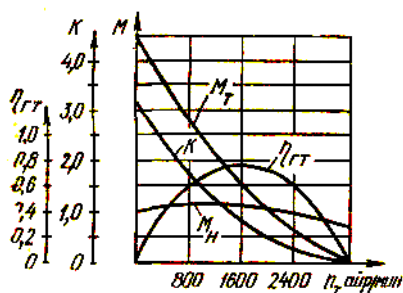
Optimaldan farqli ish tartibida ortiqcha yo'qotilgan bosim suyuqlikning bir nasosdan boshqasiga o'tishida oqim yo'nalishi bilan kirishdagi kurak qirralarining mos kelmasligi natijasida paydo bo'ladi. U quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$h_{zar} = \xi_{zar} \frac{w_n^2}{2g} \quad (21.7)$$

bu yerda h_{zar} – oqimning optimaldan chetga chiqishi natijasida zarbaga yo'qotilgan sarf; ξ_{zar} – gidrotransformatorlarda zarbaga yo'qotish koeffitsiyenti; w_n – oqim nisbiy tezliklari geometrik farqining proyeksiyasi.

Turli gidrotransformatorlarning tashqi xarakteristikalari

Gidrotransformatorning tashqi xarakteristikasi 3.16-rasmda, universal xarakteristikasi 3.17-rasmda keltirilgan.



Gidrotransformatorning tashqi xarakteristikasi

Gidrotransformatorning tashqi xarakteristikasi, nasos g'ildiragining nominal aylanishlari soni o'zgarmas bo'lganda, nasos va turbina g'ildiraklari burovchi momentlari va FIK ning turbina g'ildiragi aylanishlari soniga bog'liqlik grafiklaridan iborat.

Tashqi xarakteristikani ba'zan transformatsiya koeffitsiyenti bilan to'ldiriladi:

$$K = \frac{M_m}{M_n} = f(i) \quad (21.8)$$

Gidrotransformatorning tashqi xarakteristikasini qurish uchun ishonchli qiymatlar-ni faqat gidrotransformatorni sinash yo'li bilan olish mumkin. Xarakteristikadan ko'rinadiki, gidrotransformator dvigatelning o'zgarmas yuklanishini (M_n grafigi gorizontaal chiziqdan iborat) va moment (M_m chizig'i) ning avtomatik ortishini ta'minlaydi. Bu ish organida zo'riqishni oshirish (aylanish soni n_m ni mos ravishda pasaytirish) vaqtida bo'ladi:

Odatda,

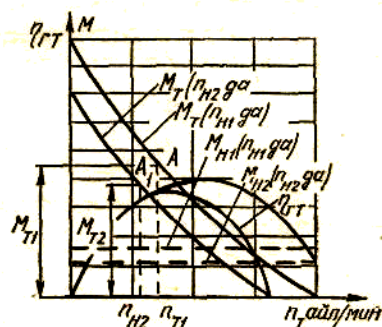
$$K = \frac{M_{\max}}{M_n} < 6$$

bu yerda M_m – turbina g'ildiragidagi (yetaklanuvchi valdagi) burovchi moment; M_n – nasos g'ildiragidagi (yetaklovchi valsagi) burovchi momenti. Yetaklovchi valda aylanish tezligining kamayishi bilan momentning ortishi aylanish yo'qligida turbina kuraklari oqimga eng qulay joylashuvi va bunda burovchi momentning eng kattaligi bilan tushuntiriladi.

Nasos momentining uzatish soni i ortishi bilan o'zgarishi xarakteristikaning „shaffofligi“ deyiladi. Agar i ortishi bilan u ortsa, xarakteristika „shaffof“, aksincha kamaysa, xarakteristika „shaffof emas“ deyiladi. Eslatib o'tish kerakki, gidromuftaning maksimal FIK 0,98 ga yetganda gidrotransformatorning maksimal FIK 0,85 ga teng bo'ladi.

Gidrotransformatorning universal xarakteristikasi ikki xil ko'rinishda bo'lishi mumkin. Universal xarakteristikaning birinchi ko'rinishida nasos g'ildiragi aylanishlari sonining bir qancha o'zgarmas qiymatlariga to'g'ri kelgan tashqi xarakteristikalar bitta grafikda joylashtirilgan bo'ladi.

Universal xarakteristikadan ko'rinadiki, turbina g'ildiraklari momentlari nisbati nasos g'ildiragi aylanishlari soni kvadratlariga proporsional bo'ladi:



Gidrotransformatorning universal xarakteristikasi

$$\frac{M_{m2}}{M_{m1}} = \frac{n_{n2}^2}{n_{n1}^2} \text{ yoki } M_{m2} = M_{m1} \left(\frac{n_{n2}}{n_{n1}} \right)^2. \quad (21.9)$$

Turbina g'ildiragi aylanishlari sonini FIK tengligidan topish mumkin

$$\eta_{g.t.1} = \eta_{g.t.2}$$

ya'ni

$$\eta_{g.t.1} = \frac{M_{m1} n_{m1}}{M_{n1} n_{n1}} \quad \eta_{g.t.2} = \frac{M_{m2} n_{m2}}{M_{n2} n_{n2}}$$

bundan

$$\frac{M_{m1} n_{m1}}{M_{n1} n_{n1}} = \frac{M_{m2} n_{m2}}{M_{n2} n_{n2}} \quad (21.10)$$

M_{n1} ning n_{n1} ga tegishli va M_{n2} ning n_{n2} ga tegishli qiymatlarini (21.10) tenglamaga qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$n_{m2} = n_{m1} \cdot \frac{n_{n2}}{n_{n1}}. \quad (21.11)$$

Topilgan n_{m2} dan M_{m2} momentni topamiz va xarakteristika grafigiga joylashtiramiz (3.17-rasmdagi A_1 nuqta). Agar turbina g'ildiragining aylanishlari soni n_{m1} bo'lganda nasos g'ildiragining burovchi momenti M_{n1} nasos g'ildiragining n_{n1} aylanishlari soniga mos bo'lsa, u holda turbina g'ildiragining aylanishlari soni n_{m2} bo'lganda nasos g'ildiragining M_{n2} momenti nasos g'ildiragining n_{n2} aylanishlari soniga mos keladi va quyidagi munosabatdan topiladi:

$$\frac{M_{n2}}{M_{n1}} = \left(\frac{n_{n2}}{n_{n1}} \right)^2, \quad (21.12)$$

bundan

$$M_{n2} = M_{n1} \left(\frac{n_{n2}}{n_{n1}} \right)^2$$

Ma'lum burovchi moment va aylanishlar sonidan gidrotransformatorning FIK quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\eta_{m2} = \frac{M_{m1} n_{m1}}{M_{m2} n_{m2}}; \quad (21.13)$$

Shu yo'l bilan qurilgan universal xarakteristika 3.18-rasmda keltirilgan, bunda 1÷6 lar nasos aylanishlari sonining 4000; 1800; 1600; 1400; 1200; 1000 qiymatlariga mos ravishda qurilgan.

Universal xarakteristikaning ikkinchi ko'rinishi gidrotransformatorning keltirilgan xarakteristikasi asosida quriladi. Buning uchun nasos g'ildiragining aylanish soni $n_n = \text{const}$ tanlab olinadi va i ning bir qancha qiymatlari va unga tegishli $n_2 = i n_1$ lar olinadi. Keltirilgan xarakteristikadan foydalanib quyidagilar hisoblanadi:

$$M_1 = \lambda_M \gamma D^5 n_1 = M \lambda_M \quad (21.14)$$

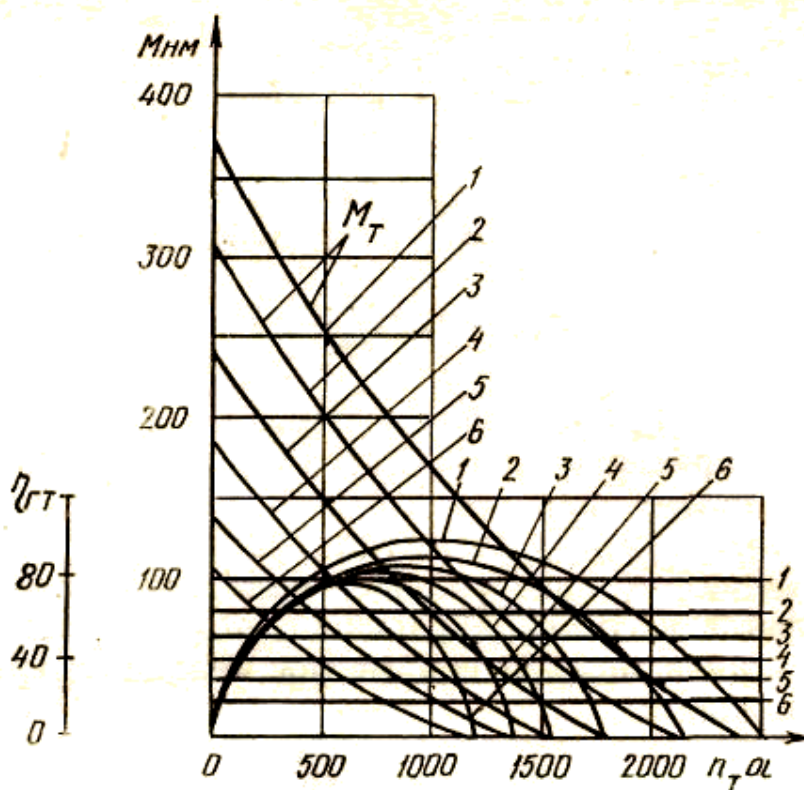
$$M_2 = K M_1, \quad (21.15)$$

$$\eta = f(i) = f(n_2) \quad (21.16)$$

bu yerda λ_{M_1} – nasos yoki turbina momentining proporsionallik koeffitsiyenti.

(21.14) va (21.15) tenglamalardan foydalanib turbina g'ildiragining aylanishlari soniga bog'liq ravishda M_1 va M_2 egri chiziqlar quriladi. Xuddi shu usul

bilan nasos g'ildiragi $n = an$ aylanishlari sonining boshqa qiymatlari uchun egri chiziqlar quriladi (bunda a ning qiymatlari $a = 0,9; 0,8; 0,7$ va hokazo olinadi) va universal xarakteristika hosil qilinadi.



Nasos aylanishlar sonining oltilta qiymatiga moslab qurilgan universal xarakteristika

Gidrotransformator uchun o'xshashlik formulalari va ularning qo'llanishi.

O'xshashlik formulalari o'xshashlik nazariyasining natijasi bo'lib, gidrotransformatorni loyihalashda va tajribalarda katta amaliy ahamiyatga ega. Ularning hammasi parrakli gidromashinalarning o'xshashlik qonunlarini qo'llashga asoslangan va „Nasoslarning o'xshashlik nazariyasi asoslari“ bo'limida ko'riladi. O'xshashlik prinsiplari (modellashtirish) model sifatida qabul qilingan va nisbiy ish parametrlari k, i, η ga mos keluvchi parrakli sistemaning o'lchamlari va tajriba xarakteristikalarini ma'lum bo'lganda boshqa parrakli sistema ushun u_n, M_m, n_n, n_m larning berilgan qiymatlarni qanoatlantiruvchi o'lchamlari va xarakteristikalarini aniqlashga imkon beradi. Bu $n = const$ bo'lganda kerakli gidrouzatmaning tajriba xarakteristikalarini hisoblashga imkon beradi. Shuningdek, modellashtirish gidrouzatmani sinashda va parrakli sistemalarni yaratishda tajriba ishlarining hajmini keskin kamaytiradi. Ikki ish tartibi o'xshashlik qonunlariga muvofiq geometrik o'xshash parrakli g'ildiraklar chekkalarida tezlik uchburchagi o'xshash bo'ladi.

Yuqorida aytilganlardan, ish tartiblari o'xshashlik shartining tashqi belgisi uzatma nisbati i ning o'zgarmasligidir. Bundan ko'rinadiki, parrakli g'ildirakka

oqim tomondan qo'yilgan moment ish suyuqligi zichligiga, ω burchak tezligining kvadratiga va g'ildirak o'lchami D ning beshinchi darajasiga proporsionaldir:

$$M = \rho \omega^2 D^5 \quad (21.17)$$

(21.17) munosabatni parrakli g'ildirak momentining proporsionalligi deb ataladi. Gidrouzatma uchun yetaklovchi val aylanishlar shastotasi–aylanishlarning xarakterli soni n_n sifatida qabul qilinadi, xarakterli o'lchamlar uchun ish bo'shlig'ining eng katta diametri olinadi. (21.17) ifodaga muvofiq shunga o'xshash gidrouzatma uchun $i = \text{const}$ tartibida ishlaganda

$$\frac{M_n}{\rho \omega^2 D^5} = \lambda \text{ va } \frac{M_m}{\rho \omega^2 D^5} = K \lambda_n = \lambda_m \quad (21.18)$$

nisbatlar o'zgarmas bo'lishi kerak.

(21.18) ga muvofiq bunday tartiblarda $K = \frac{M_m}{M_n} = \frac{\lambda_m}{\lambda_n}$ va $\eta = Ki$ qiymatlari bir

xildir $i = \text{const}$ qiymatlarni momentlarning koeffisiyentlari deb ataymiz Gidrouzatmalarni sinash yo'li bilan, $i = \text{const}$ bo'lganda, momentlarning qiymatlari kvadrat parabolalar bo'yicha joylanishiga ishonch hosil qilish mumkin:

$$M_n = \lambda_n \rho \omega_n^2 D^5 = c_n n_n^2, \quad (21.19)$$

$$M_m = K \lambda_n \rho \omega_n^2 D^5 = c_m n_m^2 \quad (21.20)$$

Bu ish tartibida esa FIK taxminan o'zgarmas bo'ladi. Bu esa (21.18) munosabatning o'zgarmasligini tasdiqlaydi. Ba'zi proporsionallik shartidan chetga chiqish hollari bo'lib, ular quyidagilar:

1) Gidrouzatmalardagi oqimlar uchun Re sonlarining farq qilishi, gidrouzatma uchun

$$Re = \frac{\omega_n D^2}{\nu}. \quad (21.21)$$

Gidravlik qarshilik koeffisiyentlari, ayniqsa, ishqalanish, Re sonining oshishi bilan kamayadi va birorta limitga intiladi. Shuning uchun gidrouzatma n_n yoki D_n kamayishi bilan, shuningdek suyuqlik qovushoqligi ν ning o'sishi bilan, $i = \text{const}$ bo'lganda, moment koeffisiyenti λ kamayadi. Bu esa gidrotransformatorda uzatish momentining pasayishiga, ya'ni K va η laring kamayishiga olib keladi.

2) Oqar qismning silliqmaslik miqdori bilan zichlagich tirqishlarining o'lchamlari orasidagi mutanosiblikka rioya qilinmaslik bilan ifodalanuvshi masshtab faktorlarining ta'siri silliqmaslik va D nisbatida ko'rinadi. D ning o'lchami kamayishi bilan nisbiy silliqmaslik ortadi va ishqalanishga ketadigan sarf kattalashadi. Bundan tashqari, tirqishlarni zichlagich nisbiy o'lchami ortadi va oqib ketish sarfining ulushi ortadi. Turbina gildiragi parraklar sistemasini oqib o'tuvchi oqim energiyasi, oqib ketish natijasida, kamayadi. Har ikkala masshtab faktorlari ($i = \text{const}$ bo'lganda) oqimning kinematik o'xshashligini bo'ladi va kichik gidrouzatmaning xarakteristikasini kattasinikiga qaraganda yanada yomonlashtiradi.

3. Gidrouzatma uzatadigan momentlar uchun, podshipnik va zichlagichlarda ishqalanish sababli, (21.17) proporsionallik shartining bajarilmasligi. Proporsionallik shartining buzilishiga sabab n_n va D kamayishi va ν qovushoqlikning kattalashishi bilan oqim hosil qilgan ishqalanish momenti M_n momentga nisbati o'sib boradi. Bunday sharoitda xarakteristikani qayta hisoblashda aniqlik buziladi.

