

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI**

**SAN'ATSHUNOSLIK FAKUL'TETI**

**TEXNOLOGIK TA'LIM KAFEDRASI**

**“GIDROAVTOMATIKA”**

fanidan

**O'QUV –USLUBIY MAJMUA**

**NAMANGAN-2022**

Ushbu o'quv-uslubiy majmuada "Gidroavtomatika" fanidan -mavzular matni, tajriba va amaliy mashg'ulotlarni bajarish bo'yicha tayyorlangan uslubiy ko'rsatmalar hamda nazoratlar bo'yicha topshiriqlar, test savollari, izohli lug'at jamlangan.

Ushbu o'quv-uslubiy majmua oliy o'quv yurtlarining professor-o'qituvchilari, ilmiy xodimlar, tadqiqotchilar va "Gidroavtomatika" faniga qiziquvchilar foydalanishlari mumkin.

**Tuzuvchi:**

**dots. I.Uluhanov**

**Taqrizchilar:**

**t.f.d., prof. Boyboboev N. (NamMQI)**

**t.f.d., prof. Umrzaqov A.X. (NamMQI)**

O'quv-uslubiy majmua "Texnologik ta'lim" kafedrasining «26» «08» 2028 yildagi №1-sonli bayonnomasi bilan muhokama qilingan va tavsiya qilingan.

O'quv-uslubiy majmua Namangan davlat universiteti ilmiy-uslubiy kengashining «\_\_» «\_\_\_\_\_» 2022 y. №\_\_ - sonli qaroriga muvofiq o'quv jarayoniga tadbiq etilgan.

## O'QUV – USLUBIY MAJMUANING TARKIBI

№	Mundarija	Bet
1.	O'quv-metodik materiallar .....	4
1.1.	Mavzular matni .....	4
1.2.	Seminar va amaliy mashg'ulotlarni bajarishga uslubiy ko'rsatmalar.....	
2.	Glossariy .....	
2.1.	Fan uchun xorijiy va o'zbek tilidagi adabiyot (elektron shaklda)	
2.2.	Taqdimotlar (elektron shaklda)	
3.	Qo'shimcha o'quv va ilmiy material (elektron shaklda).	
4.	Mavzuni o'zlashtirish uchun materiallar (elektron shaklda)	
5.	Fan dasturi.....	187
6.	Ishchi o'quv dastur.....	195

**1-mavzu. Kirish. “Gidroavtomatika” fanining tarixi va rivojlanishi. Hozirgi zamon talabiga mos ravishda texnikaning. Barcha sohalarida ishlatilishida hamda loyihalash.**

Gidravlikaning rivojlanishi haqida qisqacha ma`lumot

Suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlarini hamda bu qonunlarning texnikaning turli sohalariga tatbiq etilishini o`rganuvchi fan gidravlika deb ataladi.

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

Gidravlika irrigatsiya, suv ta`minoti va kanalizatsiya, neft mexanikasi kabi bir qancha fanlarga asos bo`ladi.

Gidravlika eng qadimgi fanlardan hisoblanadi. Arxeologik tekshirishlar odamlar juda qadim zamonlarda ham turli gidrotexnik inshootlar qurishni bilganliklarini ko`rsatadi.

Arxeologik qazilmalarning guvohlik berishicha, eramizdan oldingi to`rt-uch minginchi yillardan boshlab qulfaklik hovuzlar, korizlar (er osti ariqlari), eramizning boshlarida esa Afrosiyobda vodoprovod qurilgan.

O`rta asrlarda qurilgan suv inshootlariga Forish va Nurotadagi suv omborlari misol bo`la oladi. Bu suv omborlarining suv kiradigan qismi tor va oqib chiqadigan qismi keng qilib ishlangan. O`sha zamonlarda quvurlardan foydalanish suvning dinamik bosimi haqida quruvchilar ma`lum tushunchaga ega ekanliklaridan darak beradi. Ammo loyhalarni - chiqarib tashlash usullarining yo`qligi ular loyhalarning cho`kish qonuniyatlaridan bexabar ekanliklaridan dalolat beradi. Bu inshootlarni hisoblash haqidagi ma`lumotlar saqlanmagan, bular asosan tajribalarga asoslanib qurilgan deb taxmin qilsa bo`ladi.

Bizgacha etib kelgan, gidravlikaga aloqador ilmiy ishlardan birinchisi Arximedning «Suzib yuruvchi jismlar haqida» nomli asaridir. Suyuqlikka oid qonunlarning ochilishi XVI— XVII asrlardan boshlandi. Bularga Leonardo da Vinchining suyuqliklarning o`zandagi va trubadagi harakati hamda jismlarning suzib yurishi, S. Stevinning suyuqlikning idish tubiga va devorlariga ta`sir qiluvchi kuchi, G. Galileyning jismlarning suyuqliklardagi harakati va muvozapati, E. Torichellining suyuqliklarning kichik teshikdan oqib chiqishi, B. Paskalning bosimning suyuqlikda uzatilishi, I. Nyutonning suyuqliklardagi ichki qarshiliklar qonuni haqidagi ishlar kiradi.

Keyinchalik suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlari ikki yo'nalishda rivojlangan. Bulardan biri tajribalarga asoslangan gidravlika bo'lsa, ikkinchisi nazariy mexanikaning mustaqil bo'limi bo'lgan nazariy gidromexanika edi.

Nazariy gidromexanika aniq matematikaga tayangan bo'lib, suyuqlik qonunlarini differentsial tenglamalar bilan ifodalash va ularni echishga asoslanadi. Bu nazariy bilimlarning taraqqiy etishiga XVII—XVIII asrlarda yashagan buyuk matematiklar L. Epler, D. Bernulli va Lagranjning ilmiy asarlari asos bo'ldi. U vaqtdagi ishlar sof nazariy bo'lib, suyuqliklarning fizik xossalarini ideallashtirib ko'rar va olingan natijalar harakat tarzlarini ko'rsatgani bilan tajriba natijalaridan juda uzoqda edi. SHuning uchun ular, tabiiyki, gidromexanikaning rivojlanishida aytarliq muhim rol o'ynay olmas va gidromexanikaning o'sha zamon texnikasiga qo'ygan talabiga javob bera olmas edi. XVIII—XIX asrlarda SHEzi, Darsi, Bussinesk, Veysbax va boshqa olimlarning ishlari gidravlika fanining asosi bo'ldi.

Keyinchalik gidravlika bilan gidromexanika fani bir-biriga yaqinlashib, o'zaro bir-birini to'latuvchi fanga aylandi. Bu narsa asrimiz boshida ijod etgan talantli olim L. Prandtlning nomi bilan bog'liq.

Gidravlika xulosalari suyuqlik harakatining soddalashtirilgan sxemalari asosida tuziladi. Nazariy tenglamalarga epirik koeffitsientlar kiritib, ular tajribalar o'tkazish yo'li bilan aniqlanadi. Gidravlikada oqimning kesimi bo'yicha o'rtacha tezligi va bosimning harakat davomida yo'lning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o'tganda qanday o'zgarib borishi tekshiriladi.

Hozirgi zamon gidravlikasi nazariyani tajriba bilan bog'lab, nazariy tekshirishlarni tajribada sinash, tajriba natijalarini esa nazariy umumlashtirish bilan rivojlantirib boruvchi hamda o'z tekshirishlarida gidromexanikaning usullari va yutuqlaridan foydalanuvchi fandır. Bu esa gidravlika na gidromexanika fanlari orasidagi farqni kamaytirib boradi.

### Suyuqliklar to'g'risida asosiy tushunchalar

Juda kichik kuchlar ta'sirida o'z shaklini o'zgartiruvchi fizik jismlar suyuqliklar deb ataladi. Suyuqliklar qattiq jismlardan o'z zarrachalarining juda harakatchanligi bilan farq qiladi va oquvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi.

Gidravlikada suyuqliklar ikki gruppaga bo'linadi: tomchilanuvchi va gazzimon suyuqliklar. Suyuqlik deganda tomchilanuvchi suyuqlik tushuniladi. Ularga suv, spirt, neft, simob, turli moylar va boshqalar kiradi. Tomchilanuvchi

suyuqliklar bir qancha xususiyatga ega: 1) hajmi bosim ta'sirida juda kam o'zgaradi; 2) temperatura o'zgarishi bilan hajmi o'zgaradi; 3) cho'zuvchi kuchlarga deyarlik qarshilik ko'rsatmaydi; 4) sirtida molekulalararo qovushoqlik kuchi yuzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi. Tomchilanuvchi suyuqliklarning boshqa xususiyatlari to'g'risida keyinchalik to'xtalib o'tamiz.

Gazlar tomchilanuvchi suyuqliklarga nisbatan tez harakatlanuvchi zarrachalardan iborat bo'lib, ularning hajmi bosim va temperatura ta'sirida tezroq o'zgaradi. Ularda cho'zuvchi kuchga ko'rsatiladigan qarshilik va qovushoqlik kuchi tomchilanuvchi suyuqliklarga nisbatan kichik. Gazlar gaz dinamikasi, termodinamika va aerodinamika fanlarida o'rganiladi.

Gidravlika kursi asosan tomchilanuvchi suyuqliklar bilan shug'ullanadi. SHuning uchun tomchilanuvchi suyuqliklarni to'g'ridan -to'g'ri suyuqlik deb ataymiz.

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

Suyuqliklar siljituvchi kuchlarga sezilarli qarshilik ko'rstadi va ichki kuchlar sifatida namoyon bo'ladi. Bu kuchlarni aniqlash suyuqliklarning harakatini tekshirishda muhim ahamiyatga ega.

Suyuqliklarning fizik xossalari. Bu xossalarning temperatura va bosimga bog'liqligi

### **Suyuqliklarning fizik xossalari. Bu xossalarning temperatura va bosimga bog'liqligi**

1. Solishtirma og'irlik. Hajm birligidagi modda og'irligi suyuqliklarning solishtirma og'irligi deb ataladi va grekcha  $\gamma$  harfi bilan belgilanadi. YUqorida aytilgan ta'rifga asosan:

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

bu erda  $V$  - suyuqlik hajmi;  $G$  - og'irligi.

Solishtirma og'irlikning o'lchov birligi SI sistemasida:

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

texnik sistemada esa  $kG/m^3$  bo'lib, ular o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$1 \text{ kg/m}^3 = 9,80665 \text{ N/m}^3$$

Solishtirma og'irlik hajmi avvaldan ma'lum bo'lgan idishdagi suyuqliklarning og'irligini o'lchash uculi bilan yoki areometrlar yordami bilan aniqlanadi.

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

$$\frac{P}{\gamma} = RT, \quad (1.2)$$

bu erda  $r$  - bosim,  $T$  - absolyut temperatura,  $R$  - gaz donmiysi

$$\left( R_{\text{havo}} = 287 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}; R_{\text{метан}} = 518 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \right).$$

Suyuqlik solishtirma og'irligining  $4^0S$  dagi suvning solishtirma og'irligiga nisbati uning nisbiy solishtirma og'irligi bo'ladi. Masalan, mineral moyning nisbiy solishtirma og'irligi 0,9 ga teng:

$$\frac{\gamma_{\text{ММОИ}}}{\gamma_{\text{св}}} = 0,9; \quad \gamma_{\text{ММОИ}} = \gamma_{\text{св}} \cdot 0,9$$

**2. Solishtirma hajm.** Suyuqlikning og'irlik birligiga to'g'ri kelgan, hajmi suyuqliklarning solishtirma hajmi deyiladi va hajmni og'irlikka bo'lish yo'li bilan aniqlanadi:

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

(1.1) va (1.3) formulalardan ko'rinib turibdiki,

$$\gamma \cdot v = 1 \quad \text{yoki} \quad v = \frac{1}{\gamma}$$

Solishtirma hajmning o'lchov birligi SI sistemasida:

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

Solishtirma hajm ham solishtirma og'irlik kabi bosim va temperaturaga bog'liq:

$$pv = RT \quad (1.4)$$

**3. Zichlik.** Suyuqlikning hajm birligiga to'g'ri kelgan tinch holatdagi massasi suyuqlikning zichligi deb ataladi:

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

bu erda M - suyuqlikning massasi.

Zichlikning o'lchov birligi quyidagicha:

$$[p] = \frac{[M]}{[V]} = \frac{H \cdot c^2}{M^4}$$

Ba`zan nisbiy zichlik tushunchasi kiritiladi. Suyuqlik zichligining suvning 4<sup>0</sup>S temperaturadagi zichligiga nisbati uning nisbiy zichligi bo'ladi. (1.5) va (1.1) lardan ko'rinib turibdiki, zichlik bilan solishtirma og'irlik o'zaro quyidagicha bog'langan:

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

V holda nisbiy zichlik solishtirma og'irlik orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{\text{нисб}} = \frac{M_{\text{суюк}}}{M_{\text{суг}}} = \frac{G_{\text{суюк}}}{G_{\text{суг}}} = \gamma_{\text{нисб}} \quad (1.7)$$

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

$$p_t = \frac{p_{20}}{1 + \beta_t(t - 20)} \quad (1.8)$$

bu orda  $t$  - temperatura (birligi <sup>0</sup>S);  $\beta_t$  - hajmiy kengayish temperatura koeffitsienti;  $p_{20}$  - suyuqlikning 20<sup>0</sup>S dagi zichligi. Suvning zichligi bu qonundan mustasno bo'lib, uning zichligi eng katta qiymatiga 4<sup>0</sup>S (aniqrog'i 3,98<sup>0</sup>S) da ega



bo'ladi. Uning temperaturasi bundan oshsa ham, kamaysa ham zichligi kamayib boradi.

**4. Suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi.** Zichlik issiqlik o'zgarishi bilan o'zgarib boradi. Demak, issiqlik o'zgarishi bilan hajm ham o'zgaradi.

Suyuqliklarning bu xususiyatlaridan gidravlik mashinalarni hisoblashda va turli masalalarni hal qilishda foydalaniladi.

Suyuqliklarning bu xususiyatlaridan foydalanib, suyuqlik termometrlari va boshqa turli o'lchov asboblari yaratilgan.

Suyuqliklarning xajmiy kengayishini ifodalash uchun hajmiy kengayish temperatura koeffitsienti degan tushuncha kiritilib, u  $\beta_t$ , bilan belgilanadi. Birlik hajmdagi suyuqlikning temperaturasi  $1^{\circ}\text{S}$  ga oshgandagi kengaygan miqdoriga uning hajmiy kengayish temperatura koeffitsienti deyiladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

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

bu erda  $\Delta V = V - V_0$  - qizdirilgandan keyingi va boshlang'ich hajmlar ayirmasi;  $\Delta t = t - t_0$  - temperaturalar ayirmasi;

$[\beta_t] = \frac{1}{\text{zpa}\delta}$ ;  $\beta_t$  - juda kichik qiymat bo'lib, u  $t = 20^{\circ}\text{S}$  da suv uchun  $\beta_t = 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{zpa}\delta}$ , mineral moylar uchun  $\beta_t = 7 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{zpa}\delta}$ ; simob uchun  $\beta_t = 18 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{zpa}\delta}$  ga teng.

**5. Suyuqliklarning siqilishi.** Texnikada va tabiatda bosim juda katta bo'lgan hollar uchraydi. Bunda suyuqlikning umumiy hajmi katta bo'lsa, hajmning o'zgarishi sezilarlik miqdorga ega bo'ladi va u hisobga olinadi.

Suyuqliklarning siqilishini hisoblashda hajmiy siqilish koeffitsienti degan tushuncha kiritiladi va u  $\beta_p$  bilan belgilanadi (ba'zida  $\beta_v$  bilan belgilanadi). Bosimni bir birlikka oshirganda suyuqlikning hajm birligida kamaygan miqdori hajmiy siqilish koeffitsienti deyiladi va u quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\beta_p = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (1.10)$$

Bu erda  $\Delta r=r-r_0$  - o'zgargan va boshlang'ich bosimlar ayirmasi  $\beta_r$  ham  $\beta_r$  kabi kichik miqdor bo'lib ( $t=20^{\circ}\text{S}$  da suv uchun  $\beta_p=4,9\cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/mn, mineral moylar uchun  $\beta_r=6\cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/mn), ko'p hollarda hisobga olinmaydi.

### **Yakunlovchi qism.** (10 daqiqa)

#### **11-ilova**

**Uy vazifa beradi:** 8-ilovani oxiriga etkazish va mavzu bo'yicha «Klaster» tuzib kelish.

### **2-mavzu. Suyukliklarda bosimning uzatilishi.**

#### **Quvurlarning gidravlik hisoblarini, bosim taqsimotini, nasoslarni, gidrotizimlarni loyihalash.**

Tinch turgan suyuqlikga ta'sir etuvchi kuchlar. Hidrostatik bosim va uning xossalari. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi. Bosimi teng sirtlar, erkin sirt, og'irlik kuchi ta'sirida tinch turgan suyuqliklarda bosimning uzatilishi. Paskal konuni mavzusidagi anjuman-ma'ruza ta'lim texnologiyasi modeli

Tinch turgan suyuqlikga ta'sir etuvchi kuchlar. Hidrostatik bosim va uning xossalari. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi. Bosimi teng sirtlar, erkin sirt, og'irlik kuchi ta'sirida tinch turgan suyuqliklarda bosimning uzatilishi. Paskal konuni mavzusidagi anjumanma'ruzaning texnologik kartasi

Gidrostatika - gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini o'rganadigan bo'limidir. Bu qonunlarni o'rganish suyuqliklar orqali kuchlarni uzatish bilan bog'liq masalalarni hal qilishda muhim ahamiyatga ega, bundan tashqari, gidrostatika suyuqliklarga to'liq yoki qisman botirilgan qattiq jismlarning muvozanat qonunlarini ham o'rganadi.

Odatda, suyuqliklar muvozanat holatida bo'lganda, uning ayrim bo'laklariga bo'lgan ta'siri hamda suyuqlik saqlanayotgan idish devorlariga va suyuqlikka botirilgan jisimga ta'siri bosim orqali ifodalanadi.

#### **Tinch turgan suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlar**

Suyuqliklarga ta`sir qiluvchi kuchlar qo`yilish usuliga qarab ichki va tashqi kuchlarga bo`linadi.

*Ichki kuchlar* - suyuqlik zarrachalarining o`zaro ta`siri natijasida vujudga keladi.

*Tashqi kuchlar* - suyuqlikka boshqa jismlarning ta`sirini ifodalaydi (masalan, suyuqlik solingan idish devorlarining ta`siri, ochiq yuzaga ta`sir qilayotgan havo bosimi va hokazo). Ichki kuchlar siljitivchi kuchlarga ko`rsatiladigan qarshilik sifatida namoyon bo`ladi va ichki ishqalanish kuchi deb ataladi. Tashqi kuchlarni yuz bo`yicha ta`sir qiluvchi kuchlar sifatida ko`rish mumkin. SHuning uchun suyuqliklarga ta`sir qiluvchi kuchlar sirt bo`yicha yoki hajm bo`yicha ta`sir qilishiga qarab sirt kuchlarga va massa kuchlarga bo`linadi.

*Sirt kuchlar* — ko`rilayotgan suyuqlikning sirtiga ta`sir qiluvchi kuchlardir. Ularga bosim kuchi, sirt taranglik kuchi, ichki ishqalanish kuchi va suyuqlik solingan idish devorining reaksiya kuchlari kiradi. Ichki ishqalanish kuchi suyuqlik harakat qilgan vaqtda hosil bo`ladi va qovushoqlik xususiyatini, yuzaga keltiradi

*Massa kuchlar* - ko`rilayotgan suyuqlikning har bir zarrasiga ta`sir qiladi va uning massasiga proporsional bo`ladi. Ularga og`irlik kuchlari va inertsiya kuchlari kiradi.

Gidravlikada massa kuchlar, odatda, massaning hajmga nisbatini ifodalovchi, birlik massaga ta`sir qiluvchi kuchlar sifatida ifodalanadi.

### **Gidrostatik bosim va uning xossalari**

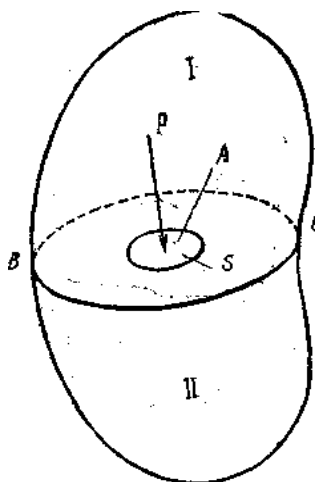
Suyuqliklarga ta`sir qiluvchi asosiy kuchlardan biri gidrostatik *bosimdir* Bu erda muvozanat holatidagi suyuqlikning ixtiyoriy hajmi ifodalangan. Bu hajm ichida ixtiyoriy A nuqtani olib, undan VS tekisligini o`tkazamiz. Natijada hajm ikki qismga ajraladi. VS sirtida A nuqta atrofida biror 5 yuzga ajratamiz. Hajmning I qismi orqali uning II qismiga VS bo`yicha bosim kuchi beriladi. Bu kuchning 5 yuzaga ta`sir qilgan qismini R bilan belgilaymiz.

Qaralayotgan S yuzaga ta`sir qiluvchi R kuch gidrostatik bosim kuchi yoki qicqacha gidrostatik kuch deb ataladi.

R kuch ikkala qismga nisbatan tashqi kuch, butun hajmga, nisbatan esa ichki kuch hisoblanadi. R kuchning S yuzaga nisbati o`rtacha *gidrostatik bosim* deb ataladi:

$$P_{\text{ypp}} = \frac{P}{S} \quad (2.1)$$

Agar  $S$  yuzani kichraytirib borib nolga intiltirsak ( $S \rightarrow 0$ ) biror chegara qiymatga intiladi:



$$p = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{P}{S} \quad (2.2)$$

Bu qiymat A nuqtaga ta'sir qilayotgan bosimdan iborat bo'ladi va u *gidrostatik bosim* deb ataladi. Gidrostatik bosim  $N/m^2$  bilan o'lchanadi. Umumiy holda gidrostatik bosim  $r$  o'rtacha gidrostatik bosim  $R_{o'rt}$  ga teng emas. Ular bir-biridan kichik miqdorga farq qiladi.

1-расм. Гиростатик  
босимни тушун тиришга  
онд чизма.

Tinch turgan suyuqlikdagi bosim (ya'ni gidrostatik bosim) ikkita asosiy xossaga ega; **birinchi xossa** - gidrostatik bosim o'zi ta'sir qilayotgan yuzaga normal bo'yicha yo'naladi. Bu xossaning to'g'ri ekanligini isbotlash uchun gidrostatik bosim  $r$  o'zi ta'sir qilayotgan yuzaga normal bo'yicha yo'nalmagan deb faraz qilamiz. Bu holda  $r$  normal va urinma yo'nalishlarda proektsiyalarga ega bo'ladi. Urinma yo'nalishidagi proektsiya I va II qismlarning bir-biriga nisbatan siljishiga olib keladi. Suyuqlik muvozanatda bo'lgani uchun bu holning yuz berishi mumkin emas. Bundan  $r$  normal bo'yicha yo'nalmagan degan fikr noto'g'ri ekanligi kelib chiqadi.

**Ikkinchi xossa** - gidrostatik bosim. U ta'sir qilayotgan nuqtada hamma yo'nalishlar bo'yicha bir xil qiymatga ega. Bu xossani ham isbotlash mumkin.

Bu erda isbotni keltirmaymiz, uni boshqa darsliklardan ko'rish mumkin.

2-ilova

### Bosimni o'lchash uchun texnikada ishlatiladigan turli birliklar

Bosimni o'lchash uchun texnikada quyidagi birliklardan foydalaniladi:

1. Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati bilan, masalan:

$$\frac{H}{M^2}; \frac{K\Gamma}{M^2}; \frac{K\Gamma}{CM^2}; Pa \text{ (Paskal)} = \frac{H}{M^2}.$$

2. Suyuqlik ustunining balandliklari bilan, masalan: mm suv ustuni, mm

simob ustuni.

3. Kuchning biror miqdorining yuza birliklari ma`lum miqdoriga nisbati, yoki suyuqlik ustunining ma`lum sonlari bilan o`lchanadi, masalan, texnik atmosfera bilan o`lchanganda kuchning  $10,2=10^{-6}$  N miqdorini, yuzaning bir  $\text{sm}^2$  iga nisbati ( $10,2=10^{-6} \frac{H}{\text{cm}^2}$ ;) yoki simob ustunining 760 mm balandlik miqdori bosim birligi hisoblanadi va quyidagicha belgilanadi: texnik atmosfera-at; fizik atmosfera-atm, bar.

YUqorida aytilgan birliklarning biridan ikkinchisiga o`tish uchun 2.1-jadvaldan foydalanish mumkin:

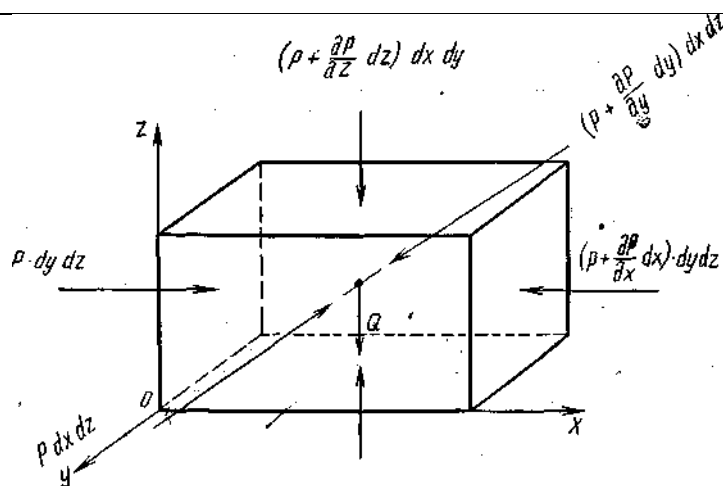
### 2.1-jadval. Bosimning turli o`lchov birliklari orasidagi nisbat

Birliklar	Pa	Bar	kgk/sm <sup>2</sup>	mm simob ustuni	mm suv ustuni
1 Pa	1	10 <sup>-5</sup>	1,02·10 <sup>-5</sup>	7,5024·10 <sup>-3</sup>	0,102
1 Bar	10 <sup>5</sup>	1	1,02	7,5024·10 <sup>2</sup>	1,02·10 <sup>4</sup>
1 kgk/sm <sup>2</sup>	9,8067·10 <sup>4</sup>	0,98067	1	735	10 <sup>4</sup>
1 mm simob ustuni	133	1,33·10 <sup>3</sup>	1,36·10 <sup>3</sup>	1	13,6
1 mm suv ustuni	9,8067	9,8067·10 <sup>5</sup>	10 <sup>-4</sup>	7,35·10 <sup>-2</sup>	1

3-ilova

### Suyuqliklar muvozanatining differentsial tenglamasi

Muvozanat holatdagi suyuqliklarga bosim va og`irlik kuchlari ta`sir qiladi. Bosim suyuqlik egallagan hajmning har xil nuqtasida har xil qiymatga ega, shuning uchun bosimni  $x, u, r$  koordinatalarning



2-rasm. Muvozanat differensial tenglamasini tushuntirishga oid chizma.

funktsiyasi deb qarash kerak. Ko'rilayotgan suyuqlikda tomonlari  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  bo'lgan parallelepipedga teng elementar hajm ajratib olamiz (2.2-rasm). Endi suyuqlikka ta'sir qiluvchi kuchlarning muvozanat holatini tekshiramiz. Og'irlik kuchining proektsiyalari:  $pXdV$ ,  $pYdV$ ,  $pZdV$  bo'lsin, ya'ni

$$G = \{pXdV; pYdV; pZdV\}$$

Ox o'qi yo'nalishida elementar hajmning  $yOz$  tekislikda yotgan sirtiga  $p$  ga teng, unga parallel bo'lgan sirtiga  $p + \frac{dp}{dx} dx$  ga teng bosimlar ta'sir qiladi.

Bu sirlarga ta'sir qiluvchi bosim kuchlari esa o'zaro  $pdy \cdot dz$  va  $\left(p + \frac{dp}{dx} dx\right) dy \cdot dz$  ga teng. Olingan elementar hajm Ox o'qi bo'yicha muvozanatda bo'lishi uchun, shu o'q bo'yicha yo'nalgan kuchlar yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$pdy \cdot dz - \left(p + \frac{dp}{dx} dx\right) dy \cdot dz + pXdV = 0$$

Xuddi shuningdek Oy o'qi bo'yicha  $xOz$  tekislikda yotuvchi sirtga  $pdx \cdot dz$ , unga parallel bo'lgan sirtga esa

$$\left(p + \frac{dp}{dy} dy\right) dx \cdot dz$$

kuchlar taʼsir qiladi.

SHuning uchun zlementar hajmning  $Oy$  oʻqi boʻyicha muvozanat sharti quyidagicha boʻladi:

$$pdx \cdot dz - \left( p + \frac{dp}{dy} \cdot dy \right) dx \cdot dz + pYdx \cdot dy \cdot dz = 0$$

SHuningdek  $Oz$  oʻqi boʻyicha

$$pdx \cdot dy \text{ va } \left( p + \frac{dp}{dz} \cdot dz \right) dx \cdot dy$$

kuch taʼsir qiladi va uning muvozanat sharti quyidagicha boʻladi:

$$pdx \cdot dy - \left( p + \frac{dp}{dy} \cdot dy \right) dx \cdot dy + p \cdot Zdx \cdot dy \cdot dz = 0$$

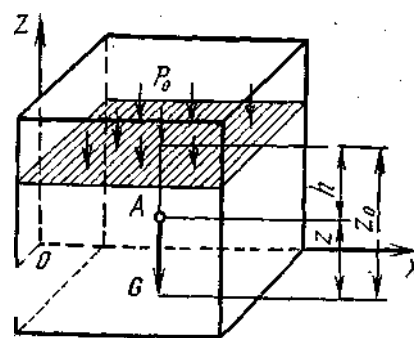
Oʻxshash miqdorlarni qisqartirib va qolgan hadni  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  ga boʻlib, quyidagi tenglamalar sistemasini olamiz:

$$\frac{dp}{dx} = pX; \quad \frac{dp}{dy} = pY; \quad \frac{dp}{dz} = pZ \quad (2.3)$$

Bu tenglamalar sistemasidan koʻrinib turibdiki, gidrostatik bosimning biror koordinata oʻqidagi oʻzgarishi zichlik bilan birlik ogʻirlik kuchining shu oʻq yoʻnalishidagi proektsiyasi koʻpaytmasiga teng ekan, yaʼni muvozanatdagi suyuqliklarda bosimning oʻzgarishi massa kuchlariga bogʻlik. (2.3) tenglamalar sistemasi suyuqliklar muvozanat holatining umumiy differentsial tenglamasidir. Bu tenglamani 1755 yilda L. Eyler chiqargan. **Gidrostatikaning asosiy tenglamasi**

Tinch turgan idishdagi suyuqlikni qaraymiz. Bu suyuqlikka ogʻirlik kuchi taʼsir etadi. Koordinata oʻqlarini shunday yoʻnaltiramizki,  $Oz$  oʻqi vertikal yuqoriga - yoʻnalgan boʻlsin (2. 3- rasm).

Koʻrilayotgan idish ichida biror  $xOu$  tekislikdan  $z$  masofada, erkin sirdan esa  $h$  masofada joylashgan biror  $A$  nuqtani olamiz. U holda birlik massa kuchlarining bu koordinata sistemasidagi proektsiyalari quyidagicha



3 – rasm. Гидростатиканинг асосий тенгласига оид чизма.

bo'ladi:  $X=0, U=0, Z=-g$ .

Gidrostatik bosim  $r$ , suyuqlikning erkin sirtidagi bosim  $r_0$ , erkin sirt  $xOy$  tekisligidagi  $z_0$  masofada joylashgan bo'lsin. Bu holda Eyler tenglamasi (2.3) quyidagicha yoziladi:

$$\frac{dp}{dx} = 0; \quad \frac{dp}{dy} = 0; \quad \frac{dp}{dz} = -p \cdot g;$$

Bu tenglamalardan bosimning  $Ox$  va  $Oy$  koordinatalariga bog'liq emasligi kelib chiqadi. U holda quyidagini yozamiz:

$$dp = -p \cdot g dz$$

Oxirgi tenglamani erkin sirtidan A nuqtagacha bo'lgan oraliq uchun integrallaymiz va quyidagi tenglamani chiqaramiz:

$$p - p_0 = -p \cdot g(z - z_0)$$

$z_0 - z$  ning qiymati  $h$  ga teng bo'lgani uchun, so'nggi tenglama quyidagicha yoziladi:  $p = p_0 + pgh$  yoki  $p = p_0 + \gamma \cdot h$  (2.4)

Bu gidrostatikaning asosiy tenglamasi deb ataladi va u suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosimni suyuqlik turiga qarab va olingan nuqtaning erkin sirtidan qanday masofada ekanligiga qarab aniqlanadi. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagi qonuniyatni ifodalaydi: suyuqlik ichidagi ixtiyoriy nuqtadagi bosim  $r$  suyuqlikRqouv erkin sirtidagi bosim  $p_0$  bilan shu nuqtadagi suyuqlik ustuni bosimi  $\gamma \cdot h$  ning yng`indisiga teng.

### **Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt**

Eyler tenglamalarini integrallashda ularni qulay shaklga keltirish uchun (2.3) ning har bir tenglamasini  $dx, dy, dz$  larga tegishlicha ko'paytiramiz va ularni hadma-had qo'shib chiqamiz:

$$\frac{dp}{dx} dx + \frac{dp}{dy} dy + \frac{dp}{dz} dz = p(Xdx + Ydy + Zdz)$$

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

$$dp = p(Xdx + Ydy + Zdz) \quad (2.5)$$

Hosil bo'lgan tenglama bosim suyuqlik turiga va fazoning nuqtalari koordinatalariga bog'liqligini ko'rsatadi va bosimning ixtiyoriy nuqtadagi



qiymatini topishga yordam beradi. Bu tenglama tomchilanuvchi suyuqliklar uchun ham, gazlar uchun ham o'rinli bo'lib, gazlar uchun tatbiq qilinganda gazning holat tenglamalari bilan birgalikda ishlatiladi. (2.5) dan hamma nuqtalarida bosim bir xil bo'lgan sirtni topish mumkin. Bunday sirtlar bosimi teng sirtlar deb ataladi. Bunda  $r = \text{const}$  bo'lgani uchun  $dr = 0$  bo'ladi,  $r$  esa nolga teng bo'lishi mumkin emas. SHuning uchun bosimi teng sirtlar tenglamasi quyidagicha yoziladi;

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0 \quad (2.6)$$

Bosimi teng sirtlar xususiy holda suyuqlikning erkin sirti bo'lishi mumkin. Suyuqlikning devor bilan chegaralanmagan sirti erkin sirt deb ataladi. Masalan, idishda gaz va suyuqlik birga saqlangan bo'lsa, u holda suyuqlikning yuqori sirti jism devoriga tegmay, gaz bilan chegaralangan bo'ladi. Xususiy holda ochiq idishdagi suyuqlikning yuqori sirti havo bilan chegaralangan bo'lib, erkin sirtni tashkil qiladi (2.3- rasm). Bosimi teng sirtlar va erkin sirtlar uchun misollar sifatida og'irlik kuchi ta'sirida idishda tinch turgan hamda tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan va aylanma harakat qilayotgan idishlardagi suyuqlikni ko'rsatish mumkin.

### Suyuqliklarda bosimning uzatilishi. Paskal qonuni

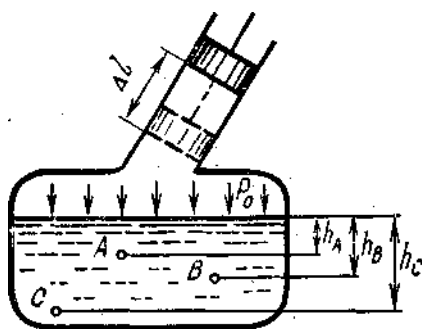
Suyuqlik solingan va og'zi porshen bilan yopilgan idish olamiz. Suyuqlik erkin sirtidagi bosim  $p_0$  bo'lsin. U holda biror A nuqtadagi absolyut bosim

$$p_A = p_0 + \gamma h_A \quad \text{ga,}$$

V va S nuqtalarda esa

$$p_B = p_0 + \gamma h_B; \quad p_C = p_0 + \gamma h_C$$

ga teng bo'ladi.



4-рasm. Паскаль қонунига оид чизма.

Agar porshenni  $\Delta l$  masofaga (2.4- rasm) siljitsak, u holda suyuqlik erkin sirtidagi bosim  $\Delta p$  ga o'zgaradi. Suyuqlikning solishtirma og'irligi bosim o'zgarishi bilan deyarlik o'zgarmaydi. SHuning uchun A, V va S nuqtalardagi bosim quyidagicha bo'ladi:

$$p_A^1 = p_0 + \Delta p + \gamma \cdot h_A,$$

$$p_B^1 = p_0 + \Delta p + \gamma \cdot h_B,$$

Bu holda bosimning o'zgarishi hamma nuqtalar uchun bir xil:

$$p_A^1 - p_A = \Delta p;$$

$$p_B^1 - p_B = \Delta p;$$

$$p_C^1 - p_C = \Delta p;$$

Bundan quyidagicha xulosa kelib chiqadi: suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil miqdorda tushadi (uzatiladi). Bu Paskal qonuni sifatida ma'lum. Ko'pchilik gidromashinalarning tuzilishi va ishlashi ana shu qonunga asoslangan.

# ТОИФАЛАШ ЖАДВАЛИ

## ТОИФАЛАШ ЖАДВАЛИ

Тоифа-хусусият ва муносабатларни муҳимлигини намоён қилувчи (умумий) аломат.

Ажратилган аломатлар асосида олинган маълумотларни бирлаштиришни таъминлайди.

Тизимли фикрлаш, маълумотларни тузилмага келтириш, тизимлаштириш кўникмаларини ривожлантиради.

Тоифали шарҳлашни тузиш қондаси билан танишадилар. Ақлий ҳужум / кластер тузиш/ янги ўқув материали билан танишишдан сўнг, кичик гуруҳларда, олинган маълумот лавҳаларини бирлаштириш имконини берадиган тоифаларни излайдилар.

Тоифаларни жадвал кўринишида расмийлаштирадилар. Ҳолатларни / маълумотларни тоифага мос равишда бўладилар. Иш жараёнида тоифаларнинг айрим номлари ўзгариши мумкин. Янгилари пайдо бўлиши мумкин.