Gidrotrasformatorlarning dvigatellar bilan birgalikda ishlashi

Gidrotransformatorlar o'zgaruvchan tok elektrodvigateLLari, gaz turbinalari, karbyuratorli va dizelli ichki yonuv dvigateLLari bilan birgalikda ishlatiladi. Agregatning gidrotransformator bilan birgalikda ishlashining xarakteristikasini qurish uchun dvigatel, gidrotransformator va ijrochi mashinaning xarakteristikalari mavjud bo'lishi zarurdir. Biror dvigatelnining gidrotransformator bilan birgalikdagi ishlashining xarakteristikasini olish uchun dvigatel xarakteristikasini gidrotransformator nasosi g'ildiragining xarakteristikasi bilan birlashtiriladi. Bu xarakteristikalarning kesishish nuqtalari ularning birgalikdagi ishini ifodaladi DvigateL-gidrotransformator agregatining tashqi xarakteristikasini va ijrochi mashinaning xarakteristikasini bilgan holda bu mashinaning harakat qonunini topish mumkin. Gidrotransformatorlar, M_n nasos va M_m turbina g'ildiraklarining momentlarini aniqlash formulalari yordamida, xarakteristika bo'yicha tanlab olinadi.

Birgalikdagi xarakteristikalarni o'rganish va gidrotransformatorlarni turli dvigateLLar bilan qo'llash tajribasi quyidagilarni ko'rsatadi:

1. Katta „shaffoflik“ xarakteristikasiga ega bo'lgan gidrotransformatorlarning karbyuratorli ichki yonuv dvigateLi bilan ishlashida eng yaxshisi dvigatel quvvatidan foydalanishdir;

2. Kichik „shaffoflik“ xarakteristikali gidrotransformatorlarning dizel bilan birga ishlashi qulay;

3. Rostlanmaydigan o'zgaruvchan tok elektr dvigateLi bilan ishlaganda „shaffofmas“ xarakteristikali gidrotransformatorlardan foydalanish qulay.

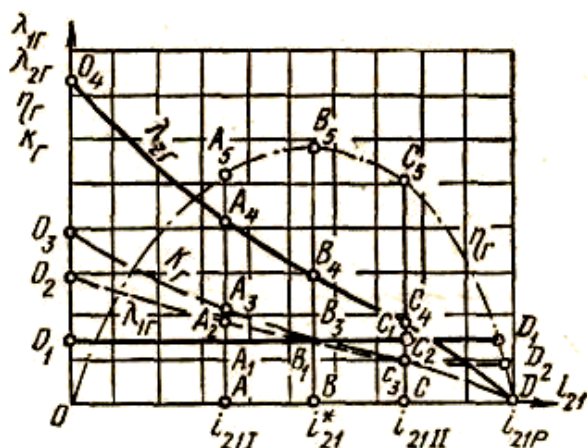
Gidrotransformatorning ichki yonuv dvigateLi bilan birgalikda ishlashini ko'rib chiqamiz. Gidrotransformatorning xarakteristikasi $\lambda_{1g}(O_1D_2)$ va $\lambda_{2g}(O_2D)$ ko'rinishda 3.19-rasmda ko'rsatilgan. Gidrodinamik transformator “shaffofmas” yoki ma'lum darajada “shaffof” xarakteristikaga ega bo'lishiga qarab masala har xil ko'riladi. Shaffoflik darajasining ta'sirini aniqlash uchun aktivlik diametri D , FIK η va transformasiya koeffitsiyenti K ning o'zgarishi qonunida moment koeffitsiyenti (O_2B_1D punktir chiziq) λ_{1g} ning esa boshqa o'zgarish qonuniyatida FIK ning maksimal tuzumida o'sha (BB_1) kattalikka λ_{1g} mos bo'lgan holda ikkinchi gidrotransformatorning ishini ham ko'rib chiqamiz.

DvigateL xarakteristikasi 3.20-rasm, a da ko'rsatilgan: tutash chiziq–yonilg'i to'la berilganda (tashqi xarakteristika) shtrix–punktir chiziq esa yonilg'i qisman berilganda (to'liqmas xarakteristikalar).

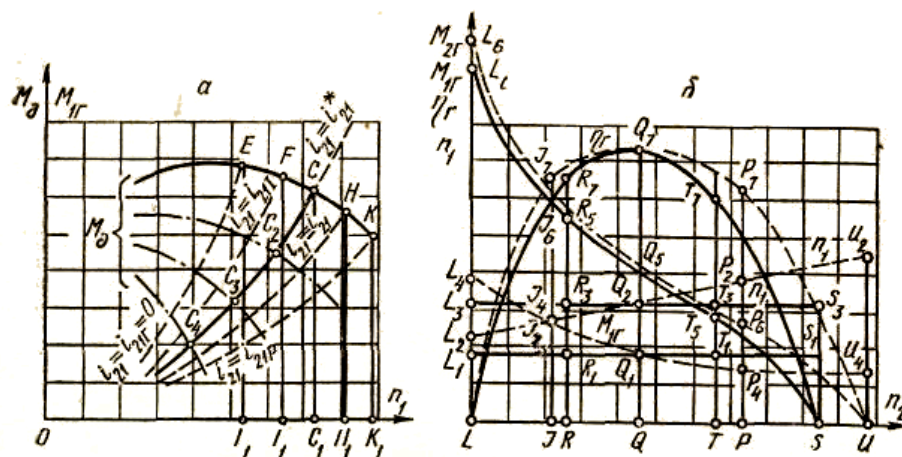
(21.14) tenglamaga o'xshash tenglamadan foydalanib:

$$M_{1g} = \lambda_{1g} \nu n_1 D^5 \quad (21.22)$$

aylanishlar soni n_1 har xil bo'lganda, nasos g'ildiragi dvigateLdan olgan momenti M_{1g} ni hisoblash mumkin. Bu momentni tasvirlovchi grafik 3.20-rasm, a da parabola ko'rinishida tutash chiziq bilan ko'rsatilgan.



Gidrotransformator xarakteristikasining ko`rinishda berilishi



Dvigatel xarakteristikasi va kirish xarakteristikasi

C nuqtaning koordinatalari, yuklanishining demakki turbina g'ildiragi aylanishlar sonining ixtiyoriy o'zgarishida o'zgarmaydigan, uning aylanishlar soni ($n_d = n_1 = OC_1$) ni va dvigateldan olinadigan moment ($M_d = M_{1s} = CC_1$) ni aniqlaydi.

Dvigatel to'liqmas xarakteristikalarda ishlaganda mos ravishda uchragan c_2 , c_3 , va c_4 nuqtalar o'zlarining koordinatalari bilan dvigatelning yuklovchi momentini va aylanishlar sonini aniqlaydi. Demak, dvigatelning hamma xarakteristikalari maydonidan c_4C_1 parabolada yotgan nuqtalarignia ishlatiladi va ular uchun yoqilg'ining solishtirma sarfi mumkin qadar kam bo'lishiga erishish uchun harakat qilish kerak. Ulardan tashqari, dvigatel xarakteristikasini yuklash zonasi qat'iy reglamentasiya qilinganda gidrodinamik transformator boshqarish dvigatelining moslovchisi ham bo'ladi. 3.20-shakl, b da gidrodinamik transformator nasos g'ildiragining ichki yonuv dvigateli bilan birgalikdagi ishining xarakteristikasi tasvirlangan bo'lib, u qirish xarakteristikasi deb ataladi. Turbina g'ildiragining aylanishlari soni har xil bo'lganda kirish xarakteristikasi, ya'ni M_{2g} , M_{1g} , η va K_g har xil uzatish nisbatlari i uchun hisoblanadi. Shunday uzatish nisbatlaridan birini ko'rib chiqamiz: $i_{21} = OA = i_{211}$. Buning uchun 3.19-rasmdan $K_g = AA_3$ va $\eta_g = AA_5$ larni topish mumkin. 3.20-rasm, a dan esa bu uzatish nisbati uchun $n_1 = OC_1$ va

$M_{1g} = C_1 C$ larni topamiz. $i_{21} = n_{2/n_1}$, tenglamadan turbina g'ildiragi aylanishlari soni aniqlanadi: $n_{21} = i_{21} n_{21}$, bu esa tanlab olingan masshtabda $M_{1g}, n_1, -M_{2g} = K_2 M_{1g}$ va η_2 qiymatlarni R_1, R_3 va R_5 nuqtalar bilan qayd qilishga imkon beradi.

Bir qancha uzatish nisbatlari uchun shunga o'xshash ish bajarsak, $M_{1g}, -M_{2g}, \eta_2$ va n_1 larni mos ravishda ifodalovchi $L, R, Q, T, S; L_5, R_5, Q_5, T_5, S; L, R_7, Q_7, T_7, S$ va L_3, R_3, Q_2, T_3, S_3 xarakteristikalarini hosil qilamiz.

Dvigatel to'liqmas xarakteristikalarda ishlaganda ham chiqish xarakteristikalari shu usul bilan quriladi, faqat bu hol uchun $n_1 = OC_1$ va $M_{1g} = C_1 C$ kesmalar o'rniga C_2, C_3 va C_4 nuqtalarning mos keluvchi koordinatalaridan foydalaniladi. Gidrodinamik transformatorga ega bo'lgan mashinalarning hisobi shu usul bilan olingan chiqish xarakteristikalari yordamida bajariladi. Biror shaffoflikka ega bo'lgan gidrodinamik transformator ishlaganda kirish xarakteristikasi boshqacha olinadi. Qator uzatish nisbatlarini berish bilan har biri uchun o'z momenti λ_{1g} ning qiymati olinadi. Demak, $i_{21} = i_{21r} = 0$ uchun $\lambda_{1g,t} = OO_2$ (3,19-rasmga qarang); $i_{21} = i_{211}$ uchun $\lambda_{1gt} = AA_2$; $i_{21} = i_{21}^*$ uchun $\lambda_{1g}^* = BB$; $i_{21} = i_{211}$ uchun $\lambda_{1g11} = CC_2$ va tezlatish tartibi $i_{21} + i_{21p}$ uchun $\lambda_{1gp} = DD_2$. Shuning uchun har bir uzatish nisbati uchun o'zining yuklanish parabolasini bo'ladi va u kirish xarakteristikasi bo'yicha hisoblanadi. Dvigatel tashqi xarakteristikasi bilan yuklanish parabolasining kesishish nuqtalari o'z koordinatalari (3.20-rasm *a* ga qarang, E, F, C, H va K nuqtalar) yordamida nasos g'ildiragi aylanishlari soni n_1 va nasos g'ildiragiga tashqi yuklanish momentlari aniqlanadi. Dvigatel xarakteristikasining ish qismi parabolalar bog'lamini chizish bilan aniqlanadi va aynan shu qismda yoqilg'ining eng kam solishtirma sarfiga ega bo'ladi. Chiqish xarakteristikasida har bir tanlab olingan uzatish nisbatiga tegishli nuqtalar ko'riladi, bunda „shaffofmas“ xarakteristikali transformatoridan farqli ravishda har bir uzatish nisbati uchun o'zining $M_{1g} = M$ va $n_1 = n_d$ qiymatlari bo'ladi.

Uzatish nisbati $i_{21} = i_{211}$ uchun yuklanish momenti $E_1 E = M_{1d}$ va mos ravishda nasos g'ildiragi aylanishlari sonining qiymati, $OE_1 = n_1$ kesmalari asosida kirish xarakteristikasi quriladi.

Turbina g'ildiragining aylanishlari soni $n_{21}^1 = i_{21} n_{11} = i_{21} OE_1$ $LJ = n_{21}^1$ ko'rinishdagi kesma bilan ifodalanadi, so'ngra J_2, J_4, J_6 va J_7 (3.20- rasm, *v* da J_2 va J_3 nuqtalar ustma-ust tushgan). Nuqtalar yordamida 3.19 va 3.20-rasm, *a* lardan olingan mos kesmalar bo'yicha $n_1 = OE_1$, $M_{1g} = E_1 E - M_{2g}$, $K_g M_{1g}$ va η_g miqdorlar aniqlanadi. Bir qancha uzatish nisbati uchun shunga o'xshash qursak, $M_{1g} - M_{2g}$, η_g va η_1 larni mos ravishda tasvirlovchi chiqish xarakteristikasini punktir egri chiziqlar $L_4 J_4 Q_4 P_4 U_4$; $L_6 J_6 Q_5 P_6 U_6$; $LJ_7 Q_7 U$ va $L_2 J_2 Q_2 P_2 U_2$ ko'rinishda olamiz. Shaffof xarakteristikali gidrodinamik transformator turbina g'ildiragi valida katta aylanishlar sonini olishga imkon beradi, demak, mashina tezligi katta bo'ladi. Bunday gidrotransformator FIK ni kichik va katta tezliklarda, so'zsiz oshiradi va nihoyat, dvigateling momenti va aylanishlari imkoniyatidan to'la foydalanish hisobiga hamda turbina g'ildiragi validagi moment absolyut miqdorining kattalashuvi hisobiga tortish xarakteristikasi yaxshilanadi.

Gidrotransformatorning dvigatel bilan birgalikda ishlashi to'rtta har xil tartiblarga bo'linishi mumkin. Ular bir-biridan gidrotransformatorning xossalarini ifodalovchi bir necha prinsipial xususiyatlari bilan farq qiladi.

Agar nazariy holni ko'rsak, ya'ni mexanik energiya sarf bo'lmasa, unda quyidagilar bo'lishi mumkin.

1. $i = 1$; $M_T = M_n$; $M_R = 0$ bo'lgan tartib. Reaktorda moment bo'lmaydi, transformasiya koeffitsiyenti $\frac{M_T}{M_n} = 1$.

2. $i < 1$; $M_T > M_n$; $M_R < 0$ bo'lgan tartib. Reaktorga manfiy moment ta'sir qiladi, buning hisobiga reaktor turbina aylanishiga teskari yo'nalish bilan aylanishga harakat qiladi. Biroq bunda unga mashina korpusi yoki erkin yurish mexanizmi bilan bo'lgan qattiq bog'lanish qarshilik qiladi. Gidrotransformator $\frac{M_T}{M_n} > 1$ munosabat bilan momentni uzatadi.

3. $i > 1$; $M_T < M_n$; $M_R > 0$ bo'lgan tartib. Erkin yurish mexanizmi yo'q. Reaktorga musbat moment ta'sir qiladi, buning natijasida reaktor turbina qaysi yo'nalishda aylansa, o'sha yo'nalishda aylanishga harakat qiladi. Biroq, bunda unga mashina korpusi bilan bo'lgan qattiq bog'lanish qarshilik qiladi. Gidrotransformator $\frac{M_T}{M_n} < 1$ munosabat bilan momentni uzatadi.

4. $i > 1$; $M_T = M_n$; $M_R = 0$ bo'lgan tartib. Reaktor erkin yurish mexanizmiga o'rnatilgan. Reaktor musbat moment ta'sirida turbina yo'nalishida va taxminan o'sha aylanishlar soni bilan aylanadi. Gidrotransformator gidromufta tartibiga o'tadi va $\frac{M_T}{M_n} = 1$ munosabatli moment uzatadi.

Kompleks gidrotransformatorlar

Gidrotransformatorga o'xshab ham, gidromuftaga o'xshab ham ishlay oladigan va biridan ikkinchisiga avtomatik ravishda o'tadigan uzatmalar kompleks uzatmalar deb ataladi.

3.21-rasmda ko'rsatilgan uch g'ildirakli gidrotransformator asosida ko'rilgan kompleks gidrouzatma ishining xususiyatlarini ko'rib chiqamiz. 3.22-rasmda shu gidrouzatmaning xarakteristikasi ko'rsatilgan.