Иш натижаларининг тақдими

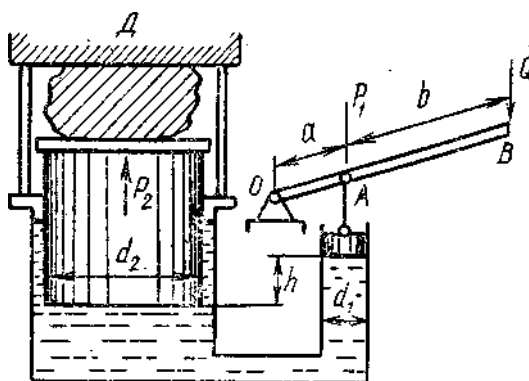
### 3-mavzu. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi.

**Gidrostatik paradoks, gidrostatik mashinalar. Xozirgi zamonaviy mashinalarning gidravlik, pnevmatik, avtomatik qismlarini hisoblash.**

#### **PASKAL QONUNINING TEXNIKADA QO'LLANILISHI. GIDROSTATIK MASHINALAR HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHA**

Gidrostatikaning asosiy qonunlari asosida ishlaydigan mashinalar gidrostatik mashinalar deb ataladi. Ularda bosimning uzatilish qonuni (Paskal qonuni) muhim rol o'ynaydi. Bu mashinalarga gidropresslar, gidroakkumulyatorlar, domkratlar va boshqalar kiradi. Quyida. ularning ishlash printsiplari haqida qisqacha ma'lumot berilgan.

**a) Gidropresslar.** Gidropresslardan gidrostatika qonuni asosida katta kuchlarni hosil qilish uchun foydalaniladi. Bu narsa presslash, shtamplash, bolg'alash, materiallarni sinash va boshqa ishlar uchun zarur. Gidropresslar (2.5-rasm) diametrlari har xil, o'zaro tutashtirilgan ikki tsilindrda iborat bo'lib, birinchi kichik tsilindrda diametri  $d_1$ , katta tsilindrda esa diametri  $d_2$  ga teng bo'lgan ikki porshen harakatlanadi. Kichik porshenga  $OAV$  richag orqali kuch qo'yiladi. Katta porshenga stol o'rnatilib, bu stol bilan  $D$  devor orasiga presslanuvchi buyum qo'yiladi. Richag qo'l bilan yoki dvigatel yordamyada harakatga keltiriladi. Bu holda kichik porshen kuch ta'sirida pastga qarab siljiydi va suyuqlikka bosim beradi. Bu bosim katta tsilindrda uzatiladi va natijada katta porshen harakatga keladi. Bunday harakat stol ustidagi buyum  $O$  devorga taqalguncha



5-rasm. Gidropressning sxemasi.

davom etadi. Stolning bundan so'nggi ko'tarilishi natijasida buyum siqiladi va preslanadi.

Aytilgan usul jismlarni faqat ko'tarish uchun kerak bo'lsa, u holda konstruktiv sxemada D devor bo'lmaydi. Bu holda bizning mashina gidrostatik ko'targichga, domkratga aylanadi. Endi gidropresslarda kuchlarning munosabatini topamiz. OAV richagning V uchiga Q kuch qo'yilgan bo'lsin, u holda kuch momenti uchun quyidagi tenglamani olamiz:

$$Q \cdot (a + b) = P_1 \cdot a$$

Bu tenglamadan kichik porshenga ta'sir qiluvchi kuchni topamiz:

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

U holda kichik porshen ostidagi suyuqlik bosimi quyidagiga teng bo'ladi:

$$p = \frac{P_1}{S_1} = \frac{a + b}{a} \cdot \frac{4Q}{\pi d_1^2}$$

Katta porshen ostidagi bosim

$$p + \gamma \cdot h = \frac{a + b}{a} \cdot \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma \cdot h$$

bu erda h - porshenlar ostki sirtlari orasidagi geometrik masofa.

Natijada katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch quyidagicha topiladi:

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

Ko'p holda gidropresslarda gidrostatik bosim juda katta bo'lgani uchun  $\gamma \cdot h$  ni hisobga olmasa ham bo'ladi, ya'ni:

$$P_2 = \frac{a + b}{a} \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 \cdot Q \quad (2.10)$$

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

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

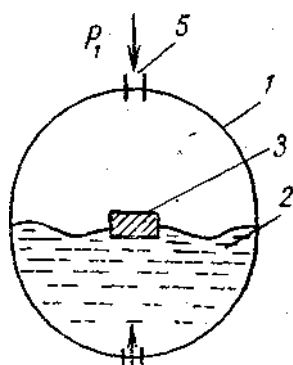
bu erda:  $\eta$  - yuqorida aytilgan xatoliklarni hisobga oluvchi koeffitsienti bo'lib, uni foydali ish koeffitsienti deb ataladi.

Amalda bu koeffitsient qiymati 0,75 bilan 0,85 o'rtasida bo'ladi. Keltirilgan hisoblan ko'rinnb turibdiki, tsilindrning diametrlari va richagning elkasini tanlab olish yo'li bilan preselovchi kuchni istagancha katta qilish mumkin. Amalda esa juda katta kuchlar hosil bo'lganda tsilindrlar devori deformatsiyalanishi va hatto buzilishi mumkin. Bu esa qo'shimcha qiyinchiliklar tug'diradi. Hozirgi vaqtda mavjud gidroresslarda 25000 t gacha kuch hosil qilish mumkin.

**b) Gidroakkumulyatorlar.** Gidravlik sistemalarda bosim va suyuqlik sarfining ortib ketishi yoki kamayish hollari bo'ladi, Bunday hollarda bosim va sarfni normallashtirish uchun gidroakkumulyatorlardan foydadaniladi. Ular suyuqlik sarfi yoki bosimi ortib ketganda yuqori bosimdagi suyuqlikning bir qismini o'ziga olib, sistemadagi bosim va sarfni kamaytiradi, teskari holda esa o'zidagi suyuqlikni sietemaga berish yo'li bilan bosimni va sarfni oshiradi. Gidroakkumulyatorlar gidrotormozlar, ko'targichlar, presslar, chig'irlar va boshqa, gidromashinalarda ishlatiladi.

Potensial energiya qaysi usul bilan to'planishi va qaytarib berilishiga qarab pnevmatik, prujinali va yukli gidroakkumulyatorga bo'linadi. YUkli gidroakkumulyatorlar tsilindr va uning ichida harakatlanuvchi va yuk ortilgan koromisloli plunjerdan iborat bo'lib, tsilindrga gidrosistemaning suyuqlik harakat qiluvchi qismlari truba orqali tutashtirilgan bo'ladi. Sistemada bosim ortib ketsa, suyuqlik tsilindrga o'tib, yukli plunjerni ko'taradi, bosim kamayganda esa plunjer pastga tushib, suyuqlik tsilindrdan sistemaga qarab oqadi. Natijada bosimning o'zgarishi tekislanadi.

2.6 - rasmda katta bosim olish zarur bo'lganda ishlatiladigan pnevmatik gidroakkumulyator tasvirlangan. U korpus va diafragma 2 dan tuzilgan bo'lib, shtutser 4 orqali gidrosistemaga ulangan. SHtutser 5 gidroakkumulyatorni gaz



bilan to'ldirish uchun xizmat qiladi. SHayba 3 esa akkumulyatorida bosim pasayganda gazning rezina dnafragmani korpusga bosib, ezib qo'yishidan saqlaydi. Idishga suyuqlik shtutser 4 orqali berilganda gaz kamerasining hajmi kamayadi. Natijada gazning bosimi oshib ketadi.

Diafragmani harakatga keltiruvchi kuch:

$$F_1 = (p_1 - p_2) \cdot S \quad (2.12)$$

6-расм. Пневматик гидроаккумуляторнинг схемаси:

1-корпус, 2 диафрагма,  
3-шайба, 4-суюqliк учун  
штуцер, 5-газ учун

Suyuqlikda ishqalanish kuchi  $F_2$  mavjud. U holda diafragma ta`sir etuvchi kuchdan hosil bo`ladigan haqiqiy bosim  $p$  quyidagicha aniqlanadi:

$$p = \frac{(p_1 - p_2)S + F_2}{S} \quad (2.13)$$

Bu holda haqiqiy bajarilgan ish

$$A_x = \eta \cdot A_H = \eta \int p \cdot S \cdot dh, \quad (2.14)$$

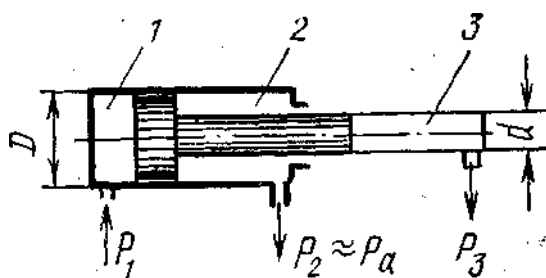
bu erda  $\eta$  - gidroakkumulyatorning foydali ish koeffitsienti.

Bu erda gidrosistemadan gidroresssga suyuqlik harakatlangan vaqtda yuzaga kelgan qarshilikni hisobga olish mumkin edi.

Bu hisob gidroakkumulyatorga suyuqlik o`tmagandagina kerak. Boshqa hamma hollarda yuqoridagi formula gidroakkumulyatorlarni hisoblash uchun o`rinli bo`ladi.

**v) Gidromultiplikatorlar.** Gidrosistemadagi bosimni uning biror qismida o`rttirish uchun foydalaniladi. Bu vazifa ko`p hollarda, xususan, gidroakkumulyatorlar bosimni etarli ta`minlamaganda muhim ahamiyatga ega.

Gidromultiplikator differentsial tsilindrda harakatlanuvchi differentsial porshendan iborat (7-rasm). 1 - bo`shliq gidrosistemaga ulangan, 2 - bo`shliq ortiqcha suyuqlik oqib ketishi



7 - rasm. Gidromultiplikatorning sxemasi:

1 - past bosimli suyuqlikka tutashgan bo`shliq, 2 – atmosfera bosimli suyuqlikka tutashgan bo`shliq, 3 - yuqori bosimli suyuqlikka tugashgan bo`shliq.

uchun mo`ljallangan, 3-bo`shliq esa suyuqlikni gidrosistemaning ish bajaruvchi organiga bog`laydi. 2-bo`shliqdagi chegirma bosimni hisobga olmaganda, 3-bo`shliqdagi bosim quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

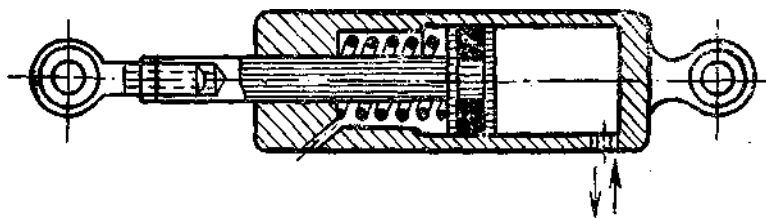
$$p_3 = p_1 \left( \frac{D_1}{d_3} \right)^2 \cdot \eta_2 \cdot \eta_{\text{mex}} \quad (2.15)$$

bu erda  $\eta_2$  - gidravlik qarshilikni hisobga oluvchi koeffitsient;  $\eta_{\text{mex}}$  mexanik qarshilikni hisobga oluvchi koeffitsient.

Gidromultiplikatorlarning sarfi suyuqlik sarfining miqdoriga qarab hisobga olinadi va ular suyuqlik sarfining kichik qiymatlarida ishlatiladi. Suyuqlik sarfining katta o'zgarishida bunga qaraganda boshqacharoq sxemalar ishlatiladi.

**g) Kuch gidrodvigatellari.** Kuch gidrodvigatellari hajmiy gidrouzatgich sistemasi elementlarining bo'lagi bo'lib, tsilindrda porshen siljishi bilan suyuqlik potentsial energiyasini mexanik energiyaga aylantirish uchun foydalaniladi. Suyuqlik porshen bilan uzatiladigan gidrotsilindrlarda energiya manbai xizmatini nasos bajaradi. Ilgarilanma - qaytma va aylanma harakatga asoslangan kuch gidrotsilindrlari porshen printsipi bo'yicha ishlaydi va uch turga bo'linadi: bir tomonlama kuch, ikki tomonlama kuch va burilib ishlaydigan tsilindrlar. Burilib ishlaydigan tsilindrlar kvadrantlar deb ham ataladi.

8 - rasmda bir tomonlama ishlaydigan kuch gidrotsilindrining sxemasi keltirilgan. Bunda porshenga suyuqlikning bosimi faqat



8-rasm. Bir tomonlama ishlaydigan kuch gidrotsilindri

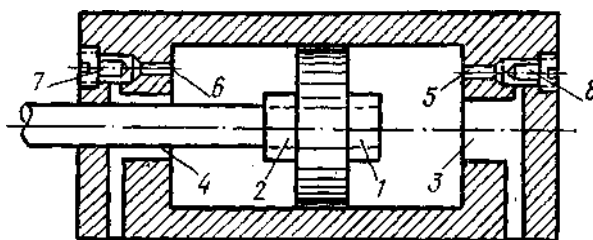
bir tomondan ta'sir qiladi. Porshenning teskari tomonga harakati prujina ta'sirida amalga oshadi.

9-rasmda ikki tomonlama ishlaydigan kuch gidrotsilindri sxemasi keltirilgan. Bunda suyuqlik porshenga ikki tomondan galma - gal ta'sir qiladi. Porshenning shtok tomonga bir tomonlama harakati vaqtida tsilindrning ikkala bo'shlig'ida suyuqlik bir xil bosim ta'sirida bo'ladi.

Porshenning ikkinchi tomonga harakati vaqtida ham bu hol saqlanadi. Porshen tsilindrning chekka qopqoqlariga ravon va zarbasiz yaqinlashishi uchun tirqishlar 3



va 4 diametriga mos bo'rtmalar 1 va 2 o'rnatilgan bo'lib, ular tirqishlarga kirishda hosil bo'lgan zarb ta'sirida siqib chiqarilayotgan suyuqlik



9-rasm. Ikki tomsyulama ishlaydigan kuch gidrotsilindri:

1, 2-dempferlovchi bo'rtmalar, 3, 4-dempferlovchi tirqishlar, 5, 6-suyuqlik chiqib ketuvchi kanallar, 7, 8-drossellar.

hisobiga dempferlanadi. TSilindrda qolgan suyuqlik drossellar 7 va 8 bilan ta'minlangan kanallar 5 va 6 dan chiqib ketadi. Drossellarning o'lchamlari porshenning chekka qopqoqlariga yaqinlashish sharoitiga mos ravishda hisoblangan bo'ladi.

## 5-ilova

Suyuqlikdagi ixtiyoriy nuqtaning (gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida aniqlanadigan) bosimi  $r$  shu nuqtaning absolyut bosimi deb ataladi. Suyuqlikning erkin sirtidagi bosimi  $r_0$  erkin sirtidagi absolyut bosimdan iborat.  $\gamma h$  esa suyuqlik ustunining nuqtadagi bosimidan iborat. Usti yopilmagan idishlarda, suv sig'imlarida suyuqliklarning erkin sirtiga ta'sir qiluvchi bosim atmosfera bosimi deb ataladi va  $r_a$  harfi bilan belgilanadi.

Bu holda absolyut bosim (2.4) tenglama orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p = p_a + \gamma h \quad (2-16)$$

Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning bosimi atmosfera bosimidan katta ( $r > r_a$ ) bo'lsa, (2.16) tenglamaning oxirgi hadi manometrik bosim  $r_m$  deb ataladi:

$$p_M = \gamma \cdot h = p - p_a \quad (2.17)$$

Manometrik bosim absolyut bosim bilan atmosfera bosimining ayirmasiga teng bo'lgani uchun uni ortiqcha bosim deb ham atash mumkin.

Manometrik bosim absolyut bosimning miqdoriga qarab har xil qiymatga ega bo'ladi, masalan:  $r=r_a$  bo'lganda  $r_m=0$ ;  $r \rightarrow \infty$  bo'lganda  $r_m \rightarrow \infty$ , ya'ni manometrik bosim 0 bilan  $\infty$  o'rtasidagi barcha qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning absolyut bosimi atmosfera bosimidan kichik ( $r < r_a$ ) bo'lsa, ularning ayirmasi vakuummetrik bosim  $r_v$  ga teng bo'ladi va suyuqlikning siyraklanish miqdorini belgilaydi:

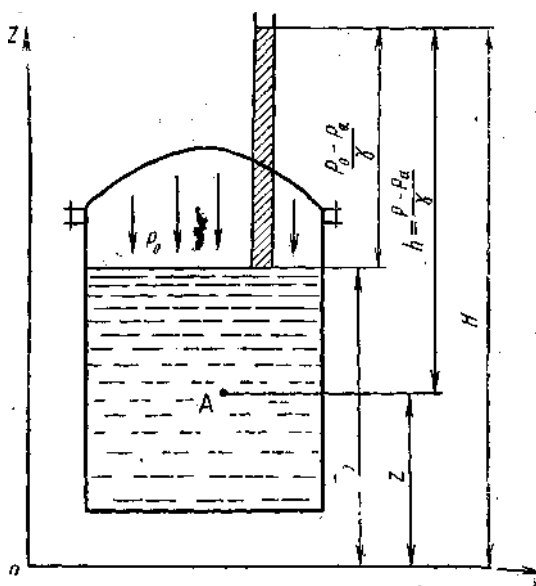
$$P_v = P_a - P \quad (2.18)$$

Vakuummetrik bosim nuqtadagi bosimning atmosfera bosimidan kamligini ko'rsatadi va  $r = r_a$  da  $r_v = 0$ ;  $r = 0$  da  $r_v = r_a$ . SHunday qilib, vakuummetrik bosim 0 dan  $r_a$ , gacha bo'lgan qiymatda bo'la oladi.

## 6-ilova

### Pezometrik balandlik. Hidrostatik bosim

Biror idishga solingan suyuqlikning sirtidagi bosim  $r_0$  bo'lsin (10-rasm). Bu holda biror koordinatalar sistemasi tanlab olingan



10-rasm. Pezometrik balandlik va gidrostatik bosimni tushuntirishga oid chizma.

bo'lsa, istalgan nuqtadagi bosim uchun gidrostatikaning asosiy tenglamasi (2.4) dan foydalanib, ushbu tenglikni yozaolamiz:

$$P - P_0 = -\gamma(z - z_0) \quad (2.19)$$

Bu tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\frac{P}{\gamma} + z = \frac{P_0}{\gamma} + z_0 \quad (2.20)$$

Tenglama istalgan nuqta uchun yozilgani sababli uning ko'rinishi quyidagicha bo'lishi mumkin:

$$\frac{p}{\gamma} + z = H = const$$

Bu erda  $\frac{p}{\gamma}$  - istalgan A nuqtadagi bosimga taalluqli suyuqlik ustunning balandligi, u suyuqlik sirtida  $\frac{p_0}{\gamma}$  ga teng;

$z$  - istalgan A nuqtaning koordinatasi (u suyuqlik sirtida  $z_0$  ga teng).

So'ngi tenglamadan ko'rinadiki, tinch holatdagi suyuqlik uchun bosimga taalluqli suyuqlik ustunining balandligi bilan nuqta koordinatasining yig'indisi o'zgarmas miqdor  $N$  ga teng ekan. O'zgarmas miqdor  $N$  *gidrostatik bosim* deb ataladi.

Istalgan A nuqtadagi ortiqcha bosim.

$$p_m = p - p_a = \gamma h$$

Bu tenglikdan suyuqlik ustunining balandligi ortiqcha bosimning miqdori yordamida aniqlanadi.

$$h = \frac{p - p_a}{\gamma} \quad (2.22)$$

Suyuqlik ustunining ortiqcha bosimni ko'rsatuvchi balandligi suyuqlikning pezometrik balandligi deb ataladi.

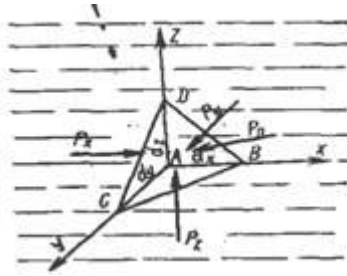
Gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini o'rganuvchi bo'limi gidrostatika deb yuritiladi. Bu qonunlarni tekshirish suyuqliklar orqali kuchlarni uzatish bilan bog'liq masalalarni 'al qilishda mu'im ahamiyatga ega. Bundan tashqari, gidrostatika suyuqliklarga to'liq yoki qisman botirilgan qattiq jismlarning muvozanat qonunlarini xam o'rganadi.

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

### **Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari**

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

***1-xossa*** - *gidrostatik bosim u ta'sir qilayotgan yuzaga normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.* Bu xossaning to'g'riligini isbotlash uchun gidrostatik bosim  $r$  o'zi ta'sir qilayotgan yuzaga normal bo'yicha yo'nalmagan deb faraz qilamiz. Bu holda  $r$  normal va urinma yo'nalishlarda proeksiyalarga ega bo'ladi.



Urinma yo`nalishidagi proeksiya I va II qismlarining bir-biriga nisbatan siljishiga olib keladi. Suyuqlik muvozanatda bo`lgani uchun  $r$  normal bo`yicha yo`nalmagan degan fikr noto`g`ri ekanligi kelib chiqadi.

1.-rasm. Bosimlarning xossalriga doir chizma.

**2-xossa** - gidrostatik bosim u ta'sir qilayotgan nuqtada hamma yo`nalishlar bo`yicha bir xil qiymatga ega. Bu xossani isbotlash uchun suyuqlik ichida tomonlari  $dx, dy, dz$  ga teng bo`lgan tetraedr ajratib olamiz. Tetraedrnin qiya yuzasiga  $R$  kuch ta'sir qilsin. U holda  $yOz$  tekislikdagi yuza bo`yicha  $R_x$ ,  $yOz$  tekislikdagi yuza bo`yicha esa  $R_z$  kuchlar ta'sir qiladi. Qiya yuzaning sirti  $dS$  ga teng deb hisoblaymiz. Agar gidrostatik bosim  $Ox$  o`qi bilan  $\alpha$ ,  $Oy$  o`qi bilan  $\beta$ ,  $Oz$  o`qi bilan  $\gamma$  burchak tashkil qilsa, u holda  $dS$  yuzaga ta'sir qilayotgan kuch ( $r dS$ ) ning o`qlardagi proeksiyalari  $r dS \cos \alpha$ ,  $r dS \cos \beta$ ,  $r dS \cos \gamma$  larga teng.

#### 4-mavzu. Eyler tenglamasining integrallari.

##### Tekis va egri devorga ta'sir etuvchi bosim kuchi, Arximed kuchi.

Muvozanat holatidagi suyuqliklarga bosim va og`irlik kuchlari ta'sir qiladi. Bosim suyuqlik egallagan 'ajmning hil xil nuqtasida hil 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 'ajm ajratib olamiz (1.6-rasm). Endi suyuqlikka ta'sir qiluvchi kuchlarning muvozanat holatini tekshiramiz. Og`irlik kuchining proeksiyalari  $\rho X dV$ ;  $\rho Y dV$ ;  $\rho Z dV$  bo`lsin; ya'ni  $GQ \rho X dV$ ;  $\rho Y dV$ ;  $\rho Z dV$ . Elementar 'ajmning  $uOz$  tekislikda yotgan sirtiga  $Ox$  o`qiga yo`nalishida  $r$  ga teng,

unga parallel bo`lgan sirtiga esa  $r + \frac{\partial r}{\partial x}$  ga teng bosimlar ta'sir qiladi. Bu sirlarga

ta'sir qiluvchi bosim kuchlari esa tegishlicha  $r dy dz$  va  $(r + \frac{\partial r}{\partial x} dx) dy dz$  larga teng. Olingan elementar 'ajm  $Ox$  o`qi bo`yicha muvozanatda bo`lishi uchun bu o`q bo`yicha yo`nalgan kuchlar yig`indisi nolga teng bo`lishi kerak:

$$r dy dz - (r + \frac{\partial r}{\partial x} dx) dy dz - r dx dy dz = 0$$

SHuningdek,  $Oy$  o`qi bo`yicha,  $uOz$  tekislikda yotuvchi sirtga  $r dx dz$ ,

unga parallel boʻlgan sirtga esa,  $(r + \frac{\partial \varphi}{\partial u}) dx dz$  kuchlar taʼsir qiladi

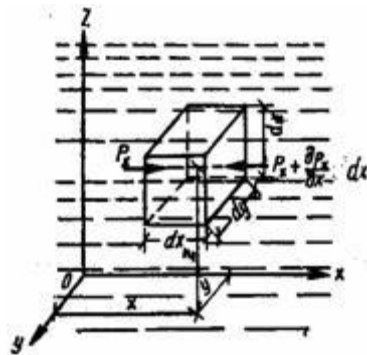
SHuning uchun elementar ‘ajmining  $Ou$  oʻqi boʻyicha muvozanat sharti quyidagicha boʻladi:

$$r dx dz - (r + \frac{\partial \varphi}{\partial y}) dx dz - r Y dx dy dz = 0$$

SHuningdek,  $Oz$  oʻqi boʻyicha

$$r dx dy \text{ va } (r + \frac{\partial \varphi}{\partial z}) dx dy dz$$

kuchlar taʼsir qiladi hamda ularning muvozanat sharti quyidagicha boʻladi:



$$r dx dy - (r + \frac{\partial \varphi}{\partial z}) dx dy dz = 0$$

12-rasm. Suyuqliklar muvozanatining Eyler tenglamasiga doir chizma.

Oʻxshash miqdorlarni qisqartirish va qolgan ‘adlarni  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  ga boʻlishdan keyin quyidagi tenglamalar sistemasini olamiz:

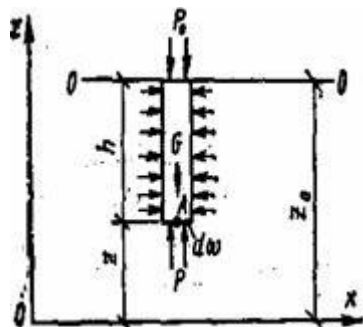
$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial x} &= pX \\ \frac{\partial \varphi}{\partial y} &= pY \\ \frac{\partial \varphi}{\partial z} &= pZ \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Bu tenglamalar sistemasida koʻrinib turibdiki, gidrostatik bosmining biror koordinata oʻqidagi zichlikning birlik ogʻirlik kuchining shu oʻq yoʻnalishidagi proeksiyasiga koʻpaytmasiga teng ekan, yaʼni muvozanatdagi suyuqliklarda bosimning oʻzgarishi massa kuchlarga bogʻliq. (2.2) tenglamalar sistemasi

suyuqliklar muvozanat holatining umumiy differensial tenglamasidir. Bu tenglamani 1755y. L.Eyler chiqargan.

### 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.



Ko'rilayotgan idish ichida biror  $xOu$  tekisligidan  $z$  masofada, erkin sirtida esa  $N$  masofada joylashgan biror  $A$  nuqtani olamiz. U holda birlik massa kuchlarning bu koordinata sistemasidagi proeksiyalari quyidagicha bo'ladi:

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

13. rasm. Hidrostatikaning asosiy tenglamasiga doir chizma.

### Paskal qonuni

Suyuqlik solingan va og'zi porshenp bilan yopilgan biror idish olamiz. Suyuqlik erkin sirtidagi bosim  $r_0$  bo'lsin. U holda ixtiyoriy  $A$  nuqtadagi absolyut bosim quyidagiga teng bo'ladi:

$$r_A = r_0 + \rho h_A$$

$V$  va  $S$  nuqtalarda esa  $r_V = r_0 + \rho h_V$ ,  $r_S = r_0 + \rho h_S$ .

Agar porshenni  $\rho l$  masofaga siljitsak, u holda suyuqlik erkin sirtidagim bosim  $\rho r$  ga o'zgaradi. Suyuqlikning solishtirma og'irligi bosim o'zgarishi bilan deyarli o'zgarmaydi. SHuning uchun  $A$ ,  $V$  va  $S$  nuqtalardagi bosim quyidagi bo'ladi:

$$r'_A = r_0 + \rho r + \rho h_A, r'_V = r_0 + \rho r + \rho h_V, r'_S = r_0 + \rho r + \rho h_S.$$

Bu holda bosimning o'zgarishi hamma nuqtalar uchun hil xil buladi, ya'ni

$$r'_A - r_A = \rho r \quad r'_V - r_V = \rho r \quad r'_S - r_S = \rho r$$

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

## Absolyut, manometrik, vakuumometrik va atmosfera bosimlari.

### Bosim o'lovchov birliklari

Suyuqlik ichidagi ixtiyoriy nuqtadagi (gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida aniqlanadigan) bosim  $r$  shu nuqtadagi *absolyut bosim* deb ataladi. Suyuqlikning erkin sirtidagi bosim  $r_0$  erkin sirtidagi absolyut bosimni beradi,  $\gamma h$  esa suyuqlik ustuning nuqtadagi bosimini beradi. Usti yopilmagan idishlardagi, suv sig'imlaridagi suyuqliklarning erkin sirtiga ta'sir qiluvchi bosim *atmosfera bosimi* deb ataladi va  $r_a$  harfi bilan belgilanadi. Bu holda (2.8) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$r = r_0 + \gamma h \quad (5.2)$$

Agar suyuqlik nuqtasidagi bosim atmosfera bosimidan katta ( $r > r_a$ ) bo'lsa, (2.9) tenglamaning oxirgi hadi *manometrik bosim* deb ataladi:

$$r_m = r - r_0 \quad (5.3)$$

Manometrik bosim absolyut bosimdan atmosfera bosimining chigirilgan (ayirilgan) miqdoriga teng bo'lgani uchun uni *chegirma bosim* deb ham atash mumkin.

Manometrik bosim absolyut bosimning miqdoriga qarab har xil qiymatga ega bo'lishi mumkin, masalan,  $r = r_0$  bo'lganda  $r_m = 0$ ;  $r \rightarrow \infty$  bo'lganda  $r_m \rightarrow \infty$ , ya'ni manometrik bosim 0 bilan  $\infty$  o'rtasidagi barcha qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

Agar suyuqlik nuqtasidagi absolyut bosim atmosfera bosimidan kichik ( $r < r_a$ ) bo'lsa, ularning ayirmasi *vakuumometrik bosim* (vakuum)  $r_a$  ga teng bo'ladi va suyuqlikdagi siyraklanish miqdorini belgilaydi:

$$r_v = r_a - r \quad (5.4)$$

Vakuumometrik bosim nuqtadagi bosimning atmosfera bosimidan qancha kamligini ko'rsatadi va  $r = r_a$  da  $r_v \rightarrow 0$ ;  $r \rightarrow 0$  da  $r_v \rightarrow r_a$  bo'ladi. SHunday qilib, vakuumometrik bosim 0 dan  $r_a$  gacha bo'lgan qiymatlarni qabul qiladi.

Bosim o'lchash uchun texnikada turli birliklar ishlatiladi:

1. Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati, masalan,

$$N/m^2; kG/m^2; kG/cm^2.$$

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

3. Birlik yuzaga to'g'ri kelgan berilgan kuch miqdoriga nisbati yoki suyuqlik ustuning berilgan balandligi miqdorlari, masalan, texnik atmosfera (at) ( $1 \text{ at} = 1 \text{ kG/cm}^2 = 10^4 \text{ kG/m}^2 = 735,6 \text{ mm sim.ust.}$ ) bar ( $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$ ) va hakazo.

1. Chegirma bosim yuqoridagi birliklarda o'lchanadi va atilarda hisoblanadi.

### Bosim o'lchash asboblari

Bosim o'lchash asboblari ikki gruppaga ajraladi. Ular suyuqlik va mexanik asboblardir.

1. Suyuqlik asboblari:

a) *ppezometrlar* - idishdagi bosim unga ulangan shisha naychadan tekshirilayotgan suyuqlikning ko'tarilishiga qarab aniqlanadi. Idishdagi bosimning katta yoki kichikligiga qarab ppezometr (shisha naycha) da suvning sathi  $h_n$  balandlikka ko'tariladi. Tekshirilayotgan A nuqtadagi bosim  $r_a$  idishdagi erkin sathdagi bosim bilan undagi suv ustuning bosimi yig'indisiga teng. Ppezometr

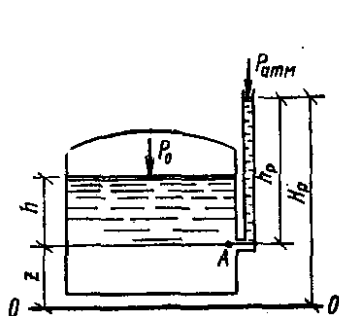
orqali aniqlanganda u gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida quyidagicha aniqlanadi:

$$r_A - r_a Q \gamma (h Q h_n) \quad (5.5)$$

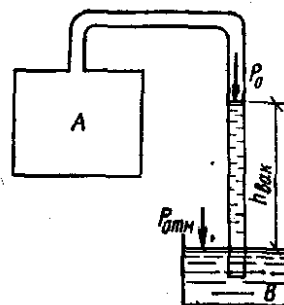
U holda ppzometrda suyuqlik erkin sathining balandligi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$h Q h_n q \frac{P_A - P_a}{\gamma}$$

va idishdagi chegirma bosimga to'g'ri keladigan suyuqlik ustunining balandligini ko'rsatadi. Bunday asboblarda 0,5 dan yuqori bo'lmagan ikki chegirma bosimlarni o'lchashda ishlatiladi. Haqiqatda ham 1 at teng bo'lgan bosim 10m suv ustunining balandligiga teng bo'lgani uchun yuqori bosimlarni o'lchashda juda uzun shisha naychalar ishlatishga to'g'ri kelgan bo'lar edi.

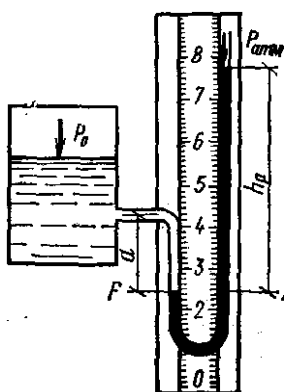


14-rasm. Prezometr



15-rasm. Vakuummometr

16-rasm. U-simon manometr.



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

$$r_A q r Q \gamma h_1$$

Simobli naychadagi qiymatlar orqali esa

$$r_A q r_a Q \gamma_{sm} \cdot h_{sm}$$

Bu ikki tenglikdan  $r$  ni topamiz:

$$r q r_a r_a Q \gamma_{sm} \cdot h_{sm} - \gamma h_1 \quad (5.6)$$

Bunday manometrlar har bir bosimni o'lchash yaramaydi.

v) *Differentsial manometrlar* - ikki idishdagi bosimlar farqini o'lchash uchun ishlatiladi. Bosimlarni  $r_0$  va  $r_v$  ga teng bo'lgan ikki idish simobli U-cimon naysa orqali tutashtirilgan. Bu holda  $S$  nuqtadagi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$r_s q r_a Q \gamma h_1$$

Ikkinchi idishdagi bosim orqali esa

$$r_s q r_v Q \gamma h_2 Q \gamma_{sm} \cdot h \quad (5.7)$$



U holda idishlardagi bosimlar farqi

$$r_a - r_v q (\gamma_{sm} - \gamma_l) h$$

g) **Mikromanometr** - juda kichik bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi va suyuqlik sathining o'zgarishi sezilarli bo'lishi uchun suyuqlik to'ldirilgan idishga shisha naycha qiya burchak ostida ulanadi. U holda idishdagi chegirma bosim quyidagicha aniqlanadi:  $r q \gamma \sin \alpha$  bo'lgani uchun

$$r q \gamma \sin \alpha \quad (5.8)$$

shisha naychani qiyalik burchagi  $\alpha$  qancha kichik bo'lsa, bosim shuncha aniq o'lchanadi. Ko'p hollarda manometr shisha naychasining qiyalik burchagining o'zgaruvchan qilib ishlanadi. Bu holda mikromanometrlarning qo'llanish chegarasi kengayadi.

d) **Vakummetrlar**. Tuzilishi xuddi suyuqlik U-simon manometrlariga o'xshash bo'lib, idishdagi siyraklanish darajasini aniqlaydi. Hidrostatik bosim tenglamasiga asosan

$$r Q \gamma_{sm} h_{sm} q r_a$$

u holda

$$r q r_a - \gamma_{sm} h_{sm}; \quad (5.9)$$

simob ustunining pasayishi idishdagi bosim va  $r_a$  orqali quyidagicha ifodalandi:

$$h_{sm} q \frac{P_a - P}{\gamma_{CM}} \quad (5.10)$$

**II. Mexanik asboblari** (katta bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi va buning uchun turli mexanik sistemalardan foydalaniladi):

a) *Prujinali manometr* ichi bo'sh yupqa egik latunp 1 naychadan iborat bo'lib, uning bir uchi kavsharlangan. SHu uchi zanjir 2 bilan tishli uzatma 3 ga ilashtirilgan bo'ladi.

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

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

#### NAZORAT SAVOLLARI:

1. Bosim yo'nalishini tushuntiring.
2. Bosim miqdorini tushuntiring.
3. Urinma yo'nalishini tushuntiring.
4. Normal yo'nalishni tushuntiring.
5. Suyuqlikning birinchi xossasini tushuntiring.
6. Suyuqlikning ikkinchi xossasini tushuntiring.

## 7. Bosim birliklarini xossasi.

### TESTLAR

1. Kinematik zanjir nima ?
  - \* a) Kinematik juft tashkil qilib birikkan qo`zg`aluvchan zvenolar gruppasi
  - b) Bir necha o`lchamlar to`plami
  - c) Assur gruppasiga kiruvchi zvenolar
  - d) qo`zg`almas zvenolar majmuasi
2. Friksion mexanizm qanday mexanizm deyiladi ?
  - a) Yeyilmaydigan barcha mexanizmlar turi
  - \* b) Ishqalanish kuchlari ta'sirida harakatga keladigan mexanizmlar
  - c) Katta kuchlarni uzoq masofaga uzatadigan mexanizmlar
  - d) Moyli sharoitda uzoq ishlay oladigan mexanizmlar to`plami.
3. Mexanizmga qanday kuchlar salbiy ta'sir etadi.
  - a) Inertsia kuchi, ichki mexanik kuch.
  - b) Og`irlik kuchi, tashqi energiya kuchi.
  - \* c) qarshilik kuchi, ishqalanish kuchi, og`irlik kuchi.
  - d) Ishqalanish kuchi, tashqi ta'sir.