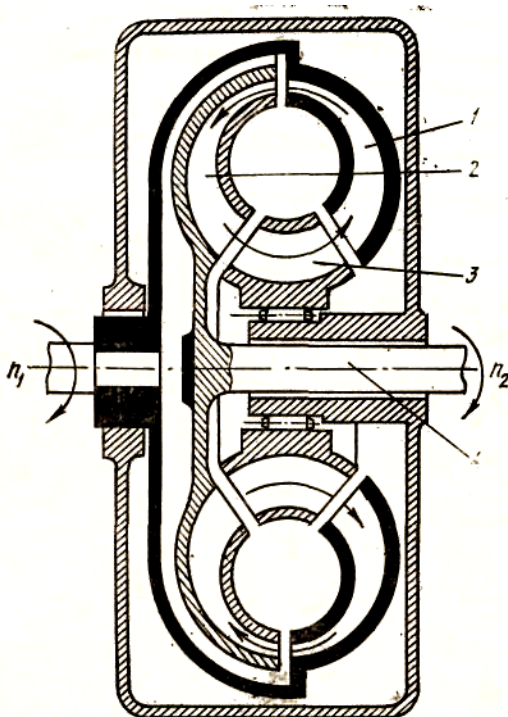
Ish g'ildiraklari va reaktor momentlarining algebraik yig'indisi nolga teng

$$M_1 + M_2 + M_3 = 0 \quad (21.23)$$

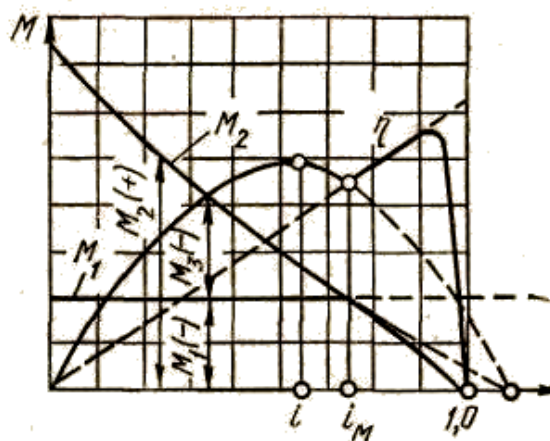
bunda M_1 – musbat ishorali (nasos oladigan energiyaga mos keladi); M_2 – manfiy ishorali (turbina oladigan energiyaga mos keladi); M_3 – manfiy ishorali (reaktor oladigan energiyaga mos keladi).

Shuning uchun $|M_2| > |M_1|$ bo'lganda reaktor momenti $M_3 < 0$, ya'ni u turbina aylanish yo'nalishiga teskari yo'nalgan. Yetaklovchi valdagi yuk kamayishi bilan momentning absolyut miqdori kamayadi va $i_1 = i_m$ bo'lganda, $|M_2| = |M_1|$ bo'lgani sababli M_3 moment nolga teng bo'lib qoladi. Yukning kamaytirilishi davom etganda va mos ravishda uzatish nisbati o'sib borganda ($i_1 > i_m$) moment o'z ishorasini o'zgartiradi va ish g'ildiraklarining aylanish yo'nalishi bo'ylab harakat qiladi. Kompleks gidrouzatmada reaktor o'zish muftasi 4 ning korpusiga o'rnatilgan, bu esa uning ish g'ildiraklari yo'nalishida erkin aylanishiga imkon beradi va M_3 qarama-qarshi tomonga aylanish imkonini yo'qotadi. Shuning uchun ham M_3 moment hozircha ish g'ildiraklari aylanishiga teskari yo'nalgan, reaktor qo'zg'almasdir va gidrouzatma gidrotransformator tartibida to i_m gacha ishlaydi. M_3 moment aylanish

yo'nalishida harakat qilganda va $i > i_m$ bo'lganda, o'zish muftasi reaktorga ta'sir etayotgan moment ta'sirida uning erkin aylanishini ta'minlaydi. Erkin aylanish bo'lganda reaktor suyuqlik oqimi ta'sirida bo'lib, katta qarshilik ko'rsatmaydi. Bu arziyas qarshilik o'zish muftasidagi ishqalanish xisobiga paydo bo'ladi va yutiladi.



**Uch g'ildirakli
gidrotransformator asosida
ishlaydigan kompleks gidrouzatma**



**Kompleks gidrouzatmaning
xarakteristikasi**

$M_3 \approx 0$ deb xisoblash mumkin bo'lganligi sababli (21.22) tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$M_1 + M_2 = 0 \quad (21.24)$$

bu esa gidromuftalar uchun xarakterlidir, ya'ni $i < i_m$ bo'lganda gidrotransformator gidromuftaga o'xshab ishlaydi (3.22-rasmdagi xarakteristikaning o'ng qismiga qarang). Keyinchalik turbinaga tushadigan yuklanish yana oshirilsa, uzatish nisbati kamayadi va $i < i_m$ bo'lganda, uzatma avtomatik ravishda gidrotransformatorga o'xshab ishlaydi. Xarakteristikadan ko'rinadiki» kompleks gidrouzatmaning FIK ning yuqori qiymatli chegarasi (tutash chiziq) mahkam o'rnatilgan reaktorli uch g'ildirakli gidrotransformatornikidan (punktir chiziq) yetarli darajada yuqoridadir. Ancha katta oraliqda ish tezliklari chegarasini kengaytirish va bu bilan birga umumiy FIK ortishini yetarli darajada kattalashtirish uchun gidromexanik transmissiyalardan foydalaniladi.

Transformasiya koeffitsiyentini turbina g'ildiragining bir nechta bosqichlaridan foydalanish hisobiga ham oshirish mumkin.

HAJMIY GIDROUZATMALAR. ASOSIY TUSHUNCHALAR

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 gidrosistemi alohida nasoslar, gidrodvigatellardan tashkil topgan bo'lib, gidroapparat elementlari, yordamchi qurilmalarga ega bo'lsa, bunday gidrosistemi 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 ilgari lab 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, kombinatsiyalangan 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:

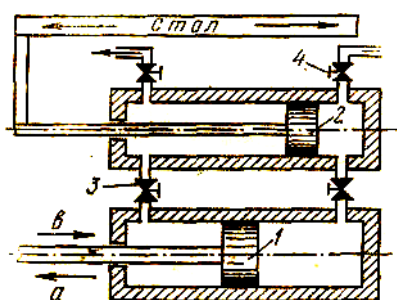
1. Gidravlik sarf yoki tezlik katta bo'lganda FIK past bo'ladi.
2. Havo tiqilib qolganda gidravlik zarbalar natijasida silkinish ro'y beradi.
3. Suyuqlikning ortib ketishi va siqilishi aniq koordinatsiyalashni qiyinlashtiradi.

Hajmiy gidrouzatmaning ishlash prinsipi

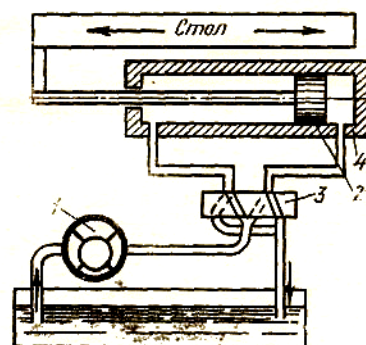
3.23-rasmda nasos porshen 1 ning ilgarilama-qaytma harakatini kuch silindridagi porshen 2 ning ilgarilama-qaytma harakatiga aylantiruvchi qurilmaning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Porshen 1 strelka bilan ko'rsatilgan yo'nalishda harakat qilganda suyuqlik kanal 3 bo'ylab keladi va porshen 2 ni bosib, 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.

3.24-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.

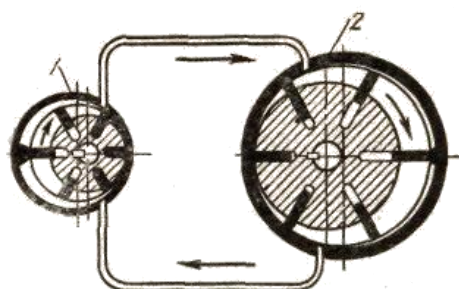
3.25-rasmda esa nasos rotori 1 ning aylana xarakatining gidrodvigatel rotori 2 ning aylanma xarakatiga o'zgartirish sxemasi berilgan. Bu sxemada gidrosistema ochiq bo'ladi: suyuqlik idishdan a truba bo'ylab so'rib olinadi va o'sha rezervuar-ga truba b bo'ylab chiqariladi. Shuningdek, hajmiy gidrouzatma sxemasi 3.26-rasmda ko'rsatilgan, unda nasos rotori 1 ning aylanma harakati gidrodvigatel rotori 2 ning aylanma harakatiga o'zgartiriladi. Bunda gidrosistema yopiq bo'ladi.



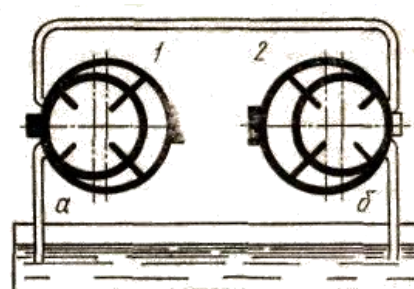
**Nasos va
gidrodvigateli porshenli
hajmiy gidrouzatma**



**Nasosi rotorli va
gidrodvigateli porshenli
gidrouzatma**



Rotorli ochiq hajmiy gidrouzatma



Rotorli yopiq hajmiy gidrouzatma

Ilgarilama-qaytma harakat qiladigan gidrouzatmalarda suyuqlikning potentsial energiyasini mexanik energiyaga aylantirishda porshenli gidrosilindr sistema-ning 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.

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.

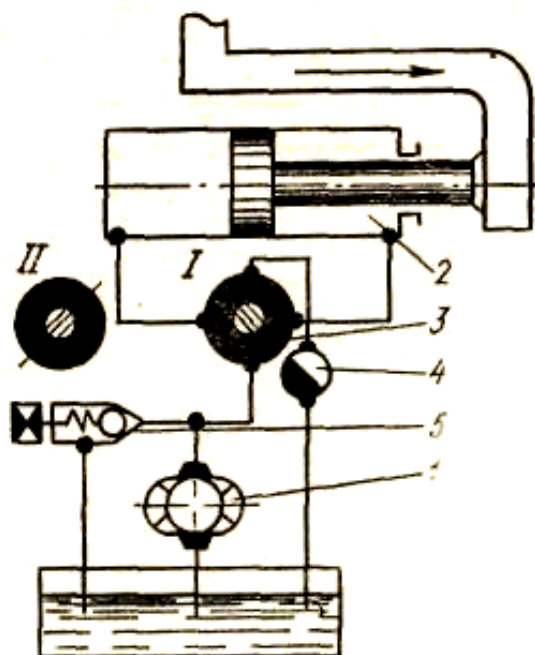
Hajmiy boshqarishli gidrouzatmadan drosselli boshqarishning farqi shuki, nasosda suyuqlik sarfi doimo silindrdagi suyuqlik sarfidan katta bo'ladi. Qoldiq moy gidrosilindrdan maxsus bakka chiqazib yuboriladi.

Silindrga keladigan yoki silindrdan chiqib ketadigan moy miqdori gidrosilindrdan chiqishda, unga kirishda yoki parallel ulangan drossel bilan boshqariladi.

Yuqoridagi 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 klapaning sozlash prujinasiga mos keladigan bosim barqarorlashadi.



Drosselli boshqariladigan ilgari lama-qaytma gidrouzatma

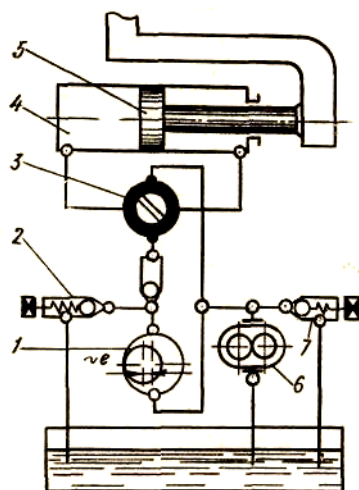
Porsheniing ko'chish tezligi nasosdan gidrosilindrga keladigan moy sarfiga bog'liqdir:

$$v = \frac{Q}{S}, \quad (22.1)$$

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 shtokdagi yuklanishning o'zgarish xarakteriga bog'liq bo'lmagan holda porshen tezligini o'zgarmas saqlashga imkoniyat beradi.

Hajmiy boshqarishli ilgari lama harakat qiladigan gidrouzatmaning sxemasi 3.28-rasmda ko'rsatilgan. Boshqariladigan nasos yordamida moy gidrosilindr 4 ning bo'shlig'iga uzatiladi va porshen 5 ni siljitadi. Moy silindrning shtok bo'shlig'idan taqsimlagich 3 va tirkak klapan 7 orqali bakka siqib chiqiladi. Porshen tezligini bosqichsiz tartibga solish nasos uzatishinng 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'zgaranda 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 berishidir.



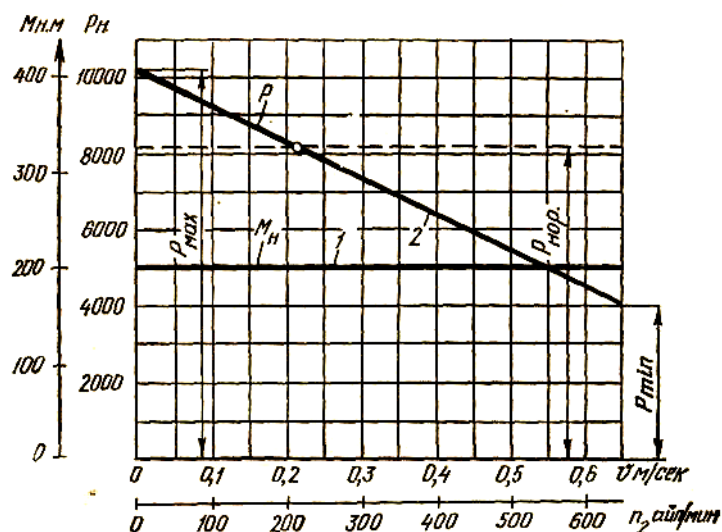
Hajmiy boshqariladigan ilgarilama-qaytma gidrouzatma

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.

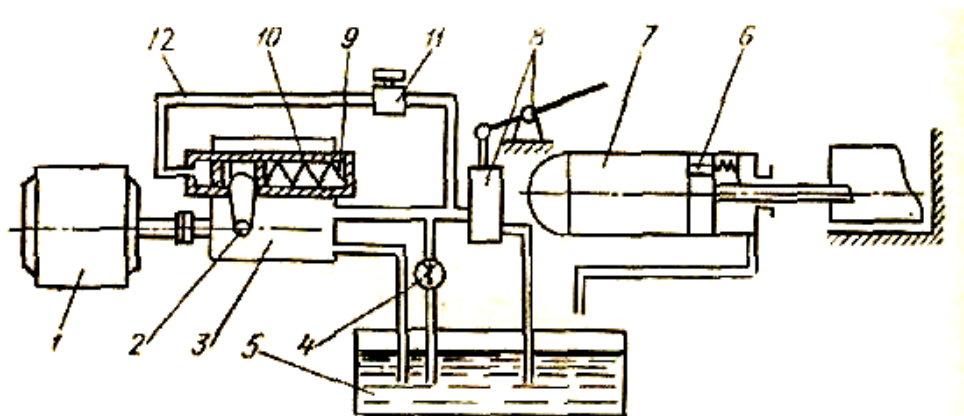
Hajmiy gidrouzatmalarning xarakteristikalari va FIK

Hajmiy gidrouzatma ajoyib bir xossaga ega: yetaklovchi valdagi momentni o'zgarmas saqlagan holda. yuklanishning o'sishi bilan ish asboblardagi 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 asboblarni yukning ortib ketishi yoki buzilishidan saqlashi zarur bo'lgan hollarda juda qimmatlidir.

3.29-rasmda 3.30-rasmdagi sxema bo'yicha qurilgan hajmiy gidrouzatma-ning tashqi xarakteristikasi tasvirlangan bunda tezlikni tartibga solish uchun nasos sarfi o'zgartiriladi. Bosimga bog'liq ravishda nasos sarfini tartibga soladigan 9,10 qurilmalar (3.30-rasmga qarang) shunday sozlangan bo'lishi mumkinki, unda yetaklovchi valdagi moment M_n ning o'zgarmasligi ta'minlanadi.



Hajmiy gidrouzatmaning xarakteristikasi



Nasos sarfini boshqarishli hajmiy gidrouzatma

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 harakati-ning 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

$$\eta = \frac{N_{no}}{N_c} \quad (22.2)$$

esa gidrouzatmaning umumiy FIK ni beradi va u quyidagicha hisoblanadi:

$$\eta = \eta_T \cdot \eta_S \cdot \eta_{Tr} \quad (22.3.)$$

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:

$$\eta_T = \eta_{T.g} \eta_{T.haj} \quad (22.4)$$

$$\eta_S = \eta_{S.g} \eta_{S.haj} \eta_{S.mex} \quad (22.5)$$

$$\eta_{Tr} = \eta_{Tr.g} \eta_{Tr.haj} \quad (22.6)$$

Nasos validagi quvvat quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N_v = \frac{N_c}{\eta_n} \quad (22.7)$$

Bunda η_n – nasosning umumiy FIK; u gidravlik, xajmiy va mexanik FIK lar ko'paytmasiga teng:

$$\eta_n = \eta_g \cdot \eta_{haj} \cdot \eta_{mex} \quad (22.8)$$

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

$$\eta_g = \frac{p_n - \sum \Delta p}{p_n} = 1 - \frac{\sum \Delta p}{p_n} \quad (22.9)$$

bunda p_n – nasos hosil qilgan to'liq bosim; $\sum \Delta p$ - bosimning yo'qolishi.