### Foydalanildigan adabiyotlar ro`yxati.

1. K.Sh.Latipov «Gidravlika, gidromashinalar, gidroyuritmalar» T.«O`qituvchi» 1992 y.
2. A.Yu. Umarov «Gidravlika» T. «O`zbekiston» 2002 y.
3. N. Muslimov, O`. Tolipov, R. Isyanov, R. Daminova «Gidravlika va gidravlik mashinalar» O`quv qo`llanma. Toshkent 2004y.
4. J.Nurmatov. N.A.Xalilov. O`.Q.Tolipov «Issiqlik texnikasi» // T. «O`qituvchi.» 1998.
5. Xudoyberdiyev T.S. «Issiqlik texnikasi» // T. 2010.

## 5-mavzu. Hidrodinamika. Suyuqlikning nisbiy tinch holati.

### Gidrodinamikaning asosiy maalasi. Harakat turlari.

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

**Tezlik va bosim maydonlari.** Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning hil bir nuqtasida 'ayolan tezlik va bosim vertikalini ko`rib chiqsak, ko`rilayotgan harakatga mos keluvchi tezlik va bosim to`plamlarini ko`z oldimizga keltira olamiz. Ana shu usul bilan tuzilgan tezlik to`plami *tezlik maydoni* deyiladi. Shuningdek, bosim vektorlaridan iborat to`plam *bosim maydoni* deb ataladi. Tezlik va bosim maydonlari vaqt o`tishi bilan o`zgarib boradi. Hidrostatikadagi kabi gidrodinamikada ham gidrodinamik bosimni  $r$  bilan belgilaymiz va uni sodda qilib

bosim deb ataymiz. Tezlikni esa  $u$  bilan belgilaymiz. U holda tezlikning koordinata o`qlaridagi proeksiyalari  $u_x, u_y, u_z$  bo`ladi.

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

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

tezlik proeksiyalari 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 o`rtasidagi o`zaro bog`lanishni topish gidrodinamikasining asosiy masalasi hisoblanadi.

**Harakat turlari.** Harakat vaqtida suyuqlik oqayotgan fazoning hil bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt o`tishi bilan o`zgarib tursa, bunday harakat *beqaror harakat* deyiladi. Tabiatda daryo va kanallardagi suvning harakatlari, texnikada trubalardagi suyuqlikning harakati va mexanizmlar qismlaridagi harakatlar asosan boshlanganda va ko`p hollarda butun harakat davomida beqaror bo`ladi. Agar suyuqlik oqayotgan fazoning hil bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt bo`yicha o`zgarmay faqat koordinatalarga bog`liq, ya`ni

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

bo`lsa, u holda harakat *beqaror* deyiladi. Bu holda trubalarda va kanallarda suyuqlik ma`lum vaqt oqib turganidan keyin yuzaga kelishi mumkin. Beqaror 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 tezlik o`zgarib borsin, harakat notekis harakat bo`ladi. Notekis harakat vaqtida suyuqlik ichida bosim va bosh gidravlik parametrlar o`zgarib boradi. Notekis harakatni kesimi o`zgarib borayotgan shisha trubada kuzatish juda qulaydir.

Bordi-yu suyuqlik zarrachasi harakat yo`nalishi bo`yicha vaqt o`tishi bilan harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o`tganda tezligini o`zgartirmasa, bunday harakat *tekis harakat* deyiladi. Tekis harakat vaqtida

suyuqlikning gidravlik parametrlari o'zgarmaydi. Tekis harakatga kesimi o'zgarmaydigan trubalardagi suyuqlikning va qiyaligi bir xil kanallardagi suv oqimi misol bo'la oladi.

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 hil tomondan devorlar bilan o'ralgan bo'lib, erkin sirt bo'lmaydi (ya'ni suyuqlikning bosimi chiqib ketishiga 'ech qanday imkoniyat 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 suvlarning harakatlari misol bo'la oladi. Bulardan tashqari, suyuqliklarning sekin o'zgaruvchan harakatlari haqida gapirish mumkin bo'lib, biz ular haqida to'xtalib o'tirmaymiz.

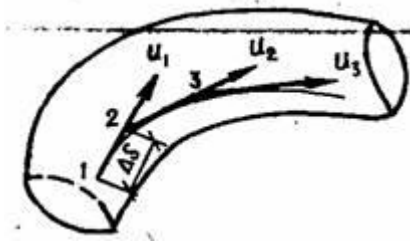
### **Oqimchali harakat haqida asosiy tushunchalar.**

#### **Oqim chizig'i, oqim naychasi va oqimcha. Suyuqlik oqimlari**

Odatda, biror voqea yoki hodisani tekshirishda uni butunligicha tekshirib bo'lmagani uchun biror soddalashtirilgan sxema 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 nuqtalar bilan ifodalash mumkin va bu nuqtalarda hilkatdagi zarracha (3.1) va (3.2) ga asosan hil xil tezlik va bosimlarga ega bo'ladi. SHu nuqtalarni o'zaro tutashtirsak, suyuqlik zarrachasining 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 V nuqtada harakatdagi suyuqlik zarrachasining V nuqtaga tegishli tezlik vektori  $u_B$  ni quramiz. Hosil bo'lgan yangi vektorning davomida kichik  $dl_2$  masofadagi S nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining vektori  $u_S$  ni quramiz.  $u_S$  vektorning davomida  $dl_3$  masofadagi D nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining  $u_D$  vektorini quramiz va x.k. Natijada *ASVDE* siniq chiziqni hosil qilamiz. Agar  $dl_1$ ,  $dl_2$ ,  $dl_3$  larni cheksiz kichraytirib borib, nolga intiltirsak, *AVSDE* o'rnida biror egri chiziqni olamiz. Bu egri chiziq *oqim chizig'i* deb ataladi.



17-rasm. Oqim chizig`ini tushuntiriga oid chizma.

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

**Oqim naychasi va elementar oqimcha.** Endi, suyuqlik harakatlanayotgan soxada biror  $D$  nuqta olib, shu nuqta atrofida cheksiz kichik  $dl$  kontur olamiz va konturning hil bir nuqtasidan oqim chizig`i o`tkazamiz. U holda oqim chiziqlari *oqim naychasi* deb ataluvchi naycha hosil qiladi. Oqim naychasi ichida oqayotgan suyuqlik *elementar oqimcha* deb ataladi. Elementar oqimchalar beqaror harakat vaqtida quyidagi xususiyatlarga ega

1. Oqim chiziqlari vaqt o`tishi bilan o`zgarmagani uchun ulardan tashkil topgan elementar oqimcha o`z shaklini o`zgartirmaydi.
2. Bir oqimchada oqayotgan suyuqlik zarrachasi boshqa yonma-yon oqimchalarga o`ta olmaydi. Shuning uchun elementar oqimchalarning yon sirti oqimcha ichidagi zarrachalar uchun ham o`tkazmas sirt bo`ladi.
3. Elementar oqimcha ko`ngdalang kesimi cheksiz bo`lgani uchun bu kesimdagi barcha nuqtalarda suyuqlik zarrachalarining tezligi o`zgarmasdir.

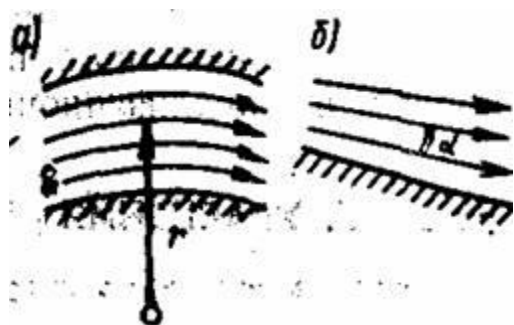
Endi biror  $S$  yuza olib, uni cheksiz ko`p  $dS_1, dS_2, dS_3$  elementar yuzalarga ajratish mumkin. SHuning uchun yuzadan oqib o`tayotgan suyuqlik oqmasi cheksiz ko`p elementar oqimchalardan tashkil topgan bo`ladi va hil bir elementar oqimchada suyuqlik tezligi boshqa elementar oqimchalardagidan farq qiladi.

### Oqimning asosiy gidravlik elementlari

Suyuqlik oqimining tekshirishda oqim qonunlarini matematik ifodalash uchun uni gidravlik va geometrik nuqtai nazardan hilakterlovchi: 1) harakat kesimi; 2) suyuqlik sarfi; 3) o`rtacha tezlik; 4) ‘o`llangan perimetr; 5) gidravlik radius kabi tushunchalar kiritiladi.

*Harakat kesimi* deb shunday sirtga aytiladiki, uning hil bir nuqtasidan oqim chizig`i normal bo`yicha yo`nalgan bo`ladi. Umumiy holda harakat kesimi egri sirt bo`lib, parallel oqimchali harakatlar uchun tekislikning bo`lagidan iborat (ya`ni tekis sirtidir).

Masalan, radial tarqalayotgan suyuqlik oqimi uchun harakat kesimi sferik sirt bo`lsa, o`zanda va trubada harakat qilayotgan oqmaning harakat kesimi tekis sirtidir. SHunga asosan parallel oqimchali harakatga ega bo`lgan oqimlarning harakat kesim uchun quyidagicha taorif berish mumkin: *oqimning umumiy oqim yo`nalishiga normal bo`lgan ko`ngdalang kesimi harakat kesimi deb ataladi*. Oqim harakat kesimining yuzi  $\square$  hilfi bilan belgilanadi.



18-rasm. Harakat kesimiga oid chizma

Vaqt birligida oqimning berilgan harakat kesimi orqali oqib o`tayotgan suyuqlik miqdori **suyuqlik sarfi** deb ataladi. Sarf  $Q$  hilfi 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. Trubadagi (a) va kanaldagi (b) oqimlar uchun tezlik epyuralari keltirilgan. Tezlik suyuqlik oqayotgan idish devorlarida nolga teng bo`lib, devordan uzoqlashgan sari kattalashib borishi rasmda ko`rinib turibdi. Turbada tezlikning eng katta qiymati uning o`tasida bo`lsa, kanalga erkin sirtga yaqin erda bo`ladi. Ixtiyoriy elementar oqimcha uchun elementar sarf  $dQ = u \square d\square$  ga teng. Oqim cheksiz ko`p elementar oqimchalardan tashkil topgani uchun elementar sarflarning yig`indisi, ya`ni butun oqimning sarfi integral ko`rinishda ifodalanadi:

$$Q = \int_{\sigma} u \square d\square \quad (3.3)$$

bu erda  $\square$  - harakat kesimi;  $d\square$  - harakat kesimining elementar oqimchaga tegishli bo`lagi.

Suyuqlik zarrachalarining hammasi bir xil tezlik bilan harakatlanganda bo`ladigan sarf, 'aqliy harakat vaqtidagi sarfga teng bo`ladigan tezlik *o`rtacha tezlik* deb ataladi.

Bu xolda suyuqlik sarfi o`rtacha tezlik orqali quyidagicha ifodalanadi.

$$Q = Vw$$

Harakat kesimi va suyuqlik harakat qilaetgan so`a uchun umumiy bo`lgan chiziq xo`llangan perimetr deyiladi va  $\chi$  xarfi bilan ifodalanadi. Harakat kesimining xo`llangan perimetriga nisbati gidravlik radius deb ataladi.

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

Silindrik trubalar uchun  $w = \frac{\pi d^2}{4}$ ,  $\chi = \pi d$  bo`lgani sababli gidravlik radius diametrning tshrtan biriga teng:  $R = \frac{d}{4}$ .

### NAZORAT SAVOLLARI:

1. Suyuqlik harakatini tushuntiring.
2. Suyuqlik harakat yo`nalishini tushuntiring.
3. Suyuqlikning ko`ndalang kesimi nima?
4. Gidravlik radius nima?
5. Elementar oqimcha nima?
6. Elementar oqimcha harakatini tushuntiring.
7. Harakat turlarini tushuntiring.
8. Oqimchalik harakatning xossalarini ayting.
9. Oqimning asosiy gidravlik elementlarini tushuntiring.

### TESTLAR

1. Kinematik zanjir nima ?
  - \* a) Kinematik juft tashkil qilib birikkan qo`zg`aluvchan zvenolar gruppasi
  - b) Bir necha o`lchamlar to`plami
  - c) Assur gruppasiga kiruvchi zvenolar
  - d) qo`zg`almas zvenolar majmuasi
2. Friksion mexanizm qanday mexanizm deyiladi ?
  - a) Yeyilmaydigan barcha mexanizmlar turi
  - \* b) Ishqalanish kuchlari ta'sirida harakatga keladigan mexanizmlar
  - c) Katta kuchlarni uzoq masofaga uzatadigan mexanizmlar
  - d) Moyli sharoitda uzoq ishlay oladigan mexanizmlar to`plami.
3. Mexanizmga qanday kuchlar salbiy ta'sir etadi.
  - a) Inertsiya kuchi, ichki mexanik kuch.

- b) Og'irlik kuchi, tashqi energiya kuchi.  
 \* c) qarshilik kuchi, ishqalanish kuchi, og'irlik kuchi.  
 d) Ishqalanish kuchi, tashqi ta'sir.

### Foydalanildigan adabiyotlar ro'yxati.

1. K.Sh.Latipov «Gidravlika, gidromashinalar, gidroyuritmalar» T.«O`qituvchi» 1992 y.
2. A.Yu. Umarov «Gidravlika» T. «O`zbekiston» 2002 y.
3. N. Muslimov, O`. Tolipov, R. Isyanov, R. Daminova «Gidravlika va gidravlik mashinalar» O`quv qo`llanma. Toshkent 2004y.
4. J.Nurmatov. N.A.Xalilov. O`.Q.Tolipov «Issiqlik texnikasi» // T. «O`qituvchi.» 1998.

## 6-mavzu. Suyuqlik kinematikasining asosiy tushunchasi. Suyuklikning harakatini urganish usullari, lagranj uslubi.

Jismlarning suyuqlik satxida suzish nazariyasi bizga avvaldan eramizdan 287 – 212 yil ilgari ma`lum bo`lgan Arximed qonuniga asoslangan. Bu qonun quyidagicha suvga botirilgan jismga suv tomonidan itaruvchi (ko'taruvchi) kuch ta'sir etadi. Bu kuch pastdan yuqoriga vertikal yo'nalgan bo'lib, u kuch jism siqib chiqarish suyuqlikning og'irligiga teng. Suvga butunlay botirilgan har qanday ixtiyoriy shakldagi jismni olib, suyuqlik qanday kuch bilan uni tashqariga itarib chiqarishni aniqlaymiz.

Suvga butunlay botirilgan ixtiyoriy shakldagi jismning ko'ndalang kesimining maydonini juda kichik elementar paralleloppedlarga bo'lamiz. Bu paralleloppedlarning ustki va pastki tomonlarining elementar yuzalarini tekis va bir xil deb olamiz. U elementar yuzlarining maydonini  $\Delta W$  bo'lsin. U holda har bir paralleloppedning ustki tomoniga yo'nalgan bo'ladi.

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

Pastki tomoniga esa pastdan yuqoriga tik yo'nalgan bo'ladi.

$$\Delta P_2 = \gamma h_2 \Delta W$$

Bu erda  $h_1$  va  $h_2$  – paralleloppedning ustki va pastki tomonlari elementar maydonlari og'irlik markazlarini suv satxiga nisbatan joylashgan chuqurliklari. Paralleloppedga nisbatan elementar teng ta'sir etuvchi  $\Delta P_g$  bosim kuchi pastdan yuqori yo'nalgan bo'ladi.

$$\Delta P_g = \Delta P_2 - \Delta P_1 = (\gamma h_2 - \gamma h_1) \Delta W$$

Bu yerga  $\Delta V$  asosi  $\Delta W$  va balandligi  $h$  bo'lgan elementar paralleloppedning hajmi.

Suyuqlikda suzib yurgan qismning suvga botgan eng pastki nuqtasini cho'kish chuqurligi deb ataladi. Uni  $h$  bilan belgilaymiz. Amalda, paraxodda yoki barjalarda to'la yuk bo'lgan holdagi cho'kish chuqurligi uning tashqi devorining sirti bo'yicha perimetrining uzunligi qizil bo'yoqda gorizontol chiziq bilan belgilanadi, bu chiziq yuk vatar chizigi deb ataladi. Umuman vatar chizigi deb ataladi.



Umuman vatar chiziq deb, suzayotgan jismning suyuqlik satxi bilan kesishish tekisligida hosil bo'lgan chiziqqa aytiladi.

Siqib chiqarilgan suv hajmi (suv sigimi) markazi. Jismning  $G$  (og'irlik kuchi) ko'yilgan nuqta og'irlik markazi deyiladi va u nuqta shartli belgi  $D$  harfi bilan ifodalanadi. Ko'taruvchi kuch qo'lgan nuqta esa bosim markazi yoki suv sigimi markazi deyiladi va  $D$  harfi bilan ifodalanadi. Bu nuqta suzayotgan jism siqib chiqargan suyuqlik hajmining og'irlik markazida joylashgan. Suyuqlikda suzayotgan jismning og'irlik markazi hatto u qiya holatda bo'lsa ham o'zgarmas bo'ladi.

Suyuqlikda suzayotgan jism siqib chiqargan suyuqlik hajmi u qiya holatda bo'lganda ham o'zgarmaydi, ammo uning joyi va shakli o'zgaradi, faqat siqib chiqarilgan suv hajmi markazi boshqa chizig'i holatga o'tadi. Shunday qilib, tinch holatdagi suyuqlik sathida suzuvchi jism muvozanatda bo'lishi uchun quyidagi ikki shart bajarilishi kerak:

1. Jism va unga ortilgan yuk og'irliklari ko'taruvchi kuchga teng bo'lishi kerak.
2. Jismning og'irlik markazi va siqib chiqarilgan suv hajmi markazi bir vertikalda ( $0 - 0$  vertikalda) yotishi kerak.

#### **Nazorat savollar**

- 1 Suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga qanday uzatiladi?
- 2 Hidrostatik mashinalar deb nimaga aytiladi va ularning texnikada qanday ahamiyati bor
- 3 Hidropresslardan qaysi maqsadda foydalaniladi va ularda necha tonnagacha kuch hosil qilish mumkin.
- 4 Hidroakumliyatorlarning asosiy vazifasi nimadan iborat.
5. Arximed qonunini va tajribasini ayting.

#### **Tayanch iboralar**

Paskal, porshen, gidromashina gidrostatik mashina gidropress, gidroakkumlyator, silindr, koffitsiyent normallashtirish, diafragma, pnevmatik, gidro multiplikator, kuch gidrodvigateli.

Gidrodinamikada suyuqliklarning harakat qonunlari o'rganiladi. Bu yerda muxandislik gidravlikasi masalalarini yechishda, asosan nuqtalardagi suyuqlik zarrachalari u tezligi va  $p$  bosimlar miqdorlarini aniqlash bilan shug'ullaniladi.

Suyuqliklarning harakatga kelishiga ularga tashqaridan qo'yilgan kuchlar: og'irlik kuchi, tashqi bosim kuchi, ishqalanish kuchi, Arximed kuchi va boshqalar sabab bo'ladi. Gidravlikaning gidrodinamika qismida masalalarni echayotganda, tashqaridan qo'yilgan kuchlar ma'lum, ya'ni ularni berilgan deb hisoblab, gidravlikada faqat ichki kuchlarni aniqlash bilan shug'ullaniladi.