Bosimning pasayishi quyidagi formuladan hisoblab topiladi:

$$\sum \Delta p = \sum \zeta_n \frac{v_n^2}{2g} \gamma = \frac{\gamma}{2g} \sum \zeta_n v_n^2 \quad (22.10)$$

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 formuladan aniqlanadi:

$$v = \frac{Q}{S} \quad (22.11)$$

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:

$$\eta_{haj} = \frac{Q_n - Q_{oq}}{Q_n} = 1 - \frac{Q_{oq}}{Q_n} \quad (22.12)$$

bunda Q_n – nasosning nazariy sarfi; Q_{oq} – oqib ketish sarfi. Uni (5.19) formula bilan aniqlanadi:

$$Q_{oq} = \frac{h_t^3 \Delta P \delta}{12 \mu L} \quad (22.13)$$

bunda h_t – tirqish kattaligi; δ – tirqishning eni; ΔP – bosim o'zgarishi; μ – suyuqlikning dinamik qovushoqlik koeffitsiyeti; 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:

$$\eta = \eta_c \cdot \eta_{mex,n} \cdot \eta_{mex,s} \quad (22.14)$$

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:

$$\eta = \frac{N_{T.o}}{N_c} = \frac{M_{g,d} \omega_{g,d}}{M_c \omega_c} \quad (22.15)$$

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:

$$\eta = \frac{pv}{102 M_c \omega_c} = \frac{pv \cdot 60 \cdot 102}{102 M_c 2\pi n_c} \approx \frac{pv \cdot 716}{102 M_c n_c} \approx \frac{7 pv}{M_c n_c} \quad (22.16)$$

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:

$$n_g = \frac{Q}{q} \quad (22.17)$$

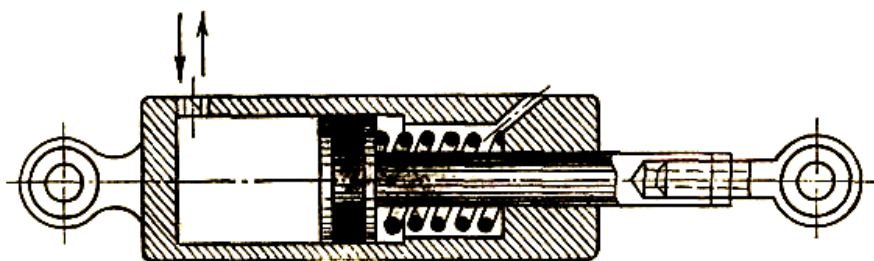
bunda Q – suyuqlikning haqiqiy sarfi; q – motor rotorining bir aylanishga mos keladigan suyuqlik miqdori.

GIDRODVIGATELLAR

Kuch gidrodvigatellarining tuzilishi va vazifalari

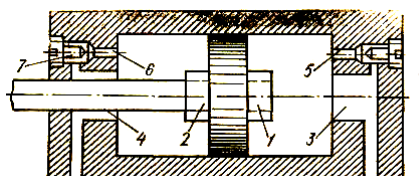
Kuch gidrodvigatellari hajmiy gidrouzatma sistemasining asosiy qismi bo'lib, silindrda porshenni siljitish yo'li bilan suyuqlik potensial energiyasini mexanik energiyaga aylantirish uchun foydalaniladi. Porshen bilan uzatiladigan gidrosilindrlarda energiya manbai xizmatini biror nasos bajaradi. Ilgarilama – qayta va aylanma haraktga asoslangan kuch gidrosilindrlari porshen prinsipi bo'yicha ishlaydi va uch turga bo'linadi: bir harakatli; ikki harakatli va burilma harakatli silindrlar. Burilma harakatli silindrlar kvadrantlar ham deb ataladi.

3.31 – rasmda bir harakatli kuch gidrosilindrining sxemasi keltirilgan. Bunda porshenga suyuqlikning bosimi faqat bir tomondan ta'sir qiladi. Porshenning teskari tomonga harakati prujina ta'sirida amalga oshadi.



Bir haraktli kuch gidrodvigateli.

3.32– rasmda ikki harakatli kuch gidrosilindrining sxemasi keltirilgan. Bunda suyuqlik porshenga ikki tomondan galma-gal ta'sir qiladi. Porshenning shtok tomonga bir tomonlama harakati vaqtida (silindrning ikkala bo'shlig'ida $S_{sht} = \frac{S}{2}$ bo'lganda) suyuqlik bir xil bosim ta'sirida bo'ladi. Porshenning ikkinchi tomonga harakati vaqtida ham bu hol saqlanadi. Porshenning silindrning chekka qopqoqlari tomon silliq va zarbasiz yaqinlashuvi uchun 3 va 4 tirqishlarning diametriga mos 1 va 2 bo'rtmalar o'rnatilgan bo'lib, ular aytilgan tirqishlarga kirishda hosil bo'lgan zarba siqib chiqarilayotgan suyuqlik hisobiga dempferlanadi. Silindrdagi qolgan suyuqlik 7 va 8 drossellar bilan ta'minlangan 5 va 6 kanallardan chiqib ketadi.



Ikki harakatli kuch gidrodvigatel

Drossellarning o'lchamlari porshenning chekka qopqoqlarga yaqinlashish sharoitiga mos ravishda hisoblangan bo'ladi.

Gidrosilindrlarni hisoblash

Bir harakatli silindr porshenining shtokidagi zo'riqish quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$P = p \cdot S \cdot \eta_{mex} \quad (23.1)$$

bunda p – suyuqlikning bosimi; S – porshenning bosimni qabul qiladigan yuzasi; η_{mex} - zo'riqma silindrning mexanik FIK (uning qiymatini $\eta_{mex} \approx 0,95$ – deb qabul qilinadi),

Porshen siljishining tezligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$v = \frac{Q}{S} \eta_0 \quad (23.2)$$

Q – nasosning sarfi; η_0 – kuch silindrining hajmiy FIK: $\eta_0 \approx 0,98$.

Ikki harakatli gidrosilindrda shtokning mavjudligi hisobga olinganda siljuvchi zo'riqish quyidagi formuladan aniqlanadi:

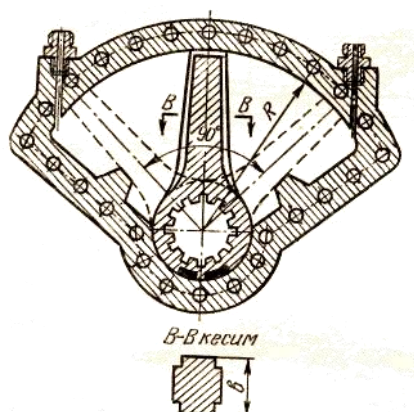
$$P = p \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \eta_{rex} \quad (23.3)$$

bunda D va d – porshen va shtok diametrlari. Porshenning harakat tezligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$v = \frac{10Q}{0,185(D^2 - d^2)} \eta_0 \quad (23.4)$$

Burilma gidrodvigatellar

Burilma harakatga asoslangan gidrosilindrlar (kvadrantlar) burilma gidrodvigatellar deb ataladi. 3.33 – rasmda sektor bo'shlig'iga ega bo'lgan burilma harakatli kuch silindrining sxemasi keltirilgan bo'lib, unda suyuqlik kurakning o'ng va chap tomonidan bosim ostida kiritilganda tebranma harakat qiladi. Kurakning buri-lish burchagi 120° dan oshmaydi.



Burilma gidrodvigateli

Parrakning burchak tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \frac{Q}{g} = \frac{Q}{lS} \quad (23.5)$$

bu yerda Q – suyuqlik sarfi; $l = \frac{R+r}{2}$ – bosim kuchi teng ta'sir etuvchisining yelkasi. $S = (R-r)b$ – bir radianga burilishga to'g'ri kelgan so'rish miqdori.

Valdagi burovchi moment quyidagicha aniqlanadi;

$$M = lS\Delta p = \frac{R^2 - r_2}{2} \Delta p \quad (23.6)$$

bunda Δp – kurakning u yoki bu tomonidagi bosimlar farqi. Kvadrantlarda bosim 100 kg/sm^2 (10^7 n/m^2) gacha boradi. Burilma harakatni krivoship–shatunli mexanizm yoki tishli reyka va tishli reduktordan oluvchi, ilgari lama–qayta harakatlanuvchi porshen yordamida hosil qilish mumkin.

Pnevmatik kuch silindrlari gidrosilindrdan juda kam farq qiladi va aynan bir xil vazifani bajaradi. Bu mexanizmدا siqilgan havoning energiyasidan turli moslamalarda foydalaniladi.

Rotorli gidrodvigatellar va ularning qaytarlik xususiyatlari

Rotorli gidrodvigatellarning tuzilishi porshenli, plastinkali (shiberli), shesternyali, vintli va boshqa nasoslarni o'z ishiga olgan rotorli nasoslar dan farq qilmaydi.

Bu aytilgan gidrodvigatellar va nasoslar qaytarlik xususiyatiga egadir. Boshqacha aytganda, rotorli nasoslarga chiqish qismi orqali bosim ostida suyuqlik kiritilsa, uning rotor harakatga keladi va suyuqlik kirish qismi orqali chiqib ketadi. Natijada nasosdan gidrodvigatel sifatida foydalanilishi mumkin. Xuddi shuning aksidek, rotorli gidrodvigatelni elektr dvigatelga ulash yo'li bilan undan nasos sifatida foydalanish mumkin.

Rotorli gidrodvigatellar unumdorligi o'zgaruvchan [ya'ni boshqariladigan so'rishli (sarfli)] yoki o'zgarmas, ya'ni boshqarilmaydigan (so'rishli) bo'lishi mumkin. Bunday mexanizmlarni hisoblash ularda hosil bo'lgan bosim, burovchi moment va valdagi quvvatni hisoblashga olib keladi.

Quyida eng ko'p tarqalgan rotorli gidromotorlar ustida to'xtalib o'tamiz.

Porshenli , plastinkali, shesternyali va vintli gidrodvigatellar hamda ularni boshqarish. Burovchi moment va valdagi quvvatni hisoblash.

Rotor – porshenli (porshenli) gidrodvigatellar tuzilishi bo'yicha ikki gruppaga: radial va aksial silindrlar gidromotorlarga bo'linadi. Yuqorida aytilgandek, bunday gidromotorlar tuzilishi bo'yicha radial va aksial porshenli nasoslardan farq qilmaydi.

Porshenli gidrodvigatellarning burovchi momenti M_ϕ -so'rish bo'shlig'ida gi porshenlar hosil qilgan momentlarning yig'indisi sifatida hisoblanadi:

$$M_{\varphi} = \sum_{k=0}^{k=n} m_k \quad (23.7)$$

bu yerda m_k – bitta porshenning momenti; $n+1$ – porshenlar soni.

Har bir porshenga ta'sir qilayotgan bosim kuchi quyidagiga teng:

$$P = p \frac{\pi d^2}{4} \quad (23.8)$$

bunda p – xaydash bo'shlig'idagi bosim; d – porshenning diametri.

P kuchi xaydash bo'shlig'idagi barcha poreshenlar uchun bir xil. Uni normal P_N va tagensial P_T tashkil etuvchilarga ajratish mumkin. Normal tashkil etuvchi

$P_N = \frac{P}{\cos \beta}$ – porshenning sferik qalpoqchasini statorga qisib turadi va kontakt nuqtasi S dagi ishqalanish kuchini aniqlaydi. Tangensial tashkil etuvchi $P_T = P \tan \beta$ – esa mashina rotorining valida $r = O_1C$ – yelkali burovchi moment hosil qiladi. Bu moment quyidagicha aniqlanadi:

$$m_k = P_T r_k = P \frac{\pi d^2}{4} r_k \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \quad (23.9)$$

bunda $r_k = O_1C = e \cos \varphi + R$.

O_1OC uchburchakdan $\sin \beta = \frac{e}{R}$ ning 0,08 – 0,09 ga teng kichik miqdorlarida $\cos \beta = 1$ bo'ladi. Bundan ko'rinadiki:

$$m_k = p \frac{\pi d^2}{4} r_k \frac{e}{R} \sin \varphi_k \quad (23.10)$$

Bu holda gidrodvigatelning momenti ushbuga teng:

$$M_{\varphi} = \frac{\pi d^2}{e} \frac{e}{R} \sum_{k=0}^{k=n} r_k \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{z} k \right) \quad (23.11)$$

Demak, ekstsentrisitet qancha katta bo'lsa, radial porshenli nasosning burovchi momenti ham shuncha katta bo'ladi. Binobarin, ekstsentrisitetni o'zgartirish yo'li bilan (bosim o'zgarmagan holda) burovchi momentni o'zgartirish mumkin ekan.

Bunday gidrodvigatellarning asosiy kamchiligi rotorning inersiya momenti kattaligi va silindrlar qalpoqchalarigacha masofa katta bo'lganligi sababli, sekin yurarligidir.

Porshenli nasos va gidrodvigatelning birga ishlashini ta'minlovchi qurilma Luf–Tom gidrouzatmasi deb ataladi. Bu gidrouzatmada ish vaqtida uzatish sonini uzluksiz o'zgartirib borish mumkin. Ularda FIK 80% ga teng. Shuningdek, aksial porshenli (2.43-rasmga qarang) gidrodvigatellarni ham hisoblash mumkin. Bunda bir silindrli mashinaning asosiy parametrlarini hisoblashga o'tish mumkin. Plastinkali gidrodvigatellar mavjud hajmiy gidrodvigatellar ichida eng soddasi bo'lib, ular “parrakli” nomi bilan ataladi.

Bunday gidrodvigatellarning momenti quyidagicha hisoblanadi:

$$M = \frac{b}{\pi} \eta_M \left[\pi(r_2^2 - r_1^2) - \frac{(r_2 - r_1)^2 \delta}{\cos \alpha} \right] p, \quad (23.12)$$

Bunda b – rotorning eni; r_1, r_2 – statorning katta va kichik radiuslari; δ – plastinkalarning eni; z – plastinkalar soni; α – plastinkalar qiyalik burchagi.

Plastinkalar radial joylashganda so'nggi formula soddalashadi:

$$M = \frac{b}{n} \eta_M \left[(r_2^2 - r_1^2) - (z_2 - r_1) z \delta \bar{p} \right]. \quad (23.13)$$

Yaxshi loyihalangan plastinkali mashinalarning FIK yuqori bo'lib, buning uchun uning qismlari juda aniq ishlangan bo'lishi kerak. Plastinkali mashinalar asosida boshqariluvchi nasosga va reversli gidrodvigatellar asosida yetaklovchi valdan yetaklanuvchi valga mexanik energiya va burovchi momentni o'tkazuvchi gidrozatmalar mavjud.

Agar shesterniyali nasosning so'rish bo'limchasiga bosim ostida moy berilib, haydash bo'limchasidan chiqarib yuborilsa, u gidrodvigatel bo'lib ishlaydi. Tishlardagi bosim burovchi moment hosil qiladi va u quyidagicha hisoblanadi:

$$M_T = \Delta p b (m^2 z + m^2 l^2), \quad (23.14)$$

bunda Δp – tishlarning ikki tomonidagi bosimlar farqi; b – tishlarning eni; m – tishlarning uzunligi; z – tishlar soni; l – tutashish chizig'ining yarim uzunligi.

Rotorli gidrodvigatellar validagi quvvatning burovchi moment bilan bog'lanishi quyidagicha ifodalanadi;

$$M_T = 71620 \frac{N_1}{n}; \quad (M_T)_{si} = \frac{N}{\omega} N \cdot m \quad (23.15)$$

$$N_1 = \frac{P \cdot Q_T}{45 \cdot 10^4} \text{ o.k.}; \quad (N_T)_{si} = Q_T (p_x - p_c), \quad \forall t \quad (23.16)$$

bunda Q_T – hisoblangan sarf; ω – burchak tezligi. Ta'sir etuvchi burovchi moment va gidrodvigateldan olinayotgan quvvat quyidagicha hisoblanadi:

$$M = M_T \eta_M; \quad N = N_T \eta_m \quad (23.17)$$

Mexanik FIK η_m nasos uchun qancha bo'lsa, gidrodvigatel uchun ham shuncha bo'ladi. vintli gidrodvigatellar ham nasosdan qaytarma foydalanishga asoslangan. Bunday gidrodvigatellar bug' va gidravlik turbinalarning boshqarish gidrosistemalarida va hajmiy gidrozatmalarda qo'llaniladi. Vintli gidrodvigatellarning burovchi momenti va uzatayotgan quvvati (23.14) va (23.15) formulalar yordamida hisoblanadi.

Yuqori momentli gidromotorlar

Yuqori momentli gidromotorlar tuzilishi turlicha bo'lishi mumkin. Gidrodvigatellarni yuqori momentliga aylantirish uchun turli usullardan foydalaniladi.

Masalan, porshenli gidrodvigatelni yuqori momentliga aylantirish uchun uning o'lchamlarini, porshenning yo'li va diametrini o'zgartirmagan holda unumdorligini oshirish zarur bo'ladi. buning uchun ko'pkarrali ishlash prinsipi foydalaniladi. Rotor va stator umumiy o'qqa ega bo'ladi. Stator to'liqinsimon halqadan iborat bo'lib, har bir aylanishida porshen i_c – marta (i_c – halqadagi to'liqlar soni) yo'l o'tadi. Rotorning podshipnikka radial bosim kuchini yo'qotish uchun statordagi to'liqlar sonini toq qilib olinadi. Bu holda unumdorlik

$$Q = f_n S i i_c, \quad (23.17)$$

moment esa

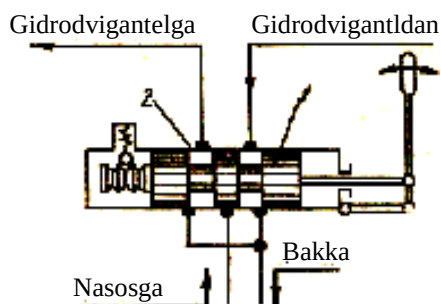
$$M = f_n S i i_c \frac{P}{2\pi} \quad (23.18)$$

formula bilan aniqlanadi. Bunday mashinalarda aylanuvchi rotor (silindrlar bloki) silindrlar bo'shlig'ini galma–galdan haydovchi va so'ruvchi sohalar bilan tutashtirib boradi. Porshenlar esa statorga roliklar yordamida tayanadi.

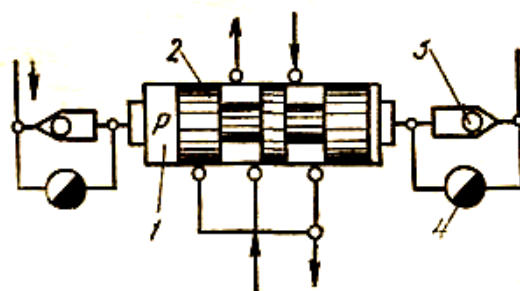
GIDROAPPARATURA VA GIDROUZATMANING BOSHQA ELEMENTLARI

Taqsimlagich qurilmalar, ularning vazifalari, guruhlanishi, ishlash prinsipi va asosiy turlari

Taqsimlagich qurilmalar gidrouzatmaning asosiy elementlari va qismlari orasida suyuqlik oqimlarini taqsimlash va yo'nalishini o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Konstruktiv tuzilishi bo'yicha taqsimlagichlar zolotnikli, kranli va klapanli turlarga ajraladi. Ularning belgilangan holatlariga qarab, ikki, uch va ko'p holatli taqsimlagichlar bo'ladi, hajmiy gidrouzatmalarda eng ko'p qo'llaniladigani zolotnikli taqsimlagichlardir.



Zolotnikli taqsimlagichlar



Reversiv zolotnikli G-72 turdagi taqsimlagich

Zolotniklar gidroapparatlarning boshqariluvchi elementi bo'lib, uning yordamida suyuqlikning taqsimlanish, harakatni reverslash va bir trubadan ikkinchisiga o'tkazish ishlari amalga oshiriladi. Zolotnikning harakatlanuvchi qismi (3.34-rasm) suyuqlik o'tishi 1 uchun yo'lakchalari bo'lgan plunjer 1 va suyuqlikni kiritish hamda chiqarish uchun teshiklari bo'lgan silindr 2 dan iborat. Gidrouzatma ishlash vaqtida zolotnikning korpusi 2 ga nisbatan plunjer 1 ni siljitish yo'li bilan zolotnikli juftning tegishli ish tuynugini berkitiladi, natijada suyuqlikning mexanizmi yordamida yoki elektromagnit va gidravlik usul bilan boshqarilishi mumkin.

rasmda G-72 tipli gidravlik boshqariluvchi reversiv zolotnikning sxemasi keltirilgan. U korpus 1, plunjer 2, sharli klapan 3 va drossel 4 dan tashkil topgan.

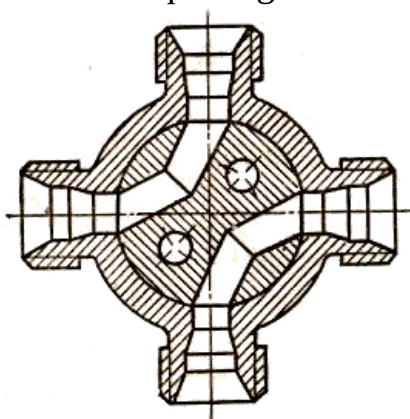
Zolotnikning plunjeri 2 gidrodvigatelning ikki yo'nalishiga tegishli ikkita chekka (o'ng va chap) holatlarni qabul qilishi mumkin. Plunjer 2 ni bir holatdan ikkinchisiga o'tishi plunjerning ikki tomoniga ta'sir qiluvchi bosim p yordamida amalga oshiradi.

Kranli taqsimlagichlar (3.36-rasm) tuzilishining soddaligi sababli keng tarqalgan. Ammo ularni burash uchun kattagina moment zarur bo'ladi.

Bu momentni kichraytirish uchun moslamalar qo'llash taqsimlagichning tuzilishini murakkablashtirib yuboradi.

Klapanli taqsimlagichlar kichik sarflarda ishlay olishi, katta bosimlarda ham yaxshi germetiklanganligi, ixchamligi va boshqarishning osonligi bilan zolotniklar-

dan ustunlik qiladi. Shunday qilib, germetiklik hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lmasa va sarf katta bo'lsa, zolotnikli taqsimlagichlardan foydalanish ma'qul.



Kranli taqsimlagich

Moy sarfi kichik gidrouzatmalarda, germetiklik muhim bo'lgani uchun, klapanli taqsimlagichlar qo'llaniladi.

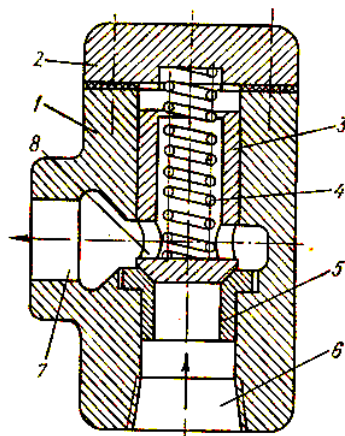
Klapanlar. Ishlash prinsipi, tuzilishi va xarakteristikalari.

Klapan – gidrouzatmaning eng ko'p tarqalgan elementidir. Ular yordamida gidrouzatma qismlarining galma-gal ishlashi, ularni ehtiyot qilish, oqim yo'nalishini o'zgartirish, kerakli bosim hosil qilish, oqimni qismlarga bo'lish va boshqa ishlar bajariladi.

Klapanlar uch gruppaga ajraladi: tirkak, saqlagich va reduksion klapanlar.

Tirkak klapanlar suyuqlikni faqat bir yo'nalishda o'tkazish uchun mo'ljallangan. Suyuqlikning yo'nalishi o'zgarishi bilan tirkak klapan yopilib, suyuqlik o'tkazilishi to'xtaydi. Ochiq holda bu klapanlar eng kam qarshilikka ega bo'lishi, yopiq holda esa zarur germetiklikni ta'minlashi kerak. Shuning uchun tirkak klapan prujinasining zo'riqishi eng kam bo'lib, klapaning egarga ishonchli o'rnashuvi uchungina yetarli bo'lishi kerak, chunki klapan suyuqlikning bosim kuchi yordamida ochilib yopiladi.

rasmda G-51 turdagi plunjerli tirkak klapan tasvirlangan bo'lib, u korpus 1, qopqoq 2, plunjer 3, prujina 4, va egar 5 dan iborat. Plunjer 3 o'zining konus uchi egar 5 ga taqalgan bo'lib, uning silindrik yon sirti korpusning yo'naltiruvchi teshigiga kirib turadi. Klapan ishlaganida teshik 6 ga keltirilgan suyuqlik plunjerni egardan ko'taradi va teshik 7 ga yo'l ochadi. Oqimning yo'nalishi o'zgarishi bilan suyuqlik bosimi ta'sirida plunjer 3 egar 5 ga zichlanadi. Moy plunjer 3 ning teshigi 8 orqali klapan ustidagi bo'shliqqa o'tgani sababli, bu bosim klapaning kesimi bo'yicha tarqaladi. Bosim ortishi bilan plunjerni egarga siquvchi kuch ortib, suyuqlikning teskari yo'nalishida oqishi to'xtaydi. Prujina 4 plunjerning korpusga ishqalanish kuchini yengish uchungina xizmat qiladi.



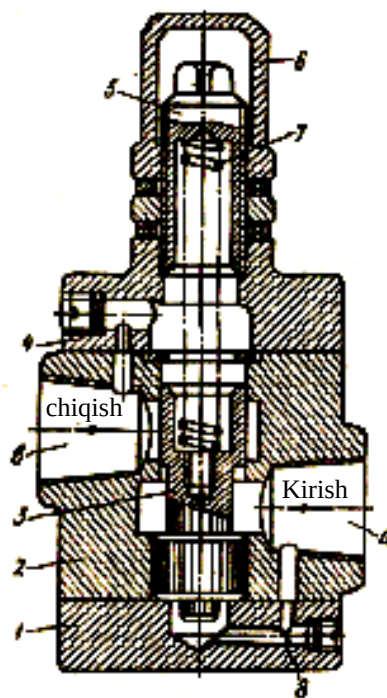
G-51 turdagi tirkak klapan

Saqlagich klapanlarning tirkak klapanidan farqi, undagi prujining qattiqroq siqish kuchiga egaligidir. Bunday klapanlarning ishlashi suyuqlik bosim kuchini prujina kuchi yoki suyuqlikning teskari bosimi bilan muvozanatlashga asoslangan. Gidrouzatmani juda yuqori bosimlardan ehtiyot qilish uchun bosim belgilangan chegara qiymatidan oshib ketganda ochiladigan saqlagich klapanlar ishlatiladi. To'g'ri harakatli saqlagich klapanlar sharikli, konusli va plunjerli bo'ladi, eng soddagina saqlagich klapanlar sharikli bo'ladi. Bu klapaning qo'llanish sohasi cheklangan bo'lib, gidrosistemada bosim kichik va sarf kam bo'lganida qo'llaniladi. Sharik va egarni o'zaro qattiq zichlash mumkin bo'lmagani sababli yopiq holda ham sharikli klapanidan suyuqlik oqib o'tadi. Bundan tashqari, sharik suyuqlikni qo'yib yuborganda tebranma harakat qilib, davriy ravishda egarga uriladi. Sharikni konus bilan almashtirib, konusli saqlagich klapan olinadi. Bunday klapaning germetikligini ta'minlashning asosiy sharti – klapan konus va silindr qismining hamda konusning yo'naltiruvchi silindri va konus egarining bir o'qliligi qat'iy bajarilgan bo'lishi kerak. Aks holda konusli klapaning germetikligi tezda buziladi.

Gidrouzatmalarda plunjerli klapanlar ko'p tarqalgandir.

Plunjerli klapanlar gidrouzatmalarni ortiqcha zo'riqishdan ehtiyotlash, shuningdek, ma'lum bir o'zgarmas bosimni saqlash uchun qo'llaniladi, ya'ni sistemaga ulash va moslashga bog'liq ravishda bir klapaning o'zi saqlagich, quyuvchi yoki bosimni ta'minlagich sifatida ishlatilishi mumkin.

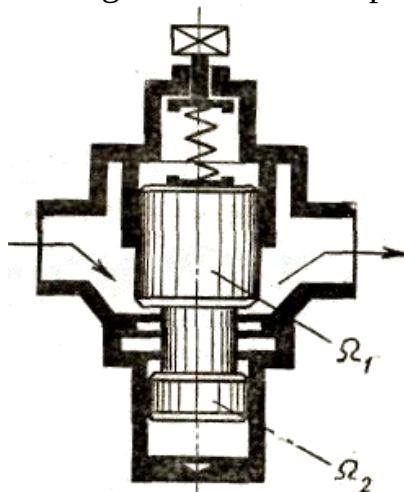
rasmda G-54 plunjerli klapaning kesmasi ko'rsatilgan. U korpus 2, ostki qopqoq 1, ustki qopqoq 4, plunjer 3, boshqaruvchi vint 5 va prujina 7 dan iborat. Prujina 7 plunjer 3 ni chekka holatiga surib, nasos bilan tutashgan a bo'lma bilan, quyish liniyasi bilan tutashgan v bo'lmani ajratadi. Shu bilan birga kalibrlangan teshik 8 orqali bosim plunjerning pastki chekkasiga beriladi. Sistemada bosim ortib, prujina 7 ning kuchini yengadigan darajaga yetganida plunjer 3 yuqoriga suriladi. Natijada a va v bo'lmalar tutashib, suyuqlik quyishga o'tkazib yuboriladi. Klapaning ishini barqarorlashtirish uchun, ya'ni prujina tebranishini dempferlash uchun kalibrlangan teshik 8 mo'ljallangan. Klapani kerakli bosimga moslash vinti 5 yordamida, prujina 7 dagi zo'riqishni o'zgartirish yo'li bilan bajariladi.



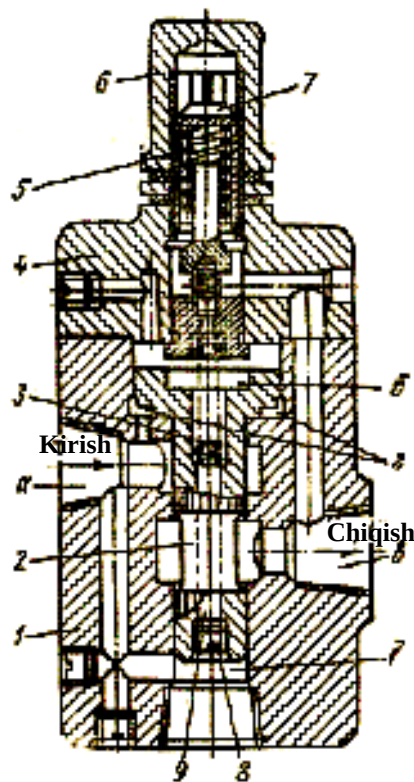
G-54 turdagi plunjerli klapan

Suyuqlikning katta bosimlarida prujining zo'riqish kuchi oshirilishi zarur. Katta kuchli prujinalar erkin tebranish chastotasini kamaytirishdan qutulish uchun differensial klapanlarda qo'llaniladi.

Differensial klapanlarda plunjerga ta'sir qilayotgan suyuqlikning bosim kuchi ish yuzasi Ω_1 – va plunjerning muvozanatlovchi yuzasi Ω_2 – hisobiga gidravlik muvozanatlashadi (3.39-rasm). Dempferlovchi qurilmalar qo'llanilishiga qaramay klapaning plunjeri tebranma harakat qilib, sistemadagi bosimning davriy o'zgarishiga sabab bo'ladi. Bu kamchilik barcha to'g'ri harakatli klapanlar qo'llaniladi. Ular sistemaga ma'lum bir tartibda ulanganida va prujina tegishli moslanganda quyuvchi bo'lib ham, bosimni ta'minlovchi bo'lib ham ishlatilishi mumkin. Bundan tashqari asosiy dempferli plunjerli klapan 2 bilan sharikli servoklapan 4 ning birgalikda ishlashiga asoslangan murakkab klapanlar ishlatiladi.