Suyuqlik harakati paytida rivojlanayotgan ichki bosimlarni suyuqlik oqimining biror ko'ndalang kesimining maydoniga nisbatan olsak, bunday bosim gidrodinamik bosim deb ataladi. Bu bosim gidrostatik bosim singari shartli belgi  $p$  bilan ifodalanadi. Gidrodinamik bosimning gidrostatik bosimdan farqi shundaki, u faqat koordinata o'qi bo'yicha o'zgarmay, vaqt utishi bilan ham o'zgardir. Gidrodinamik bosim faqat ko'ndalang kesimda gidrostatik bosim qonuniga

bo'ysunadi. Shunday qilib, suyuqlik harakatlarini o'rganishda asosan ikki xil masalaga duch kelamiz.

1. Tashqi masala – bu holda oqim berilgan bo'lib, shu oqim ichidagi qattiq jismga ta'sir etayotgan kuchlarni aniqlash kerak.

2. Ichki masala – u holda suyuqlikka ta'sir etuvchi tashqi kuchlar (chunonchi, hajmiy kuch, og'irlik kuchi, ishqalanish kuchi va boshqalar) berilgan bo'lib, oqimning gidrodinamik karakteristikasining o'zgarish qonunlari o'rganiladi. Oqimning gidrodinamik karakteristikalari qatoriga: a) suyuqlik zarrachalarining harakati tezliklari; b) undagi gidrodinamik bosimlarning o'zgarishi va boshqalar kiradi.

Suyuqlik bilan band bo'lgan fazoning har xil nuqtasida u tezlik va p bosim har xil bo'ladi. Bundan tashkari u va p lar fazoning berilgan nuqtasida xam vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Uni quyidagicha yozish mumkin:

$$u_x = f_1(x, y, z, t);$$

$$u_y = f_2(x, y, z, t);$$

$$u_z = f_3(x, y, z, t);$$

$$p = f_4(x, y, z, t),$$

bu yerda  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$  tezlikning to'g'ri burchakli koordinata o'qlaridagi proeksiyalar. Agar  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  va  $f_4$  funksiyalarning yechimini topganimizda, masalani yechgan bo'lar edik.

Gidravlikada qabul qilingan asosiy nazariy tenglamalar quyidagilar:

1) uzluksizlik tenglamasi

Elementar sarflar tengligidan  $u_1 dS_1 = u_2 dS_2$  ekanligi kelib chiqadi. 1-1 va 2-2 kesimlar ixtiyoriy tanlab olinganligi uchun elementar oqimchanning xoxlagan kesimi uchun elementar sarf teng bo'ladi ya'ni

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

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki elementar oqimchanning barcha kesimlarida elementar sarf bir xildir va bu tenglamani quyidagicha yozamiz.  $\frac{u_1}{u_2} = \frac{dS_2}{dS_1}$  Oqim

sarfi cheksiz ko'p elementar oqimchalar sarflari yig'indisidan iborat ekanligi nazarga olib tenglamaning chap va ung qismini  $S_1$   $S_2$  .yuzalar bo'yicha olingan integrallar bilan almashtiramiz.

$$\int u_1 dS_1 = \int u_2 dS_2 \text{ tenglamaga asosan } \int u_1 dS_1 = \mathcal{Q}_1 S_1, \int u_2 dS_2 = \mathcal{Q}_2 S_2 \text{ bo'ladi}$$

Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida shu nuqtaga tegishli tezlik va bosim mavjud bo'lib, ular o'z qiymatiga ega bo'ladi, ya'ni tezlik va bosim koordinatlar  $x$ ,  $y$ ,  $z$  ga bog'liq. Tabiatdagi kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, nuqtadagi suyuq zarrachaga ta'sir qilayotgan bosim va tezlik vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida xayolan tezlik va bosim vektorlarini ko'rib chiqsak, ko'rilayotgan harakatga mos keluvchi tezlik va bosim to'plamlarini ko'z oldimizga keltiramiz. Ana shu usul bilan tuzilgan tezlik to'plami tezlik maydoni deyiladi. Xuddi shuningdek, bosim vektorlaridan iborat to'plam bosim maydoni deb ataladi. Tezlik va bosim maydonlari vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Hidrostatikadagi kabi gidrodinamikada ham gidrodinamik bosimni

p bilan belgilaymiz va uni sodda qilib bosim deb aytamiz. Tezlikni esa  $u$  bilan belgilaymiz.

U holda tezlikning koordinata chiziqlaridagi proeksiyalari  $u_x, u_y, u_z$  bo'ladi.

Yuqorida aytilganga asosan suyuqlik parametrlari funksiya ko'rinishida yoziladi:

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

Tezlik proyeksiyalari ham funksiyalardir.

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

Bu keltirilgan funksiyalarni aniqlash va ular o'rtasidagi o'zaro bog'lanishni topish gidrodinamikaning asosiy masalasi hisoblanadi. Gidrodinamika masalalarini hal qilish nazariy tekshirishlar va tajribalar o'tkazish, so'ngra olingan natijalarni o'zaro taqqoslash usuli bilan olib boriladi.

Nazariy tekshirishlar harakatini ifodalovchi differentsial tenglamalar tuzish va ularni echish yoki o'xshashlik nazariyasi asosida asosiy parametrlar orasidagi munosabatlarni topishga olib keladi. Tajribalar esa turli o'lchov asboblari yordamida harakat parametrlarini topishga yordam beradi.

### Suyuqlikning barqaror va beqaror harakatlari

Harakat vaqtida suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt o'tishi bilan o'zgarib tursa, bunday harakatga beqaror harakat deyiladi. Tabiatda daryo va kanallardagi, texnikada trubalardagi suyuqlikning harakati asosan boshlanganda va ko'p hollarda butun harakat davomida beqaror bo'ladi.

Agar suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt bo'yicha o'zgarmasa va faqat koordinatalariga bog'liq bo'lsa,

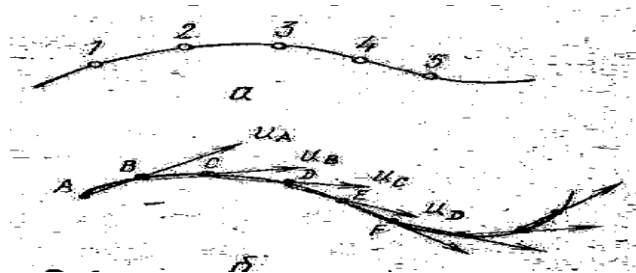
$$p = f(x, y, z); \quad u = f(x, y, z),$$

bunday harakatga barqaror harakat deyiladi. Bu hol tuba va kanallarda suyuqlik ma'lum vaqt oqib turganda yuzaga kelishi mumkin. Oqim chizig'i, oqim trubkasi va oqimcha haqida tushuncha. Elementar oqimchalarning barqaror harakat vaqtidagi xususiyatlari.

Odatda biror voqea yoki hodisani tekshirishda uni butunligicha tekshirib bo'lmagani uchun biror soddalashtirilgan sxema qabul qilinadi va shu sxema asosida 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 trubkasi va oqimcha tushunchalari yotadi.

**a) Oqim chizig'i** –suyuqlik harakat qilayotgan fazoda suyuqlikning biror zarrachasining harakatini kuzatsak, uning vaqt o'tishi bilan oldinma-ketin olgan vaziyatlarini 1,2,3... nuqtalar bilan ifodalash mumkin (1- rasm) va bu nuqtalarda harakatdagi zarracha har xil tezlik va bosimga ega bo'ladi. Shu nuqtalarni chiziq bilan tutashtirsak, suyuqlik zarrachasining traektoriyasi hosil bo'ladi. endi, suyuqlik zarrachasining tezligini kuzatamiz. Zarrachaning ko'rilayotgan vaqtda  $A$  nuqtadagi tezlik vektorini ko'ramiz. Shu vektor davomida  $A$  dan  $dl_1$  masofada turgan  $V$

nuqtada harakatdagi suyuqlik zarrachasining  $V$  nuqtaga tegishli tezlik vektori  $\overline{u_B}$  ni ko'ramiz.



19- rasm. Oqim chizig'ining tushuntirishga oid chizma:  
a- traektoriya, b-oqim chizig'i.

Hosil bo'lgan yangi vektorning davomida  $V$  dan  $dl_2$  masofadagi  $S$  nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining vektorini ko'ramiz.

$\overline{u_c}$  vektorning davomida  $dl_3$  masofadagi  $D$  nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining  $\overline{u_D}$  vektorini ko'ramiz va x.k. Natijada AVSDE siniq chiziqni hosil qilamiz (1-rasm). Agar  $dl_1, dl_2, dl_3$  larni cheksiz kichraytira borib, nolga intiltirsak, AVSDE o'rnida biror egri chiziqni hosil qilamiz. Bu egri chiziq oqim chizig'i deb ataladi.

Yuqorida aytilgandan ko'rinib turibdiki, oqim chizig'i deb suyuqlik harakatlanayotgan fazoda olingan va berilgan vaqtda har bir nuqtasida unga o'tkazilgan urinma shu nuqtaga tegishli tezlik vektori yo'nalishiga mos keluvchi egri chiziqqa aytiladi. Beqaror harakat vaqtida tezlik va uning yo'nalishi vaqt davomida o'zgarib targani uchun trayektoriya bilan oqim chizig'i bir xil bo'lmaydi. Barqaror harakat vaqtida esa, tezlik vektori nuqtalarining vaziyati vaqt o'tishi bilan o'zgarmagani uchun, trayektoriya bilan oqim chizig'i ustma-ust tushadi.

Oqim trubkasi. endi, suyuqlik harakatlanayotgan soxada biror  $A$  nuqta olib, shu nuqta atrofida cheksiz kichik  $dl$  kontur ajratamiz va shu konturning har bir nuqtasidan oqim chizig'i o'tkazamiz. U holda oqim chiziqlari oqim trubkasi deb ataluvchi trubka hosil qiladi (2-rasm). Oqim trubkasida harakatlanayotgan suyuqlik elementar oqimcha deb ataladi.



20- rasm. Oqim trubkasi.

### *Elementar oqimcha uchun suyuqlik sarfi.*

Suyuqlik harakatini tekshirishda muhim ahamiyatga ega bo'lgan miqdorlardan biri harakat kesimidir.

Harakat kesimi deb shunday sirtga aytiladiki, uning har bir nuqtasida oqim chizig'i normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.

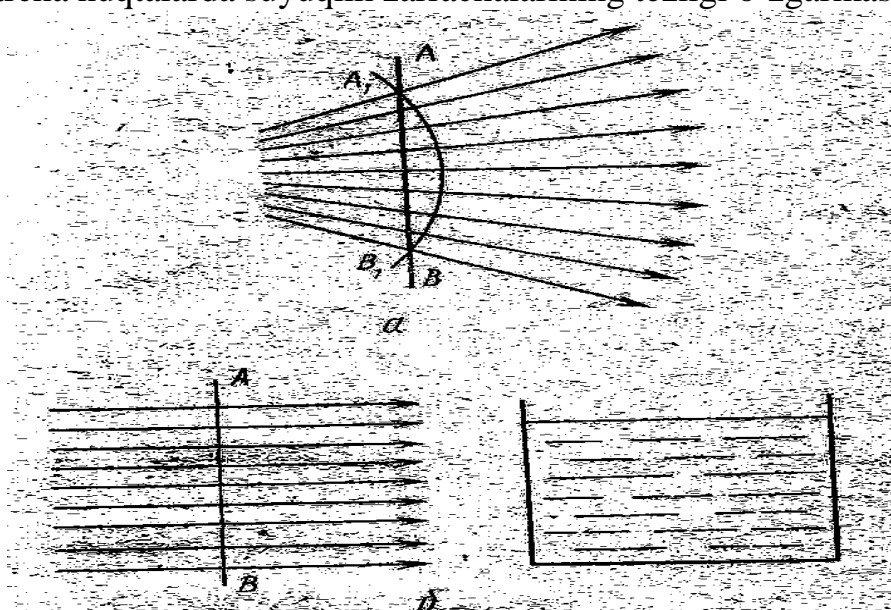
Umumiy holda harakat kesimi egri sirt bo`lib (3-rasm), parallel oqimchali harakatlar uchun tekislikning bo`lagidan iborat (ya`ni tekis sirt) dir. Masalan, radial tarqalayotgan suyuqlik oqimi uchun harakat kesimi sferik sirt bo`lsa, o`zanda va trubada harakat qilayotgan oqimning harakat kesimi tekis sirt (3-rasm).

Elementar oqimchalar barqaror harakat vaqtida quyidagi xususiyatlarga ega bo`ladi:

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

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

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



21- rasm. Harakat kesimi.

Elementar oqimchanning harakat kesimidan vaqt birligida o`tayotgan suyuqlik miqdoriga uning sarfi deyiladi. Elementar oqimchanning sarfini hisoblash uchun tezlik uni harakat tezligi yuzasiga ko`paytiramiz.

$$dq = u dS.$$

Bu miqdorni soddalashtirib, elementar sarf deb ham atash mumkin.

### Nazorat savollari

1. Absolyot bosim qanday aniqlanadi. Formulasini yozib ko`rsating.
2. Atmosfera bosima nima?
3. Manometrik bosimni boshqacha qanday atash mumkin.
4. Suyuqlikning pezometrik balandligi nima?
5. Hidrostatik bosim deb nimaga aytiladi?

**Tayanch iboralar** Absolyut bosim, ortiqcha bosim, atmosfera bosim, manometrik bosim, pezometrik balandlik, vakuummetrik bosim, gidrostatik bosim, pezometr, manometer, suyuqlik manometri, diffeensial manometer,

vakuummeter, mikromanometr, mexanik asbob, prujinali manometr, membranali manometer.

## 7-mavzu. Haqiqiy suyuqliklarda ichki kuchlar.

### Nave-Stoks tenglamasi, uzluksizlik tenglamasi, Eyler tenglamasi.

I. Suyuqlik oqimi, uning harakat kesimidagi sarfi.

II. O'rtacha tezlik.

Suyuqlik oqayotgan soxaning kesim yuzasi  $S$  ni  $ds$  elementar yuzalarga ajratish mumkin (4 - rasm).  $S$  yuzadan oqib o'tayotgan suyuqlikni oqim deb atasak, u cheksiz ko'p elementar oqimchalardan tashkil topgan bo'ladi va har bir elementar oqimchada suyuqlik tezligi boshqa elementar oqimchalardagidan farq qiladi. Elementar oqimchalardagi kabi, oqimning barcha oqim chiziqlariga tik bo'lgan yuza oqimning harakat kesimi deyiladi.

Suyuqlik sarfi deb, vaqt birligida oqimning berilgan harakat kesimi orqali oqib o'tayotgan suyuqlik miqdoriga aytiladi. Sarf  $Q$  harfi bilan belgilanadi va  $l/c$ ,  $m^3/c$ ,  $m^3/coam$  larda o'lchanadi. Elementar yuza bo'yicha sarf  $dq$  bilan, birlik yuza bo'yicha sarf  $q$  bilan belgilanadi.

4 - rasmda trubadagi (a) va kanaldagi (b) oqimlar uchun tezlik epyralari keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, tezlik suyuqlik oqayotgan idish devorlarida nolga teng bo'lib devordan uzoqlashgan sari orta boradi.

Trubada tezlikning eng katta qiymati uning o'rtasida, kanalda erkin sirtga yaqin sirtga yaqin erda bo'ladi. Ixtiyoriy elementar oqimchalardan tashkil topgani uchun elementar sarflar yigindisi butun oqimning sarfi integral ko'rinishda ifodalanadi:

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

Bu erda  $\omega$  - harakat kesimi;  $d\omega$  - harakat kesimining elementar oqimchaga tegishli kismi.

O'rtacha tezlik deb, shunday tezlikka aytiladiki, suyuqlik zarrachalarining hammasi shu tezlik bilan harakatlanganda bo'ladigan sarf haqiqiy harakat vaqtidagi sarfga teng bo'ladi, 3 - rasmlarda (a, b) haqiqiy tezlik epyurasi punktir chiziq bilan belgilangan bo'lib, punktirli strelkalarning uchini birlashtiradi. O'rtacha tezlik  $v$  harfi bilan belgilanadi va sarfni harakat kesimiga bo'lish yo'li bilan topiladi:

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

Bu holda suyuqlik sarfi o'rtacha tezlik orqali quyidagicha ifodalanadi:

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

Harakat kesimi va suyuqlik harakat qilayotgan soxa uchun umumiy bo'lgan chiziq xo'llangan perimetr deyiladi va  $\chi$  harfi bilan ifodalanadi.

Harakat kesimining xo'llangan perimetrğa nisbati gidravlik radius deb ataladi:

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

Silindrik trubalar uchun  $\omega = \pi d^2$ ,  $\chi = \pi d$  bo'lgani sababli gidravlik radius diametrning to'rtidan biriga teng:

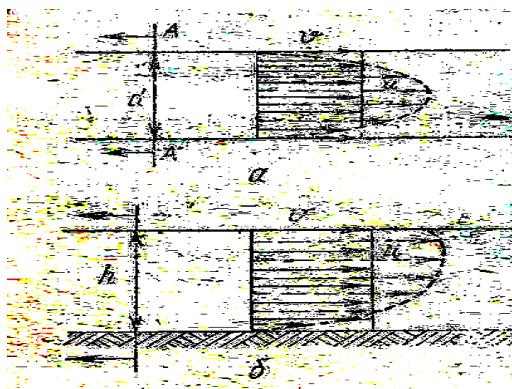
$$R = \frac{d}{4}$$

Nosilindrik trubalar uchun gidravlik radius tushunchasidan foydalanib, ekvivalent diametr kiritiladi. Ekvivalent diametr gidravlik radiusning to'rtga ko'paytirilganiga teng:

$$d_e = 4R$$

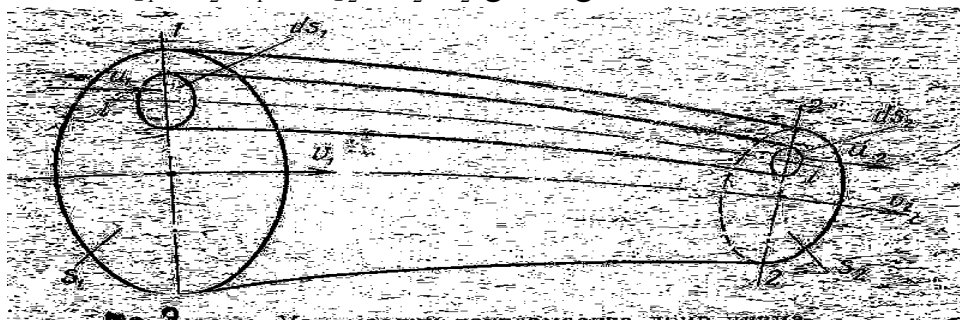
### Elementar oqimcha uchun uzluksizlik tenglamasi

Yuqorida aytib o'tilganidek, gidravlikada suyuqliklar tutash muhitlar deb ataladi (ya'ni harakat fazosining istalgan nuqtasida suyuqlik zarrachasini topish mumkin). Elementar oqimcha va oqim uchun uzluksizlik tenglamasi suyuqlik tutash oqimining matematik ifodasi bo'lib xizmat qiladi. Suyuqlikning barqaror harakatini ko'rib chiqamiz.



22 - rasm. Tezlik epyurasi (punktir chiziq) va o'rtacha tezlik (tutash chiziq): a- trubalarda, b- kanallarda.

Elementar oqimcha uchun uzluksizlik tenglamasini chiqaramiz. Oqimda harakat o'qi  $l-l$  bo'lgan elementar oqimchani olib, uning 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi bo'lagini tekshiramiz (22 - rasm). 1-1 kesimning yuzasi  $dS_1$  ning tezligi  $u_1$ , 2-2 kesimning yuzasi  $dS_2$  ning tezligi  $u_2$  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.



23 - rasm. Uzilmaslik tenglamasiga doir chizma.

Bu holda 1-1 va 2-2 kesimlar orqali o'tuvchi bu elementar sarflar

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

bo'ladi. Buni isbotlash uchun quyidagi ikki holni ko'ramiz:

1.  $q_1 > q_2$  bo'lsin. Bu holda 1-1 va 2-2 kesimlar o'rtasida suyuqlik to'planishi yoki elementar oqimcha devorlari orqali tashqariga chiqishi mumkin degan xulosa chiqadi. Yuqorida aytilganidek, elementar oqimcha devoridan suyuqlik o'tmaydi va elementar oqimchanning ko'ndalang kesimlari o'zgarmasdir. Demak, bu taxmin notug'ri ekanligi ko'rinib turibdi.

2.  $q_1 > q_2$  bo'lsin. Bu holda 1-1 va 2-2 kesimlar orasiga qayerdandir suyuqlik qo'shilib turishi yoki elementar oqimcha devori orqali ichqariga o'tib turishi kerak. Yuqoridagiga asosan bunday taxmin ham noto'g'ri ekanligi ko'rinadi. Shunday qilib (4) tenglik to'g'ri ekanligi isbotlandi.

Elementar sarflar tengligidan

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

ekanligi kelib chiqadi.

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

$$u_1 ds_1 = u_2 ds_2 = u_3 ds_3 = \dots u_n ds_n = \text{const}.$$

(5) tenglama elementar oqimcha uchun uzluksizlik tenglamasi deb ataladi. Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, elementar oqimchanning barcha kesimlarida elementar sarf bir xildir. (5) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

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

Bundan elementar oqimchanning ixtiyoriy ikkita kesimidagi tezliklar bu kesimlar yuzasiga teskari proporsional ekanligi kelib chiqadi.

Oqim uchun uzluksizlik tenglamasini chiqaramiz. Bu maqsadda elementar oqimcha uchun olingan uzluksizlik tenglamasidan foydalanamiz. Oqim sarfi cheksiz ko'p elementar oqimchalar sarflari yig'indisidan iborat ekanligini nazarga olib, (5) tenglamaning chap va o'ng qismini  $s_1$  va  $s_2$  yuzalar (5 - rasm) bo'yicha olingan integrallar bilan almashtiramiz:

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

(1) tenglama 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

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

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 uzluksizlik tenglamasidir. Bu tenglamadan ko'rinadiki, oqimning yo'nalishi bo'yicha ko'ndalang kesimlar yuzasi va tezligi o'zgarib boradi. Lekin sarf o'zgarmaydi. (6) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

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



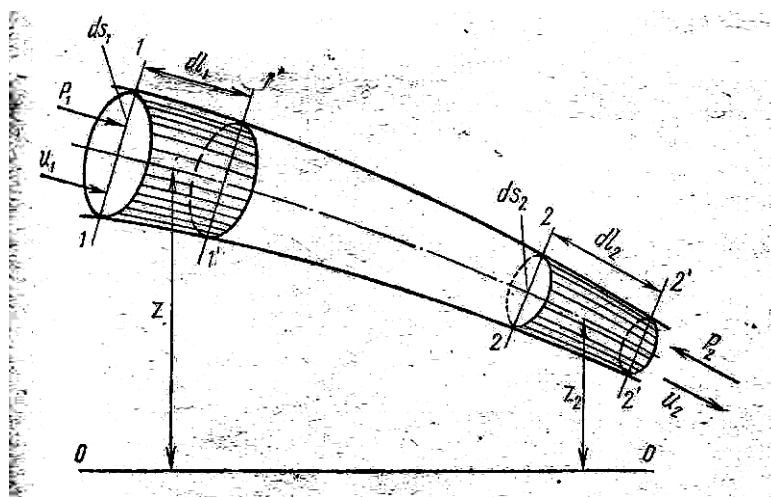
ya`ni oqimning ko`ndalang kesimidagi o`rtacha tezlik tegishli kesimlar yuziga teskari proporsionaldir.

Bernulli tenglamasini chiqarish uchun kinetik energiyaning o`zgarishi qonunidan foydalanamiz. Harakat o`qi 1-1 bo`lgan biror elementar oqimcha ajratib, uning 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' kesimlar orasidagi vaziyatga keladi (6 - 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 oqimchanning ana shu harakatdagi bo`lagiga tadbiq qilamiz. Bu qonunga asosan biror jism harakati vaqtida uning kinetik energiyaning o`zgarishi, shu jismga ta`sir qilayotgan kuchlar bajargan ishlarning yig`indisiga tengdir. Buning matematik ifodasi quyidagicha bo`ladi: bu erda  $d \cdot \left( \frac{mu^2}{2} \right)$  - kinetik energiyaning  $dt$  vaqtda o`zgarishi,

$\sum Pi$  - barcha kuchlar bajargan ishlarning yig`indisi.

Endi, elementar oqimcha bo`lagining 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi vaziyatdan  $dt$  vaqt ichida 1'-1' va 2'-2' kesimlar orasidagi vaziyatga kelganda uning kinetik energiyaning o`zgarishini ko`ramiz. Harakat barqaror bo`lgani uchun bu o`zgarish 1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo`lak bilan 2-2 va 2'-2' kesimlar orasidagi bo`lak kinetik energiyaning ayirmasiga teng.



23 - rasm. Ideal suyuqlik uchun Bernulli tenglamasiga doir chizma.

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

1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo`lakning kinetik energiyaning, uning massasi  $m_1$  bo`lsa,  $\frac{m_1 u_1^2}{2}$  ga teng bo`ladi. 2-2 va 2'-2' kesimlar orasidagi bo`lakning kinetik energiyaning esa  $\frac{m_2 u_2^2}{2}$  ga teng. Demak, ko`rilayotgan 1-1 va 2-

2 kesimlar orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi  $dt$  vaqtda quyidagi miqdorga o'zgaradi:

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

Ikkinchi tomondan, 1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo'lak massasi uning hajmi  $ds_1 \cdot dl_1$  bilan zichligining ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$m_1 = \rho ds_1 dl_1.$$

Shuningdek 2-2 va 2'-2' kesimlar orasidagi bo'lakning massasi  $m_2 = \rho ds_2 dl_2$  va  $dl_2$  har  $dt$  vaqt ichida 1-1 va 2-2 kesimlarning yurgan yo'lini ko'rsatadi, shuning uchun

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

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 (7) ga qo'ysak va uzluksizlik tenglamasidan  $q = u_1 ds_1 = u_2 ds_2$  ekanligini nazarga olsak, kinetik energiyaning o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

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

Endi, bajarilgan ishlarni tekshiramiz. Bu ishlar 1-1 va 2-2 kesimlarga ta'sir qiluvchi gidrodinamik kuchlarning va og'irlik kuchining bajargan ishlaridir. elementar oqimchaning yon sirtlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchining bajargan ishi nolga teng ekanligi harakatning barqarorligidan ko'rinadi.

1-1 kesimga ta'sir etuvchi  $p_1$  bosimning bajargan ishi  $A_1$ , 2-2 kesimga ta'sir etuvchi  $p_2$  bosimning bajargan ishi  $A_2$  bilan belgilanadi.

6 - rasmdan ko'rinib turibdiki,

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

3 ni nazarga olsak va uzluksizlik tenglamasidan foydalansak, quyidagi munosabat kelib chiqadi:

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

Og'irlik kuchi bajargan ishni  $A_3$  deb belgilaymiz. Bu ish 1'-1' va 2-2 kesimlar orasidagi bo'lak o'z vaziyatini saqlagani uchun 1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo'lak bilan 2-2 va 2'-2' kesimlar orasidagi bo'laklar markazlarining vertikal o'q bo'yicha vaziyatlari  $z_1$  va  $z_2$  farqiga ko'paytirilganiga teng:

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

lekin,

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

bo'lgani uchun

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

Endi, (10), (11) va (12) larni (7) ga keltirib qo'ysak, elementar oqimcha uchun kinetik energiyaning o'zgarish qonunini hosil qilamiz:

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

bu yerda  $p_2$  kuch suyuqlik harakatiga teskari yo'nalgan bo'lgani uchun tenglamaning o'ng tomonidagi ikkinchi had  $A_2$  manfiy ishora bilan olindi. Oxirgi tenglamaning ikki tomonini  $\gamma qdt$  ga bo'lsak, u holda

$$\frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} + z_1 - z_2$$

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

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

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

### Nazorat savollari

1 Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasini yozib ko'rsating va qaysi energiyaning qonunidan foydalaniladi?

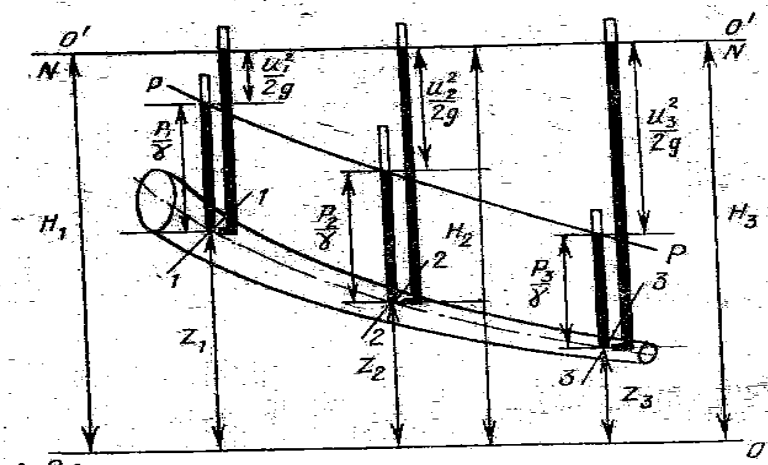
2 Bernulli tenglamasining qanday xossalari mavjud?

3 Tezlik balandlik deb nimaga aytiladi/?

4 P'ezometrik chiziq deganda nimani tushunasiz?

Tayanch iboralar

Bernulli, kinematik energiya, uzluksizlik energetic xossa, geometric xossa. Pezometr, pezometrik chiziq, tezlik balandligi.



24 - rasm. Ideal suyuqlik uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini tushuntirishga doir sxema.

**8-mavzu. Bernulli tenglamasi. Qovushqoq siqilmaydigan suyuqliklarning oqimchasi uchun kinetic energiyaning o'zgarish qonuni. Bernulli tenglamasining fizik ma'nosi. Bernulli tenglamasining grafik ko'rinishdagi tasviri. Suyuklik oqimining asosiy xarakteristikasi.**

Yuqorida keltirilgan Eyler va Nav'ye-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 potentsialining to'liq differentsialidir. Agar shu potentsialni  $F = f(x, u, d)$  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 differentsialini 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 hap bir had massa birligiga keltirilgan. Agar uni kuch birligiga keltirsak, ya'ni  $g$  ga ikki tomonini bo'lib yuborsak, u holda  $\rho \cdot g = \gamma$  ni hisobga olib, quyidagini olamiz:

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

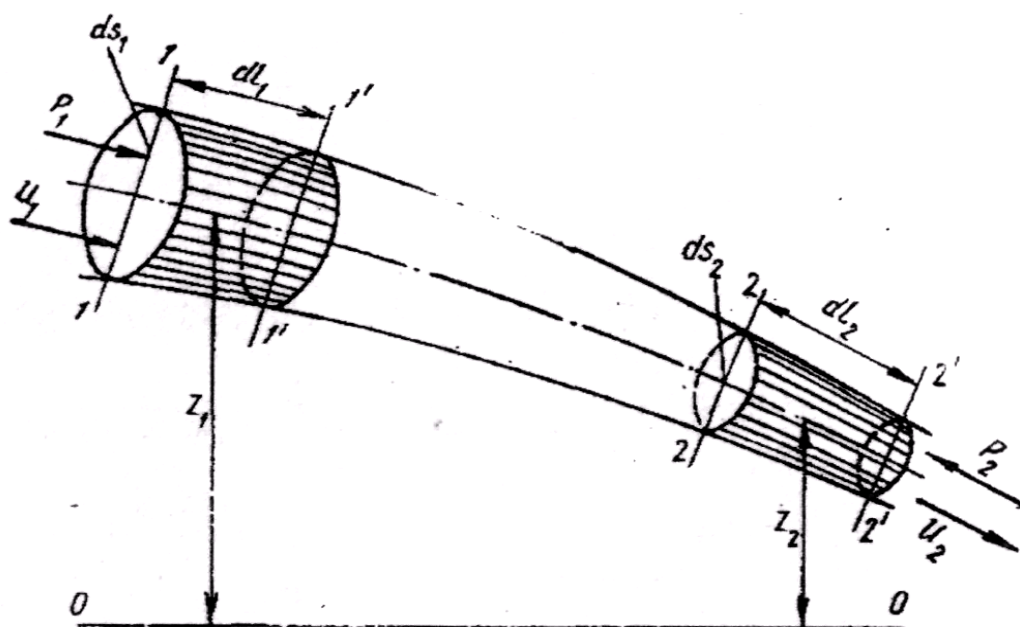
Oxirgi tenglama 1738 y. Bernulli tomonidan olingan bo'lib. uning nomi bilan ataladi va gidravlikada harakatning asosiy tenglamasi bo'lib xizmat qiladi. Bu tenglama ixtiyoriy ikkita kesim uchun olingan bo'lib, bu kesimlarning elementar oqimcha yo'nalishi bo'yicha qaerda olinishining ahamiyati yo'q. SHuning uchun Bernulli tenglamasini quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

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

Ko'rinib turibdiki, Bernulli tenglamasida asosan  $z, \frac{\rho}{\gamma}, \frac{u^2}{2g}$  kat-taliklarning yig'indisi o'zgarmas ekan. SHunday qilib, bu tenglama tezlik  $u$ , bosim  $r$ , zichlik  $\rho$  o'rtasidagi munosabatni ifodalaydi.

D. Bernullining o'zi yuqoridagi tenglamani kinetik energiyaning o'zgarishi qonunidan keltirib chiqargan bo'lib, biz keltirgan usul esa Eyler tomonidan qo'llanilgan.

Ikkinchi usul kinetik energiyaning o'zgarish qonunidan foydalanib bajariladi. harakat o'qi  $l-l$  bo'lgan biror element oqimchanning  $1-1$  va  $2-2$  kesimlar bilan ajratilgan bo'lagini olamiz.



25- rasm. Bernulli tenglamasini keltirib chiqarishga doir chizma.

U holda bu bo'lak  $dt$  vaqtda harakat qilib,  $1' - 1'$  va  $2'-2'$  kesmalari orasidagi holatga keladi (1.35-rasm).  $1-1$  kesmning yuzasi  $dS_1$ , bu yuzaga ta'sir qiluvchi kuch  $R_1$  va tezlik  $u_1$  bo'lsin.  $2-2$  kesimning yuzasi esa  $dS_2$ , unga ta'sir qiluvchi kuch  $R_2$ , tezlik esa  $u_2$  bo'lsin. Kinetik energiyaning o'zgarish qonunini elementar oqimchanning ana shu harakatdagi bo'lagiga tatbiq qilamiz. Bu qonun bo'yicha biror jism harakati vaqtida uning kinetik energiyaning o'zgarishi, shu jismga ta'sir qilayotgan kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisiga tengdir. Bu gapning matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$d\left(\frac{mu^2}{2}\right) = \sum Pl, \quad (3.39)$$

bu yerda  $d\left(\frac{mu^2}{2}\right)$  - kinetik energiyaning  $dt$  vaqtda o'zgarishi  $\sum Pl$  - barcha kuchlar bajargan ishlarning yig'indisi. Endi elementar oqimcha bo'lagining  $dt$  vaqt ichida  $1-1$  va  $2-2$  kesimlar orasidagi holatdan  $1'-1'$  va  $2'-2'$  kesimlar orasidagi holatga kelgandagi kinetik energiyasining o'zgarishini ko'ramiz. Harakat barqaror bo'lgani uchun bu o'zgarish  $1-1$  va  $1'-1'$  orasidagi bo'lak bilan  $2-2$  va  $2'-2'$  orasidagi bo'lak kinetik energiyalari ayirmasiga teng.

$1-1$  va  $1'-1'$  orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi (uning massasi  $m_1$  bo'lsa)  $\frac{m_1 u_1^2}{2}$  ga teng bo'ladi.  $2-2$  va  $2'-2'$  orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi esa  $\frac{m_2 u_2^2}{2}$  ga teng. Demak ko'rilayotgan  $1-1$  va  $2-2$  orasidagi

bo'lakning kinetik energiyasi  $dt$  vaqtda quyidagi miqdorga o'zgarar ekan:

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

Ikkinchi tomondan,  $1-1$  va  $1'-1'$  orasidagi bo'lakning massasi uning hajmi  $dS_1 dl_1$  ning zichlikka ko'paytmasiga teng, ya'ni  $m_1 = \rho dS_1 dl_1$

SHuningdek,  $2-2$  va  $2'-2'$  orasidagi bo'lakning massasi

$$m_2 = \rho dS_2 dl_2$$

$dl_1$  va  $dl_2$ - $dt$  vaqt ichida  $1-1$  va  $2-2$  kesimlarining yurgan yo'lini ko'rsatadi, shuning uchun

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

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 qo'ysak va uzilmaslik tenglamasidan  $q = u_1 dS_1 = u_2 dS_2$  ekanligini nazarga olsak, kinetik energiyaning o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{m_2 u_2}{2} - \frac{m_1 u_1}{2} = \rho \frac{qdtu_2^2}{2} - \rho \frac{qdtu_1^2}{2} = \rho qdt \left( \frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right). \quad (3.42)$$

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, 1. 35-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:

$$A_1 = p_1 qdt, \quad A_2 = p_2 qdt, \quad (3.43)$$

Og'irlik kuchi bajarilgan ishni  $A_3$  deb belgilaymiz. Bu ish, ( $1-1$  va  $2-2$  kesimlar orasidagi bo'lak o'z xolatini saqlagan 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

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

bo'lgani uchun

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

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

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

bu yerda  $r_2$  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  $\gamma qdt$  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 gruppalab joylashtirsak, Bernulli tenglamasi hosil bo'ladi:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} - \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \quad (3.45)$$

SHunday qilib, elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi kinetik energiyaning o'zgarish qonunini ifodalaydi.