Differensial klapan



G-52 turdagi servoharakatli klapan

rasmda G-52 turdagi servoklapanlarning tuzilishi keltirilgan. Klapan quyidagi qismlardan iborat: korpus 1, plunjer 2, prujina 3,5, servoklapan 4 va qopqoq 6. Ish suyuqligi nasosdan *a* bo'shliqqa orqali olib ketiladi. Plunjer 2 kuchsiz prujina 3 yordamida quyi holatda ushlab turiladi. Plunjer 2 ning markaziy teshigiga dempfer 8 (kishik dempferning kalibrlangan teshigi) buralgan bo'lib, uning yordamida bo'lma *b* bo'lma *a* bilan doim tutashgan bo'ladi. Bundan tashqari, bo'lma *a* bo'lma 2 bilan ham tutashgan. Markaziy teshik 9 orqali suyuqlik bo'lma *d* dan bo'lma *b* ga va sharik 4 ostiga keltiriladi. Sharik 4 egarga prujina 5 yordamida siqib qo'yiladi. Prujinaning siqish kuchi vint 7 yordamida boshqariladi. Suyuqlikning sharik 4 ga ta'sir qiluvchi bosim kuchi prujina 5 moslangan zo'riqish kuchidan ortib ketguncha sharik egarga siqilib turadi va bo'lma *b* dagi bosim sistemadagi bosimga teng bo'ladi. Bunda bo'shliq tomonidan plunjer 2 ga bo'lgan bosim kuchi *d* va *g* bo'shliqlari tomonidan bo'lgan bosim kuchi bilan muvozanatda bo'lgani uchun plunjer, prujina 3 ta'sirida quyi holatda saqlanadi. Plunjerning bu holatida *a* va *v* bo'shliqlar ajratilganligi sababli suyuqlikning sistemadan bakka o'tish yo'li berkilgan bo'ladi.

Suyuqlikning bosim kuchi prujina 5 ning kuchini yengishi bilan sharik 4 o'z egaridan ajraladi va suyuqlikning ozgina miqdori sharikli klapan orqali *b* bo'lma-dan *v* bo'lмага va undan quyilishga o'tadi. Bo'linma *d* dan suyuqlik dempfer 8 orqali bo'linma *b* ga o'tadi. Dempfer 8 ning kalibrlangan teshigi bosimning suyuqlik oqqanida yuzaga keladigan pasayishini ko'rsatuvchi qarshilik hosil qiladi. Shuning uchun bo'lma *b* dagi bosim *a* va *d* bo'lmalardagiga qaraganda dempferda bosimning yo'qolishiga teng miqdorda kamayadi. Hosil bo'lgan bosimlar farqi natijasida muvozanat buzilib, *d* va *g* bo'lmalardagi yuqori bosim ta'sirida plunjer yuqoriga

ko'tariladi. Plunjer ko'tarilishi bilan a va v bo'shliqlar tutashib, suyuqlik bosim ostida a bo'shliqdan v bo'shliqqa o'tadi va so'ngra bakka quyiladi. Plunjerning ko'tarilishi muvozanat boshlanguncha, ya'ni d va g bo'lmalardagi bosimlar yig'indisi prujina zo'riqishi va bo'lma b dagi suyuqlik bosim kuchlari yig'indisiga tenglashguncha davom etadi.

Plunjer muvozanatlashganidan so'ng a bo'shliqdagi suyuqlik bosimi o'zgar-mas saqlanadi, oz miqdorda suyuqlik dempfer va ochiq shar servoklapan orqali a bo'shliqdan v bo'shliqqa oqib turadi.

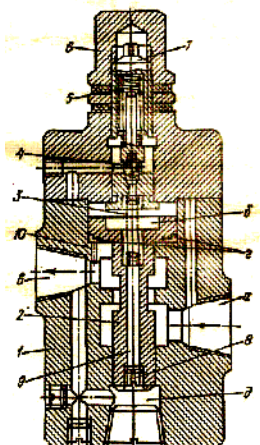
Agar a bo'shliqdagi bosim biror sababga ko'ra orta boshlasa, d va g bo'lmalar tomonidan plunjerga bosim ortib, kuchlar muvozanati buziladi. Plunjer ko'tariladi. Korpus va plunjer cheti orasidagi tirqishning kesimi ortadi. Bu esa v bo'shliqda suyuqlik oqimining ortishi va a bo'shliqda bosimning kamayishiga olib keladi. Yana muvozanat holati tiklanguncha bosim kamayishda davom etadi. Bo'lma a da bosim kamaysa, prujina 5 shar servoklapanni berkitib, b bo'shliqdan suyuqlik oqishini to'xtatadi, so'ngra b , g , d bo'lmalarda bosim to'g'rilanib, prujina 3 plunjer 2 ni bo'shatadi va klapan berkiladi. Klapani boshqarish, vint 7yordamida, prujina 5 da zo'riqishni o'zgartirish yo'li bilan bajariladi. G-52 turdagi klapan yuqori sezgirlik, tebranishsiz va shovqinsiz barqaror ishlashi bilan farq qiladi, chunki dempfer siqilgan prujina energiyasini yutib, plunjer harakatini tormozlaydi. Saqlagich klapanlar ishini ko'rib, ular moslangan bosimda yopilib, klapandan chiqishda yuqori bosim bo'lganda ochiladigan to'g'ri harakatli klapanlardir degan xulosaga kelish mumkin.

Bosimni kamaytirish uchun *reduksion klapanlar* ishlatiladi. Bularning saqlagich klapanlardan farqi ulardan chiqishdagi bosim boshqaruvchi ta'siriga egaligidir, ya'ni bu klapanlar chiqishdagi bosim o'zgarganda ishlaydi. Reduksion klapan ishlaguncha uning plunjerini prujina ochiq holatda tutib turadi. Reduksion klapan-dan chiqishda bosim belgilangan qiymatdan ortib ketsa, suyuqlikning bosim kuchi klapan prujinasini siqadi va plunjer suyuqlikning klapandan o'tishini qiyinlashtirib, berkilish tomoniga siljiydi. Plunjerning bu harakati klapandan chiqishda bosim kerakli miqdorga pasaygunicha davom etadi.

rasmda G-53 turdagi servoharakatli reduksion klapan ko'rsatilgan. U nasos hosil qilgan bosimdan past bosimni reduksiyalash va ushlab turish uchun xizmat qiladi. Klapan korpus 1, plunjer 2,3 va 5 prujinalar, sharservoklapani 4 va qopqoq 6 dan tashkil topgan. Ish suyuqligi a bo'shliqdan berilib, v bo'lmadan chiqariladi. Plunjerni kuchsiz prujina 3 quyi holatda ushlab turadi.

Markaziy teshikka dempfer 8 kiritilgan bo'lib, u orqali v bo'lma b bo'lma bilan doim tutashgan bo'ladi. bo'lma g bo'lma v bilan dempfer 10 orqali tutashadi. Sharcha 4 prujina 5 bilan egarga siqib turiladi. Prujina 5 ning siqish kuchi vint 7 yordamida boshqarilishi mumkin. Sharcha 4 ga ta'sir qiluvchi suyuqlik bosimi prujina 5 moslangan kuch miqdoridan ortib ketguncha sharcha 4 egarga siqib turiladi. Bunda plunjer 2 prujina 3 ta'sirida quyi holatda bo'lganda a va v bo'shliqlar tutash bo'lib, suyuqlik klapandan bimalol oqib turadi va v bo'shliqdagi bosim nasos hosil qilgan bosimga teng bo'ladi. Klapandan chiqishdagi bosim kuchi prujina 5 ning kuchidan ortishi bilan sharli klapan 4 ochilib, moy d bo'lmadan dempfer 8 orqali 6 bo'lmaga o'tadi, so'ngra sharli klapan 8 orqali quyilishga ketadi. Dempfer 8 ning

teshigi orqali suyuqlik oqib turganida bosim pasayadi, shuning uchun b bo'lmadagi bosim d va g bo'lmalardagiga qaraganda (dempfer 8 dagi bosimning kamayish miqdoricha) kam bo'ladi. Natijada plunjer 2 ko'tariladi.

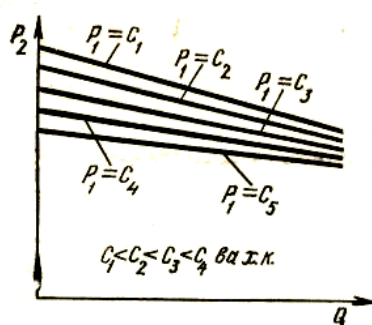


G-53 turdagi servoharakatli reduksion klapan

Plunjer yuqoriga ko'tarilishi bilan suyuqlikning a bo'shliqdan v kameraga o'tishini qiyinlashtiradi natijada a bo'shliqdagi bosim v bo'shliqdagidan ortadi, g va d bo'lmalardagi bosim 8 bo'lmadagi bosim prujinasi 3 ning kuchidan ortib, plunjerning muvozanat holati boshlanadi.

Agar v bo'lmadagi bosim biror sababga ko'ra pasaysa, plunjer 2 ga ta'sir qiluvchi kuchlar muvozanati buziladi, chunki v bo'lma bilan tutashgan g va d bo'l-malar tomonidan plunjerga bo'lgan bosim kuchi kamayadi. Prujina 3 plunjer 2 ni pastga siqib, plunjerlarning chekkasi va korpus orasidagi tirqish yuzasini oshiradi, natijada v kameraga suyuqlik oqimi ortadi va muvozanat yana tiklanguncha bosim ortib boradi. Shunday qilib, G-57 klapani nasosning kuch magistralidagi bosimdan kichik bosimni doimiy ushlab turadi.

Reduksion klapan xarakteristikasining ko'rinishi 3.42-rasmda tasvirlangan.



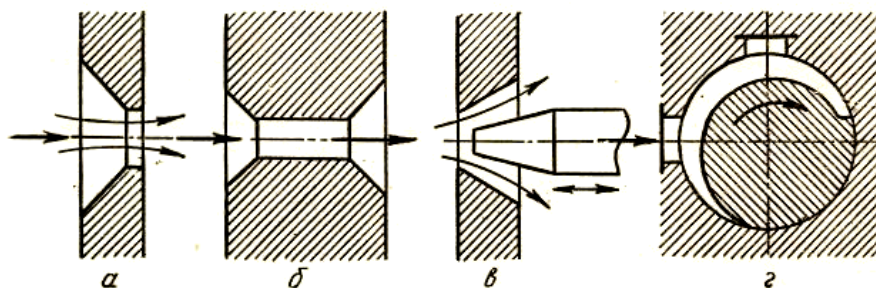
Reduksion klapan xarakteristikasi

Rasmdan ko'rinadiki, sarf ortganda reduktorga kirishdagi bosim qancha kichik bo'lsa, bosimning pasayish darajasi shuncha yuqori bo'ladi.

Drossel qurilmalarning vazifasi, ishlash prinsipi va xarakteristikasi.

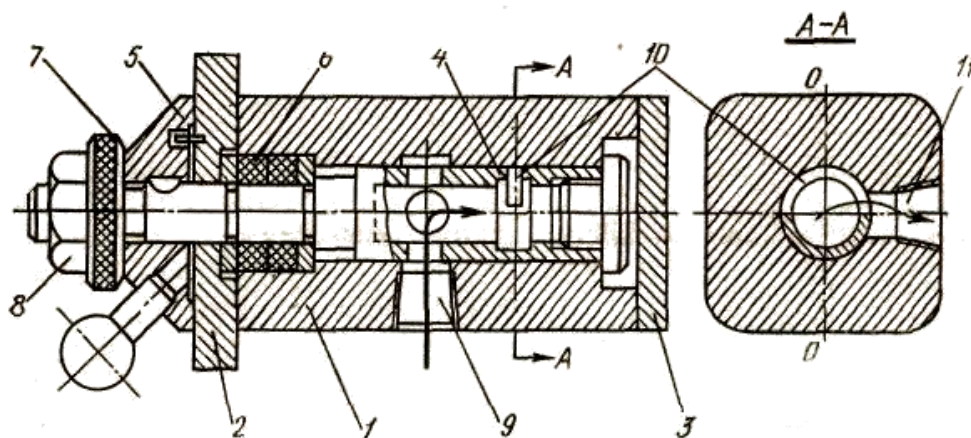
Gidrouzatmalarda drossel qurilmalar suyuqlik sarfini chegaralash va boshqarishi uchun qo'llaniladi hamda gidravlik qarshilik ko'rinishida bo'ladi. Boshqarilmaydigan gidravlik qarshilik yoki gidravlik dempferlar va boshqariluvchi gidravlik qarshiliklar (drossellar) drossel qurilmalar bo'lishi mumkin. Gidravlik dempferlardan gidroapparatlarning turli elementlari hamda qurilmalarida suyuqlikni turli tebranma va boshqacha beqaror harakatlari holida tormozlovchi (drossellovchi), ya'ni gidrouzatma apparatlari va mexanizmlarini barqarorlovchi sifatida foydalaniladi. Drossellar (3.43 rasm) suyuqlik sarfini o'tkazish kesimini o'zgartirish yo'li bilan boshqarishga mo'ljallangan. Gidrouzatmalarni drosselli boshqarish kichik quvvatli gidrodvigatellar tezligini boshqarishning eng ko'p tarqalgan turlaridan biridir.

Suyuqlik drossel tirqishidan o'tganda uning energiyasining bir qismi tirqish qarshiligini yengishga sarf bo'ladi, natijada gidrodvigatelning tezligi kamayadi. Drosselli boshqarishda berilayotgan energiya gidrodvigatelni berilgan tezlikda harakat qildirishga sarf bo'ladigan energiyadan ortiq bo'ladi. Boshqariladigan tirqishining shakliga qarab drossellar tirqishli va ariqchali bo'ladi (3.43 – rasm, v, g)



Drossellar

rasmda G-77 turidagi drossel ko'rsatilgan bo'lib, u korpus 1, oldingi qopqoq 2, orqa qopqoq 3, drossel 4, limba 5, tig'izlagich 6, shkala 7, gayka 8 dan iborat. Drosselga suyuqlik teshik 9 orqali kelib, tirqish 10 dan o'tib, 11 teshikdan chiqib ketadi.

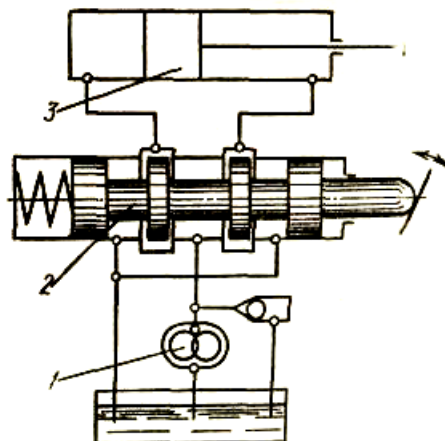


G-77 turdagi boshqariladigan drossel qurilmasi

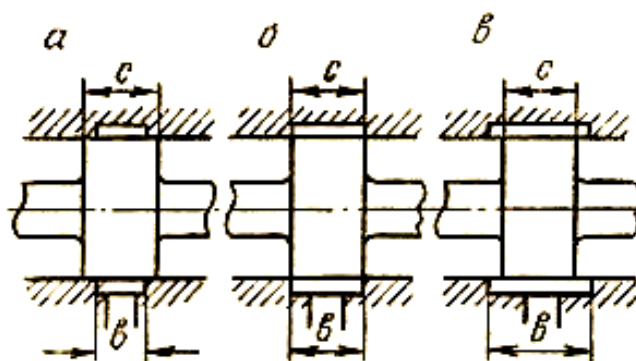
Drossel 4 tirqishining 0-0 o'qiga nisbatan hosil qilgan burchagiga qarab tirqishning o'tkazuvchi kesimi o'zgaradi, natijada drosseldan o'tuvchi suyuqlikning sarfi yo ortadi, yo kamayadi. Drossel moslanganda gayka 8 drossel 4 ning bimalol buralishi uchun chekkaga siqiladi. Keraklicha moslangan va barqarorlangan tirqish kesimi limba 5 ga siqib qo'yiluvchi gayka 8 bilan mahkamlanadi.

Drossel qurilmalar sifatida ish tuynugi kesimini o'zgartirish hisobiga trubalardagi suyuqlik tezligini o'zgartirishga imkon beruvchi maxsus zolotnikli (3.45 – rasm) boshqaruvchi drossellar ham ishlatiladi.

Boshqaruvchi zolotnik 2 da suyuqlik ikki marta drossellanadi. Suyuqlik nasos 1 dan zolotnikka bosim ostida kiradi. Zolotnik neytral holatdan siljib qolgan bo'lsa, unda gidrodvigatel 3 ning kirish va chiqish qismida 2 ta tuynuk hosil bo'ladi. Bu tuynuklar orqali suyuqlikning drossellanishi, energiyaaning yo'qotilishi va demak, bosimning kamayishi davom etadi. Ideal boshqaruvchi zolotnikda plunjer belbog'chasining eni drossellovchi tuynuk eniga teng bo'lishi kerak. Ammo amalda sezgirlikni oshirish uchun zolotnik suyuqlikni o'tkazuvchi qilib quriladi (3.46-rasm, v). Bunday zolotniklar belbog'ining eni tuynuk enidan bir necha mikronga kichik bo'ladi. Bir necha mikronli ko'p yopuvchi zolotniklar ham qo'llaniladi. Ko'p yopuvchi zolotniklarda (3.46 – rasm, a) neytral holatda, suyuqlikni qo'yib yuborish ancha kamayadi, lekin sezgirmaslik zonasi kattalashadi.



Zolotnikli boshqariluvchi drossel qurilmasi



Zolotnik belbog'ning tuynuk enini berkitish sxemasi

Filtrlar

Filtrlar moylarni ifloslanishdan saqlash va turli aralashmalardan tozalash uchun qo'llaniladi. Gidrouzatmalarda, odatda, havo va moy filtrlari o'rnatiladi.

Havo filtri moyni atmosferadan chang tushishidan saqlaydi, moy filtri esa moyga ish qismlarning sirtidan tushgan changsimon zarrachalardan tozalaydi. Moy filtri, odatda, sistemaning zarrachalardan tozalaydi. Moy filtri, odatda, sistemaning bosim chizig'ida o'rnatiladi, chunki filtr so'rish chizig'iga qo'yilsa, gidravlik bosimni oshirib yuboradi.

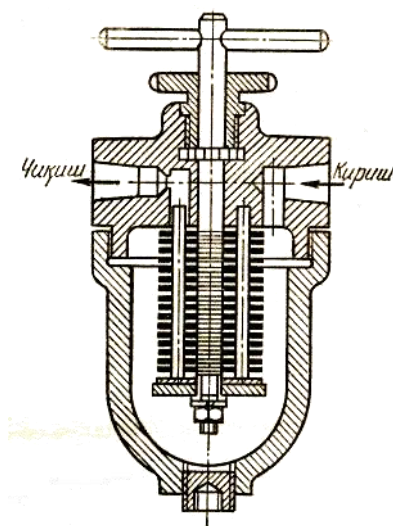
Gidrouzatma sistemasida kesimi millimetrning ulushlariga teng, suyuqlik o'tuvchi ariqchasi bo'lgan qurilmalar ko'p. Bunday tor yo'lakchalarda obliterasiya hodisasi sodir bo'ladi va gidravlik qarshilik ortadi. Agar suyuqlikda aralashmalar bo'lsa, u yo'lakchalarning ifloslanishiga olib keladi hamda qattiq zarralar moy bilan birga nisbiy harakatlanuvchi sirtlar orasidagi tor bo'shliqqa (masalan shtok bilan silindr orasidagi o'lchami 4-6 mkm bo'lgan oraliqqa) tushib, tekislangan sirtning buzilishiga olib keladi va sistemaning ishini yomonlashtiradi. Shunday qilib, ish suyuqligi tashqaridan tushgan aralashmalar (metall zarralar va moyning oksidlanish mahsuli) bilan ifloslangan bo'ladi.

Moyni ifloslovchi zarralar juda mayda bo'lib, 10 mikrondan oshmaydi, shuning uchun ular sistemada moy harakatlanganda cho'kmaydi, balki faqat cho'ktirgichlarda stoks qonuni bo'yicha cho'kadi. Suyuqlikda saralashmalarning miqdori GOST 6370-59 bo'yicha 0,005% dan oshmasligi kerak, bundan ortig'ini yo'qotish uchun filtrlardan foydalaniladi.

Havo filtrlari silindr shaklida o'ralgan av 1 sm yuzada 1000 ta teshik bo'lgan to'rdan iborat. To'r sirtiga moy qatlami chaplangan bo'lib, chang zarralari unga o'tirib qoladi. Filtrning ishlash vaqti mashina ishlayotgan joydagi atmosferaning ifloslik darajasiga bog'liq. Filtrni tozalash, odatda, har mavsumda amalga oshiriladi, masalan, qishdan yozga o'tishda yoki aksincha.

3.47-rasmda plastinkasimon sodda filtr tasvirlangan. Keyingi vaqtlarda tegishli metall sharlaridan tayyorlangan metall–keramik filtrlar ishlatilmoqda. Sharlarning kattaligi va materialini tanlash suyuqlikning ximiyaviy xossalari, mo'ljallangan ifloslik holati, issiqlik hamda bosimga bog'liqdir. Bunday filtrlardan o'tuvchi zarralarning eng katta diametri quyidagi formula yordamida hisoblanadi.

$$d = 0,155D,$$



Plastinkali sodda filtr

bu yerda D – filtrdagi sharlarning diametri.

Bunday filtrlar kattaligi 0,5 mkm bo'lgan zarralarni tutib qola oladi.

Filtr g'ovaklarining o'lchami kichik bo'lgani uchun ularning gidravlik qarshiligi bosim farqiga chiziqli bog'liq bo'ladi, qarshilik koeffitsiyenti esa Re soniga teskari proporsional bo'ladi.

Gidroakkumulyatorlar

Bunday qurilmalar to'g'risida ...-§ da to'liq yozilgan. Gidrouzatmaning yaxshi ishlashi uchun gidrodvigatelning eng katta sarfiga mos nasos yoki gidroakkumulyator tanlash zarur. Yuqori unumdorlikka ega bo'lgan nasosni qo'llash qisqa vaqt oralig'ida o'rinli bo'lib, qolgan vaqtda ortiqcha suyuqlik quyish bakiga chiqarib yuborilishi kerak. Agar nasosning so'rishi (sarfi) gidrosistema sarfidan ortiq bo'lsa, suyuqlik bosim ostida gidroakkumulyatorga to'planadi, agar sarf kamaysa, akkumulyator to'plagan suyuqligini sistemaga qaytarib beradi. Gidroakkumulyatorni qo'llash nasos FIK ni oshirish, nasos hosil qilgan bosim pulsasiyasini yo'qotib, gidrodvigatelning tekis ishlashini ta'minlash uchun zarur. Gidroakkumulyatorlar pnevmatik, yukli va prujinali bo'lishi mumkin. Pnevmatik gidroakkumulyatorlar eng ko'p tarqalgan (1.20 – rasmga, q.).

Nasos ta'minlay olmaydigan yuqori bosim olish uchun gidromultiplikatorlar qo'llaniladi (1.21-rasmga q.). Katta diametrli silindrga suyuqlik bosim ostida berilganda kichik diametrli silindrdagi plunjerning harakati natijasida yuzalar nisbatiga teng miqdorda kattalashgan bosim olish mumkin. Bu bosimning nazariy qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$P_2 = P_1 \frac{D^2}{d^2},$$

bu yerda P_1 —katta silindrdagi (nasos hosil qilgan) bosim; D — katta silindr diametri; d — kichik silindr diametri. ...-da bosimni hisoblashning amaliy formulasi (2.27) beril-

gan. Multiplikatorlar nasos bilan yuqori bosim hosil qilish kerak bo'lgan qism orasiga o'rnatiladi.

Gidrochiziqlar

Gidrochiziqlarni loyihalashda ularni gidravlik zarbadan saqlash masalasi muhim o'rin oladi. Buning uchun nasoslar, gidromotorlar boshqaruvchi va saqlagich qurilmalar ish tartibini kuch trubalari va bo'shatuvchi trubalarga moslash kerak. Shuni aytish kerakki, noto'g'ri hisoblangan va loyihalangan (yoki qurilgan) gidrosistema qattiq shovqin manbai bo'lib, kishilar sog'lig'iga salbiy ta'sir qiladi. Ko'p hollarda keskin shovqin gidrosistemada kamchilik borligining belgisidir. Shovqinning sabablari kavitatsiya, gidravlik zarba, havoning biror yerda tutilib qolishi va ilgarilama-qaytma harakat qiluvchi qismlarda massaning notekis taqsimlanishidan iborat bo'lishi mumkin. Shovqinni yo'qotishning asosiy yo'li yuqorida aytilgan kamchiliklarni yo'qotishdan iborat. Yo'qotib bo'lmaydigan shovqinlar faqat gidrosistemani kam tovush o'tkazuvchi materiallar bilan o'ralgan inshootlarda joylashtirish yo'li bilan yo'qotiladi yoki kamaytiriladi.

Sodda bir harakatli silindrlil gidrouzatma bakining hajmi $V_b = (5 \div 6)V_s$ – ga teng qilib olinadi. Aslida bakning hajmi gidrosistemaning suyuqlik sig'ira olishi, gidroakkumulyatorlarni to'ldirish va bo'shatishni, boshqa sig'implarni ham to'ldirish va bo'shatishni, suyuqlik hajmining temperatura ta'sirida o'zgarishini nazarda tutgan holda hisoblanadi. Yuz berishi mumkin bo'lgan oqib ketishlarning o'rmini to'latish uchun zapas hajm nazarda tutilgan bo'lishi kerak (bakning havoli hajmi uchun 10÷15% qo'shiladi).

Baklar kavsharlab, parchin mixlab tayyorlangan, ichki sovitgichli, qopqog'ida biror yordamchi qurilma o'rnatilgan bo'lishi mumkin. Bakning ichida qabul qiluvchi va quyuvchi qismlarini ajratuvchi to'siq bo'lib, tindirishni osonlashtiradi. Bakning tubida drenaj teshiklari bo'lishi mumkin.

Ish sharoitiga qarab qattiq va egiluvchan trubalar qo'llaniladi. Ko'pincha chok-siz po'lat trubalar, ba'zan alyuminiy va cho'yan qotishmali trubalar qo'llaniladi. Trubalarning tugunlar va bo'laklarga tutashgan qismlari mustahkam va germetik bo'lishi zarur. Hozirgi zamon gidrouzatmalarida plastmassa va shisha tolalardan tayyorlangan trubalar ham ishlatiladi.

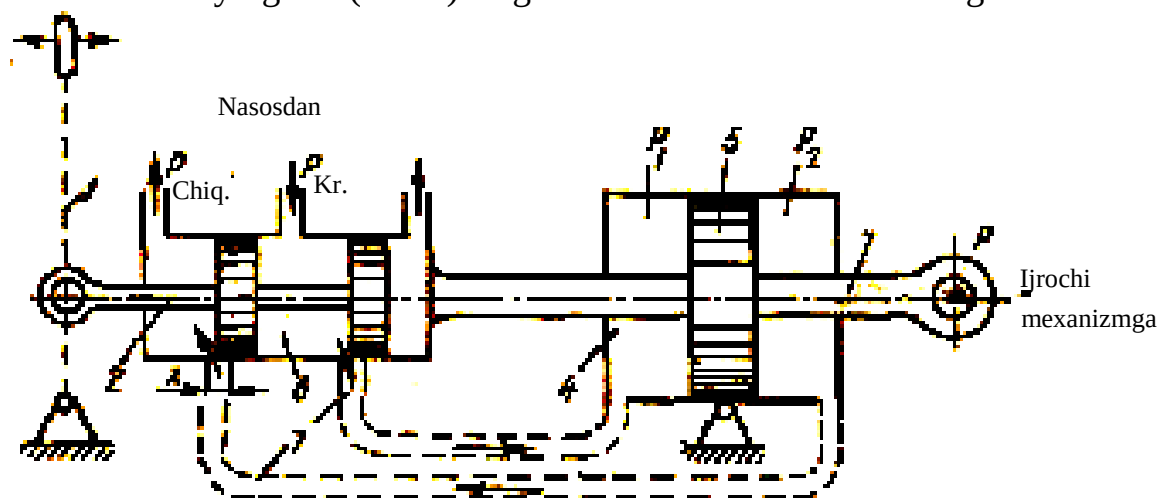
TAQLIDIY GIDROUZATMALAR

Vazifasi, qo'llanish sohasi, sxemasi, ishlash prinsipi, xarakteristikasi, asosiy parametrlari

Gidrodvigatelning boshqaruvchi qismining siljishi va tezligini tashqaridan berilgan signal bo'yicha avtomatik boshqaruvchi sistema bilan ta'minlangan gidrouzatmalar taqlidiy gidrouzatmalar deyiladi. Ularda porshen (shtok)ning harakati murakkabroq bo'lishi talab etiladi. Masalan, bir qancha boshqarish sistemalarida kush gidrosilindrning shtoki boshqarish dastasining harakatiga avtomatik tarzda shunday taqlid etadiki, boshqarish dastasining har bir holatiga shtokning tegishli zo'riqishga va siljish tezligiga ega bo'lgan holati mos keladi. Bu hollarda gidrosilindrlar gidrokuchaytirgichlar yoki busterlar deyiladi, chunki ijrochi qism dasta harakatini faqat takrorlamay, balki kuchaytirib ham beradi va olingan kuch dastaga qo'yilgandan ancha katta bo'ladi.

Zamonaviy mashinalarni boshqarish, odatda, gidrokuchaytirgichlar yordamida amalga oshiriladi, chunki boshqarish qismlaridagi kuch, ko'pincha, odamning muskul kuchidan ko'p marta ortiq bo'ladi.

Gidrokuchaytirgich (buster) ning sxemasi 3.48-rasmda keltirilgan.



Gidrokuchaytirgich

Boshqarish dastasini o'ngga surib, suyuqlikni bosim ostida kanal 3 orqali silindr 4 ning chap bo'shlig'iga yo'naltiruvchi o'ng bo'shlig'ini quyish trubasi bilan birlashtiruvchi zolotnik 2 siljiriladi. Nasos hosil qilgan bosim ta'sirida porshen 5 zolotnik 6 ning korpusi bilan birga zolotnikning silindrga suyuqlik beruvchi va oluvchi kanali berkilguncha siljib boradi.

Dasta va zolotnik o'ngga siljiganda suyuqlik silindrnining o'ng bo'shlig'iga beriladi va porshen chapga suriladi. Shunday qilib, ijrochi shtok 7 ijrochi mexanizm bilan bog'langan zolotnik 2 ning barcha harakatiga taqlid qilib ergashib boradi, lekin uning hosil qilgan kuchi zolotnikka qo'yilgan kuchdan ko'p marta katta bo'ladi.

Gidrokuchaytirgichni kuch uzatuvchi sifatidagi asosiy parametrlarini ko'ramiz. Gidrokuchaytirgichning ijrochi shtokidagi kuch, uning FIK i va hosil qilgan quvvati uchun formulalar chiqaramiz.

Gidrokuchaytirgichga berilgan bosim ijrochi shtokdagi kuchni yengishga va gidravlik qarshilikka sarf bo'ladi, ya'ni

$$p_0 = \Delta p_s + \sum p \quad (25.1)$$

bu yerda $p_0 = p_{kir} - p_{chiq}$ – gidrokuchaytirgichga kirish va undan chiqishdagi bosimlar farqi; $\Delta p_s = p_1 - p_2$ – silindrdagi bosimlar farqi ($\Delta p_s = P/S$); S - (shtok yuzasi ayirilgan) porshen yuzasi; $\sum p$ gidrokuchaytirgichga kirishdan chiqishgacha oraliqdagi yo'qotishlar yig'indisi.

Gidravlik yo'qotishlar, asosan, zolotnikning chala berkilgan ikki to'ynugida bo'ladi va bu yo'qotish kvadratik qonunga bo'ysunadi deb, hisoblasak, quyidagini olamiz:

$$\sum p = 2\zeta \frac{\rho v^2}{2g} \quad (25.2)$$

bu yerda ζ — zolotnik tuynugining qarshilik koeffitsiyenti; v – zolotnik tuynugidan suyuqlik oqish tezligi. Zolotnik tuynugi, odatda, to'g'ri to'rtburchak shaklida

bo'lgani uchun uning bir tomoni o'zgaras b ga, ikkinchi tomoni o'zgaruvchi x ga teng deb, sarf tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = vs = vb x \quad (25.3)$$

Bundan tezlik v ni sarf Q orqali ifodalasak, $\sum p$ ni o'rniga qo'yib, ushbuni olamiz:

$$p_0 = \Delta p_s + 2\zeta\gamma \frac{Q^2}{2g(bx)^2} \quad (25.4)$$

Yoki

$$p_0 = \Delta p_s + K \frac{Q^2}{x^2} \quad (25.5)$$

bu yerda

$$K = \frac{\zeta\gamma}{gb^2} \quad (25.6)$$

K ni taxminan o'zgaras va sarfga bog'liq emas deb qarash mumkin. Agar gidrokuchaytirgichni o'zgaras bosimli boshqariluvchi nasos ta'minlasa va suyuqlik keltiriluvchi trubalardagi gidravlik yo'qotishlarni tashlab yuborish mumkin deb qaralsa, u holda bosim p_0 ham o'zgaras bo'ladi va nasos hosil qilgan bosimga mos keladi. Ijrochi shtokda zo'riqish bo'lmasa $p_0 = 0$ va $\Delta p_n = 0$ zolotnik tuynugi to'liq ochilganda ($x = x_{\max} = l$), gidrokuchaytirgichda suyuqlikni so'rish (sarf) $Q = Q_{\max}$ bo'ladi.

Bu holda (25.5) tenglamadan

$$K = p_0 \frac{x_{\max}^2}{Q_{\max}^2} \quad (25.7)$$

Olingan miqdorni (25.5) tenglamaga qo'ysak va uni Δp_n ga nisbatan yechsak, ushbuni olamiz:

$$\Delta p_s = p_0 \left(1 - \frac{\bar{Q}^2}{x_{\max}^2} \right). \quad (25.8)$$

Nisbiy sarf ($\bar{Q}$ yoki nisbiy tezlik $\bar{v}$) va zolotnik tuynugining ochilish darajasi $\bar{x}$ belgilarini kiritsak

$$\bar{Q} = \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{v}{v_{\max}} = \bar{v}$$

$$\bar{x} = \frac{x}{x_{\max}}.$$

Ijrochi shtokdagi kuchni quyidagicha aniqlash mumkin:

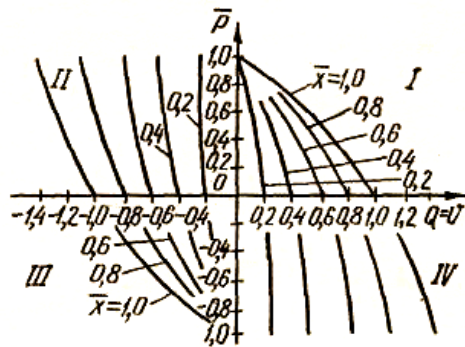
$$P = \Delta p_s S = p_0 S \left(1 - \frac{\bar{Q}^2}{\bar{x}^2} \right). \quad (25.9)$$

U holda nisbiy yuklanish $\bar{r}$ shunday topiladi:

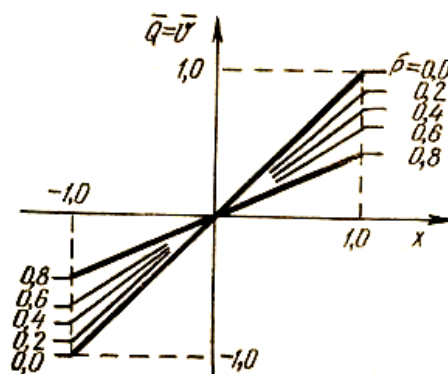
$$\bar{r} = \frac{P}{p_0 S} = 1 - \frac{\bar{Q}^2}{\bar{x}^2} = 1 - \frac{\bar{v}^2}{\bar{x}^2}. \quad (25.10)$$

Olingan tenglama gidrokuchaytirgichning statik xarakteristikasini tuzishga, ya'ni $\bar{x}$ ning turli qiymatlari uchun $\bar{r}$ va $\bar{Q}$ ning bog'lanishini (3.49-rasm) qurishga imkon beradi. Grafik $\bar{Q}$ va $\bar{x}$ ning manfiy va musbat qiymatlari, ya'ni zolotnik va shtokning, de-

makki, suyuqlikning birinchi va ikkinchi yo'nalishlardagi harakati uchun ko'rilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, tezlik v ning faqat kichik qiymatlaridagina shtokdagi kuch maksimal qiymati ($P = p_0 S$) ga yaqinlashadi. Ijrochi shtok qancha tez surilsa, shuncha kichik qarshilikka uchraydi. Egri chiziqli abstsissa o'qini kesib o'tganda shtokdagi kuch ishorasini o'zgartiradi, ya'ni yana o'sib boradi, gidrosilindr esa nasos rejimiga o'tadi. Shunday qilib, grafikda I va III kvadrantlarda gidrosilindr gidrodvigateldek ishlaydi va yuklanishni yenguvchi ish bajaradi, II va IV kvadrantlarda esa nasosdek ishlab suyuqlikni asosiy nasos haydagan yo'nalishda haydaydi.



Gidrokuchaytirgichning statik xarakteristikasi ($\bar{p}$ va $\bar{Q}$ yoki $\bar{x}$ koordinatalarida)

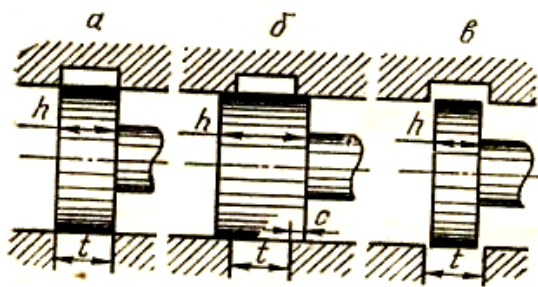


Gidrokuchaytirgichning statik xarakteristikasi ($\bar{Q}$ va $\bar{v}$ yoki $\bar{x}$ koordinatalarida)

Statik xarakteristikani boshqa koordinatalar sistemasida ham qurish mumkin. (25.10) tenglamani $Q=v$ ga nisbatan yechamiz:

$$\bar{Q} = \bar{v} = \bar{x} \sqrt{1-p} \quad (25.11)$$

va $\bar{Q} = \bar{v}$ ning $\bar{x}$ ning turli qiymatlarida $\bar{p}$ ga bog'liq munosabatini (3.50-rasm) tuzamiz. x o'qiga qiyalik burchagi, gidrokuchaytirgichning ijrochi shtokidagi yuklanish qancha katta bo'lsa, shuncha kichik bo'lgan to'g'ri chiziqlarni olamiz. $p=1$ bo'lganda gidrokuchaytirgichning xarakteristikasi abstsissa o'qi bilan ustma-ust tushadi, boshqacha aytganda ijrochi shtokning tezligi nolga teng bo'ladi. Gidrokuchaytirgichning xarakteristikasiga zolotnikning yopilishi, ya'ni zolotnik porshenining kengligi h va zolotnik tuynugining eni l ta'sir qiladi. Shuning uchun zolotniklar quyidagicha ajratiladi: $h=l$ bo'lgan ideal zolotnik (3.51-rasm, a); $h>1$ bo'lgan musbat berkilishli zolotnik 3.51-rasm, b va $h<1$ bo'lgan manfiy berkilishli yoki o'tkazuvchi zolotnik 3.51-rasm, v.

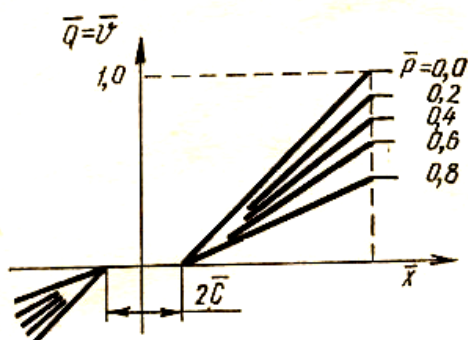


Gidrokuchaytirgichlarda qo'llaniladigan zolotniklar

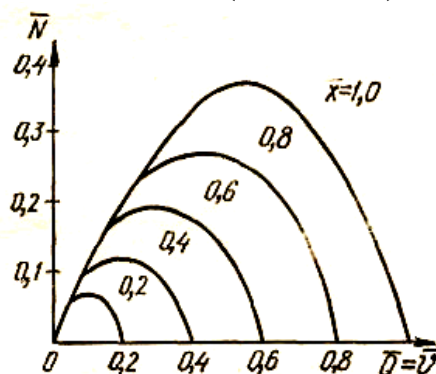
Berkilish kattaligi qilib quyidagi qabul qilingan.

$$C = \frac{h-l}{2} \text{ yoki } \bar{C} = \frac{h-l}{2l} \quad (25.12)$$

3.50-rasmda keltirilgan xarakteristika ideal zolotnikka ($C=0$) tegishlidir. Musbat berkilishli zolotnikning xarakteristikasida o'lchami $2C$ bo'lgan sezgirmaslik zonasi hosil bo'ladi va bu kamchilik hisoblanadi, lekin germetiklikni oshiradi (3.52-rasm).



Musbat berkitishli zolotnik qo'llanilgan gidrokuchaytirgichlarda statik xarakteristika ($\bar{Q}$ yoki $\bar{v}$ va $\bar{x}$ koordinatalarida)



Gidrokuchaytirgichlarda nisbiy quvvatning $\bar{Q}$ ga bog'liqligi grafigi

O'tkazuvchi zolotnikda bosim chizig'idan suyuqlikning quyilishga oqib ketishi demakki, quvvatning pasayishi sodir bo'ladi. Amalda sezgirmaslik zonasi yo'q, chunki zolotnikning betaraf holatdan ozgina siljishida kuch gidrosilindrida bosimlar farqi paydo bo'ladi.

Gidrokuchaytirgichning foydali ish koeffitsiyenti ijrochi shtokning bir sekundlik ishinig oqimning gidrokuchaytirgichga bergan quvvatiga nisbatidan iborat, ya'ni

$$\eta = \frac{P_v}{p_0 Q} = \frac{\Delta p_v S_v}{p_0 S_v} = \frac{\Delta p_s}{p_0} = \bar{p}. \quad (25.13)$$

Demak, gidrokuchaytirgichning FIKi shtokdagi nisbiy yuklanishga teng va p ning o'zgarish qonuni bo'yicha o'zgaradi.

Gidrokuchaytirgichning foydali quvvati quyidagiga teng

$$N = P_v \quad (25.14)$$

Nisbiy quvvat esa quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{N} = \frac{P_v}{p_0 S_{v_{\max}}} = \bar{p} \bar{v}. \quad (25.15)$$

(25.10) formuladan foydalansak va $\bar{v} = \bar{Q}$ ni hisobga olsak,

$$\bar{N} = \left[1 - \frac{\bar{Q}^2}{\bar{x}^2} \right] \bar{Q} \quad (25.16)$$

rasmda turli $\bar{x}$ larda nisbiy quvvat $\bar{N}$ ning $\bar{Q}$ ga bogliqlik grafigi keltirilgan.

Nisbiy sarf $\bar{Q}$ ning eng ko'p quvvatga to'g'ri kelgan qiymatini topamiz: $x = 1$ da (25.16) da ushbuni olamiz:

$$\bar{N}_{\bar{x}=1} = (1 - \bar{Q}^2) \bar{Q} \quad (25.17)$$

Olingan kattalikni $\bar{Q}$ bo'yicha hosila olib va nolga tenglashitirib, quyidagini olamiz:

$$\frac{d\bar{N}}{d\bar{Q}} = 1 - 3\bar{Q}^2 = 0 \quad (25.18)$$

Bundan maksimal nisbiy quvvatga tegishli optimal nisbiy sarf shiqadi

$$\bar{Q}_{opt} = \bar{v}_{opt} = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,58 \quad (25.19)$$

Bu holda maksimal nisbiy quvvatni topish qiyin emas.

$$\bar{N}_{max} = \left(1 - \frac{1}{3}\right) \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,385. \quad (25.20)$$

Bu formuladan shtokning nisbiy yuklanishi yoki gidrokuchaytirgichning FIKi topiladi:

$$\bar{p} = \eta = \frac{2}{3}. \quad (25.21)$$

Endi maksimal quvvatning absolyut qiymatini topamiz:

$$N_{max} = \frac{2}{3\sqrt{3}} p_0 S v_{max} = \frac{2}{3\sqrt{3}} Q_{max} p_0. \quad (25.22)$$

Q_{max} ni yuqorida keltirilgan K ning formulasi (25.7) dan topamiz:

$$Q_{max} = x_{max} \sqrt{\frac{p_0}{K}}. \quad (25.23)$$

Buni yuqoridagi munosabatga qo'ysak, N_{max} ning K ga bog'liqlik funksiyasini topamiz:

$$N_{max} = \frac{2}{3\sqrt{3}} \frac{x_{max}}{\sqrt{R}} p_0^{3/2}. \quad (25.24)$$

Keltirilgan bu formulalar gidrokuchaytirgichlarni hisoblash uchun asosiy formulalar bo'lib xizmat qiladi.

Foydalaniladigan adabiyotlar ro'yxati:
Asosiy adabiyotlar:

1. E.A. Tursunova, A.A. Mukolyans "Suyuqlik va gaz mexanikasi" O'quv qullanma. ToshDTU.; 2014.
2. A.A. Karimov, A.A. Shokirov, A.A. Mukolyans "Gidravlika asoslari, naoslar va kompressorlar" O'quv qullanma. NOSHIR.; T. 2013.
3. A.A. SHokirov, A.A. Karimov. "I'xcham gidravlika" O'quv qullanma. T.; 2010.
4. Q.SH. Latipov. "Gidravlika, gidromashinalar va gidropnevmoymurit-gichlar". Darslik. T.;1994.
5. Q.SH. Latipov. "Gidravlika va gidroyuritmalalar". Darslik. - T., 1992.
6. A.YU. Umarov. Gidravlika. Darslik. «O'zbekiston». T.; 2002.
7. D.R. Bozorov, R.M. Karimov. Gidravlika asoslari. Darslik. T.; 2004.
8. V.S. Dulin. A.N. Zarya. Gidravlika i gidroprivod. Uchebnik.- M.: Nedra.; 1991.
9. A.D. Girgidov. Mexanika jidkosti i gaza (Gidravlika). Uchebnik Sankt-Peterburg. Izdatelstvo SPbGPU. 2004.

Qo'shimcha adabiyotlar:

1. A.A. Karimov, A.A. Shokirov, A.A. Mukolyans "Gidrogazodinamika, naoslar, ventilyatorlar va kompressorlar" O'quv metodik qullanma. ToshDTU.; 2014.
2. A.A. Mukolyants, A.A. SHokirov, A.A. Karimov. Gidrogazdinamika, nasosy, ventilyatory i kompressory «Uchebno-metodicheskoy posobiye» ToshGTU.; 2012.
3. A.A. SHokirov, A.A. Karimov, A.A. Mukolyants, G.B. Isroilova. Gidravlika fanidan tajriba ishlari uchun metodik ko'rsatma. - T.: 2008.
4. A.A. Karimov, A.A. Mukolyants. Gidravlika fanidan tajriba ishlari uchun metodik ko'rsatma. - T.; 2002.
5. B.A. Aliyev, Mukolyants, A.A. Karimov i dr. Gidrogazodina-mika nefti i gaza v protsesse ekspluatatsii neftegazoxranilish «Uchebno-metodicheskoy posobiye» ToshGTU.; 2012.
6. P.X. Ubaydullaev, B.P. Ubaydullaev. Amaliy suyuqlik mexanikasi (gidravlika) o'quv qo'llanma. - T.; 2003.
7. A.A. SHokirov, A.A. Hamidov, SH.R. Isanov. Gidromexanikadan laboratoriya amaliyotlari (o'quv qo'llanma). – Toshkent,; 2004.

Internet saytlari:

1. kgge.ukoz.net;
2. <http://www.uzbekistan.uz>;
3. <http://www.bilim.uz>;
4. <http://www.ges.ru>;
5. <http://www.nasos.ru>;
6. <http://www.energy.narod.ru>.