### **Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari**

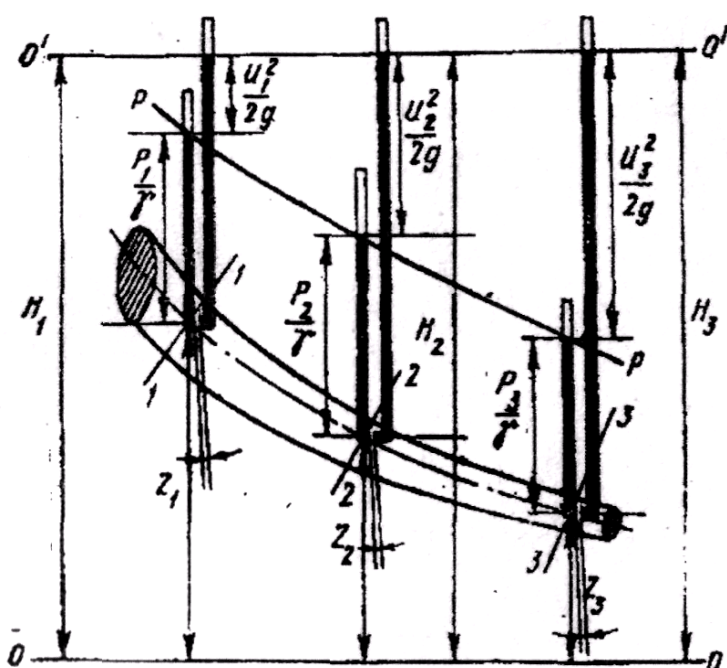
Bernulli tenglamasining har bir hadi o'zining geometrik va energetik mazmunlariga ega. Buni aniqlash uchun biror elementar oqimcha olib, uning 1—1, 2—2 va 3—3 kesimlarini ko'ramiz

(1.36-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 pьezometr (to'g'ri shisha naycha) va uchi egilgan shisha naychalar o'rnatamiz. Bu holda pьezometrlarda 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 *pьezometrik balandliklar* deb ataladi. Odatda, pьezometrlar yordamida trubalar va suyuqlik harakat qilayotgan boshqa idishlarda gidrodinamik bosim o'lchanadi.



26-rasm. Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlariga doir chizma.

$$h'_1 = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g}, \quad h'_2 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}, \quad h'_3 = \frac{p_3}{\gamma} + \frac{u_3^2}{2g},$$

Ръезометрдagi suyuqlik balandligi bilan uchi egilgan shisha lardagi 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 tengla masining hadlari quyidagicha ataladi:

$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$ , - suyuqlikning tegishli kesimlaridagi tezlik bosimi (balandligi):

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ , - ръезометрик balandliklar;

$z_1, z_2, z_3$ , geometrik balandliklar (tegishli kesimlarning og'irlik markazi  $O - O$  tekisligidan qancha balandlikda turishini ko'rsatadi).

Uchi egilgan shisha naychalarda suyuqlik ръезометrlardagiga qaraganda balandroqqa ko'tari-ladi. Buning sababi shundaki, uchi egilgan shisha naylarda uning egilgan uchi suyuqlik ha-rakat yo'nalishida bo'lib, gidro-dinamik bosimga qo'shimcha suyuqlik tezligiga bog'liq bo'l-gan bosim paydo bo'ladi. Bunda suyuqlik zarrachalarining inertiya kuchi qo'shimcha bosimga sabab bo'ladi. Egilgan shisha nay-chalardagi balandlik quyidagi-larga teng:

$\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$  larning birliklari uzunlik birliklariga tengdir. Pъezometrlardagi suyuqlik balandliklarini birlashtirsak, hosil bo'lgan chiziq *pъezometrik chiziq* deyiladi.

Bernulli tenglamasidan tezlik balandligi, pъezometrik va geometrik balandliklarining umumiy yig'indisi o'zgarmas miqdor bo'lib, u 1.36-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 oqimchanning  $1-1$  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 oqimchanning  $1-1, 2-2, 3-3$  kesimlarga tegishli solishtirma kinetik energiyasi;

$\frac{p_1}{\gamma} + z_1, \frac{p_2}{\gamma} + z_2, \frac{p_3}{\gamma} + z_3$ , -elementar oqimcha kesimlari uchun solishtirma potentsial energiya;

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ , kesimlarga tegishli bosim bilan ifodalanuvchi solishtirma energiya;

$z_1, z_2, z_3$ —  $1-1, 2-2, 3-3$  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 potentsial energiyalar harakat davomida o'zgarib boradi, lekin to'liq solishtirma energiya o'zgarmas bo'ladi.

### 9-mavzu. Suyuqliklarda energiyaning yo'qotilishi.

**Suyuqlikning harakati vaqtidagi energiyaning yo'qotilishi. Energiya yo'qotilishining ikki turi. Ishqalanishda yo'qotilgan energiyasini aniqlash. Darsi-Veysbax tenglamasi. Reynolds tajribasi. Suyuqlikning laminar va turbulent harakat tartibi. Suyuqlikning laminar harakat tartibi.**

Real suyuqliklarda ikki kesim orasida energiyaning yo'qotilishini  $H_{1-2}$  bilan belgiladik. Bu yo'qotish suyuqliklardan qovushoqlik kuchi hisobiga paydo bo'ladi, ya'ni u qovushoqlik kuchini yengishda sarf bo'ladi.

Truboprovodlardagi harakatni tekshirganimizda masalan asosan ishqalanish kuchini engish uchun sarf bo'lgan yo'qotishni hisoblashga keladi. Bunda trubaning 1-1 va 2-2 kesimlarining sirti teng bo'lgani uchun tezliklari ham teng bo'ladi (9 - rasm), ya'ni harakat tekis bo'ladi. 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi suyuqlik ustuniga ta'sir qiluvchi kuchlar  $-P_1 = p_1 S$ ;  $P_2 = p_2 S$  - bosim kuchlari,  $G = \gamma S l$  - og'irlik kuchi va  $T_{uuu} = \tau \times l$  ishqalanish kuchidir.

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

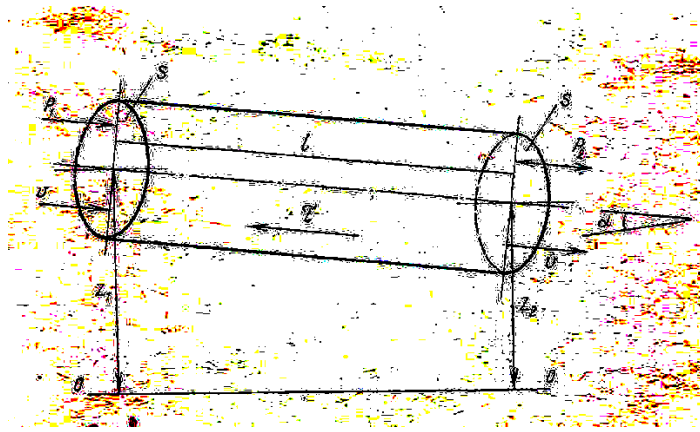
$$P_1 - P_2 + G \cdot \sin \alpha - T = 0. \quad (19)$$

$\sin \alpha = \frac{z_1 - z_2}{l}$  ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi 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:

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



27 - rasm. *Gidravlik yuqotish tushunchasiga doir.*

Bu tenglamani (19) tenglama bilan solishtirsak va uni tekis harakat ( $v_1 = v_2$ ) uchun qo'llasak, gidravlik yo'qotish uchun quyidagi munosabatni olamiz:

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

bu erda  $\tau$  - urinma zo'riqish yoki solishtirma ishqalanish kuchi, ya'ni birlik yuzaga to'g'ri kelgan ishqalanish kuchi;  $l$  - oqim uzunligi;  $D$  - truba diametri;  $\chi = \pi D$  - xo'llangan perimetr.

### **Gidravlik yo'qotish odatda ikki turga ajratiladi:**

**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 (19) formula ko'rinishida ifodalanadi;

**maxalliy qarshilik** oqimning ayrim kismalarida notekis harakat hisobiga vujudga keladi. Notekis harakatni vujudga keltiruvchi kismalar truba yoki o'zanning kesim shakllari o'zgargan joylari (tirsaklar, to'siqlar, keskin kengayishlar, keskin torayishlar, kranlar va x.k.) bo'lib, bu yerdagi gidravlik yo'qotish uzunlikka bog'liq emas.

**Umumiy gidravlik yo'qotish** bu ikki yo'qotishning yig'indisiga teng:

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

bu erda  $H_e$  - uzunlik bo'yicha yo'qotish;  $H_m$  - maxalliy qarshilik.

Gidravlik yo'qotish suyuqlikning kinetik energiyasiga bog'liq bo'lib, energiyaning ortishi bilan ortadi, kamayishi bilan esa kamayadi. Shuning uchun gidravlik yo'qotishni suyuqlikning kinetik energiyasiga proporsional qilib olinadi.

## Tezlik va sarfni o'lchash usullari hamda asboblari

Suyuqlik sarfini va tezligini o'lchashning eng oson usuli hajmiy va og'irlik usullaridir.

**Hajmiy usulda** suyuqlik tekshirilayotgan oqimdan maxsus darajalangan idish (menzurka)ga tushadi. Idishning to'lish vaqti sekondomer yordamida o'lchanadi. Agar idishning hajmi  $V$ , o'lchangan vaqt  $T$  bo'lsa, hajmiy sarf quyidagiga teng bo'ladi:

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

Oqimning harakat kesimi ma'lum bo'lsa, uning tezligi (22) formula bilan aniqlanadi.

**Og'irlik usulida** biror idishga oqimdan suyuqlik tushuriladi. Uni tarozida tortib, idishdagi suyuqlikning og'irligi  $G$  topiladi. Idishning to'lish vaqti  $T$  bo'lsa, og'irlik sarfi quyidagiga teng:

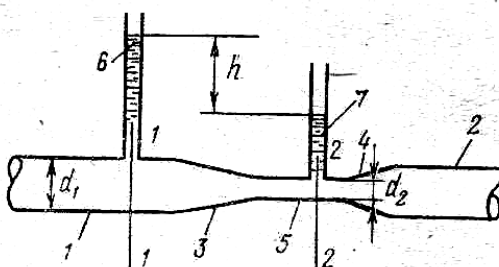
$$Q_G = \frac{G}{T}. \quad (23)$$

Suyuqlikning hajmiy sarfi og'irlik sarfini solishtirma og'irligiga bo'lish yo'li bilan aniqlanadi:

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

Bu usullar, albatta, kichik miqdordagi sarflarni o'lchash uchun qo'llaniladi. Katta sarflarni o'lchash uchun esa katta o'lchov idishlari kerak bo'ladi. Ikkinchidan, truboprovod va kanallarga sarfni yuqoridagi usul bilan o'lchashda oqimning tuzilishi o'zgaradi va natija katta xatolar bilan chiqadi. Shuning uchun, ko'pincha, truba va kanallardagi sarf boshqa usullar bilan o'lchanadi.

**Venturi suv o'lchagichi** maxsus trubadan suv o'tishiga asoslangan bo'lib, tuzilishi sodda va harakatlanuvchi qismlari yo'q (10- rasm). Venturi suv o'lchagichi talabga qarab vertikal yoki gorizontol joylashtiriladi. Uning gorizontol holdagisini ko'ramiz.



28 - rasm. Venturi suv o'lchagichi:

1,2- katta diametrli trubalar, 3- torayuvchi truba (konfuzor),  
4- kengayuvchi truba (diffuzor), 5- kichik diametrli patrubok,  
6,7- p'ezometrlar.

Venturi suv o'lchagichi ikkita bir xil  $d_1$  diametrli 1 va 2 truba bo'laklaridan tashkil topgan bo'lib, ular diffuzor 3 va 4 hamda kichik  $d_2$  diametrli patrubok

orqali tutashtirilgan. Konussimon torayib boruvchi truba 3 ning kichik  $d_2$  diametrli truba bilan tutashgan joyida qarshilikni kamaytirish uchun silliq tutashtiriladi. Bunday tutashtirilgan trubalar soplo deb ataladi. Uning 1-1 va 2-2 kesimlariga p'ezometrik naychalar o'rnatilgan bo'lib, ular shu kesimlardagi bosimlar farqi  $h$  ni ko'rsatadi. Truba gorizontaal bo'lgani uchun  $z_1 = z_2$  demak, 1-1 va 2-2 kesimlari uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

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

bundan

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

lekin

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = h \text{ bo'lgani uchun}$$

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

Uzluksizlik tenglamasi (23) ga asosan

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

u holda

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

bundan 2-2 kesimdagi tezlikni topamiz:

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

Tabiatda va gidromashinalarda suyuqlikda oz miqdorda erigan holda havo tarkibidagi gazlar uchraydi. Bosim ortishi yoki temperaturaning kamayishi bilan erigan gaz miqdori ortadi va aksincha, bosim kamayganda yoki temperatura ortganda uning miqdori kamayadi. Shuning uchun bosim kamayishi yoki teiperatura ortishi bilan suyuqlikdagi erigan gazlarning bir kismi ajralib chiqib pufakchalar hosil qiladi. Bosim kamayganda suv ham bo'g'lanadi, lekin engil komponent sifatida erigan gazlar tezroq ajralib chiqib pufakchalar hosil qiladi. Gaz pufakchalarining paydo bo'lishi bilan suyuqlikning tutashligi buziladi, tutash muxitlarga ta'luqli qonunlar uz kuchini yuqotadi. Bu hodisaga kavitatsiya deyiladi. Pufakchalar suyuqlik ichida yuqori temperaturali yoki past bosimli soxalar tomonga harakat qiladi. Agar u etarli darajadagi bosimga ega bo'lgan soxaga kelib qolsa, gaz yana erib ketadi (ya'ni bug' kondensatsiyalanadi).

Erigan gaz o'rnida paydo bo'lgan bo'shliqqa suyuqlik zarrachalari intiladi va bo'shliq birdaniga keskin yopiladi. Bu esa hozirgina bo'shliq bo'lgan erda gidravlik zarbni vujudga keltiradi va natijada bu erda bosim keskin ortib, temperatura keskin kamayadi.

Bunday gidravlik zarb va uni vujudga keltirgan kavitatsiya hodisasi truba devorlari va gidromashinalarning suyuqlik harakat qiluvchi kismalarining buzilishiga olib keladi. Kavitatsiyaga qarshi kurash usullari to'g'risida keyinchalik to'xtalamiz.

### **Suyuqlikning laminar va turbulent harakati.**

Reynol'ds soni va uning kritik qiymati

Ko'p hollarda truboprovodlardagi harakatlar tekis harakat bo'ladi, ya'ni tezlik oqim yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi. Bu hossa harakatning qanday bo'lishiga, asosan, ichki ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Bunda uning ikki kesimidagi bosimlar farqi ishqalanish kuchining va geometrik balandliklar farqining katta yoki kichikligiga bog'liq bo'ladi. Bu kuchlar

Laminar harakatni tajribada kuzatish uchun suyuqlik oqayotgan shisha trubaning boshlang'ich kesimiga shisha naycha orqali rangli suyuqlik quyib yuboriladi bunda rangli suyuqlik aralashmasidan to'g'ri chiziq bo'yicha oqimcha ko'rinishida ketadi. Agar suyuqlikning tezligini oshira borsak harakat tartibi o'zgarib boradi. Tezlik ma'lum bir chegaradan o'tgandan zarrachalarning kinetik energichsi ko'payib ketishi natijasida ular ko'ndalang yo'nalishda harakat qila boshlaydi. Natijada zarrachalar o'zi harakat qilayotgan qavatdan qo'shni qavatga o'tib energiyasining bir qismini yo'qotadi va yana o'z qavatiga qaytib keladi. Oqimning tezligi juda oshib ketsa zarrachalar bir qavatdan iqqinchi qavatga tez o'ta boshlaydi va suyuqlik harakatining tartibi buziladi va turbulent harakat deyiladi. Agar trubada oqayotgan suyuqlik oqimining boshlang'ich kesimida rang qo'shib yuborsak u tezliqning ma'lum bir miqdordan boshlab egri chiziq bo'yicha ketadi. Agar tezlikni oshirishni davom ettirsak rang suyuqlikka butunlay aralashib ketadi. Bundan ko'rinadiqi suyuqlikning parallel oqimchani tartibli harakati buziladi. Suyuqlik harakatining ikki tartibli harakatini ingliz olimi O.Reynol'ds 1883 yilda tajribada tekshirgan. Suyuqlikning harakatini oqim tezligi bilan o'lchami ko'paytmasining qovushqoqlik kinematik koeffitsentiga nisbatidan iborat o'lchovsiz miqdor va bu miqdor olimning sharafiga Reynol'ds soni deb ataladi.

$$R_e = \frac{\rho d v}{\mu}$$

Turli shakldagi notsilindrik trubalar va o'zanlardagi oqimlar uchun Reynol'ds soni quyidagicha o'lchanadi:

$$R_e = \frac{\rho \cdot d_{\text{экв}} \cdot v}{\mu} = \frac{\rho \cdot 4R \cdot v}{\mu}$$

bu erda  $d$  – trubaning ichki diametri;  $d_{\text{эqv}}$  – o'zan yoki notsilindrik trubaning ekvivalent diametri,  $R$  – gidravlik radius.

Suyuqlikning laminar harakatdan turbulent harakatga o'tishi Reynol'ds soni  $R_e$  ning ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u Reynol'ds kritik soni deb



ataladi va  $R_{e,qr}$  bilan teng. Agar oqimni juda silliq trubada har qanday turtki va tebranishlardan holi bo'lgan sharoitda tekshirsaq, Reynol'ds kritik soni 2320 dan va hatto undan bir necha marotaba ortiq bo'lishi mumkin. Lekin Reynol'ds soni ma'lum bir qiymatdan o'tganidan qeyin harakat (har qanday ehtiyot choralari qurilmasi) albatta turbulent bo'ladi. Bu son Reynol'ds yuqori kritik soni deb ataladi va  $R_{e,qr,yuq} = 10000$  ga teng bo'ladi. Bu songa qiyos qilib, yuqorida keltirilgan kritik  $R_{e,qr} = 2320$  soni Reynol'ds quyi kritik soni deb ataladi.  $R_e$  Reynol'ds soni  $R_{e,qr,q}$  dan kichik bo'lganda barqaror laminar harakat bo'ladi, u  $R_{e,qr,yuq}$  dan katta bo'lganda esa turbulent harakat barqarorlashgan bo'ladi. Agar Reynol'ds soni bu ikki miqdor o'rtasida, ya'ni ,

$R_{e,qr,q} < R_e < R_{e,qr,yuq}$  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 aniqroq ifodalasak, u holda uch xil tartib mavjud bo'lib, ular Reynol'ds soniga bog'liq:

- 1) laminar tartib –  $R_e < 2320$  da,
- 2) o'tkinchi tartib –  $2320 < R_e < 10000$  da,
- 3) barqarorlashgan turbulent tartib -  $R_e < 10000$  da.

Misol uchun suvning tabiatda yoki texnikada kuzatilayotgan harakatida gravitatsiya hodisasi mavjud bo'lsa, uning modelida geometrik va kinematik o'xshashlik bo'lishidan tashqari, xuddi shunday gravitatsiya hodisasi mavjud bo'lishi kerak. Hodisalarning o'xshashligi fikr o'xshashlik, vaqt o'xshashligi, chegaraviy shartlarning o'xshashligini ham o'z ichiga olishi kerak. Bular ikki o'xshash hodisalar uchun bir ismli miqdorlarning nisbatlari bir xil qiymatiga ega bo'lishini taqozo qiladi. Masalan, bir hodisa uchun uzunlik o'lchamlari  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ , birinchisiga o'xshash, ikkinchi hodisani uzunlik o'lchamlari esa  $l_1^1; l_2^1; l_3^1; \dots, l_n^1$ , bo'lsin u holda

$$\frac{l_1}{l_1^1} = \frac{l_2}{l_2^1} = \frac{l_3}{l_3^1} = \dots = \frac{l_n}{l_n^1} = const \quad \text{bo'lsa bu hodisalar geometrik}$$

o'xshash bo'ladi. Xususan  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  trubaning uzunligi, diametri, tezlik yoki boshqa parametri o'lchanayotgan nuqtaning koordinatmlari bo'lishi mumkin. Yuqorida aytilgan hodisalar uchun tezlik o'lchamlari

$\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \mathcal{G}_3, \dots, \mathcal{G}_n$  ..ba,  $\mathcal{G}_1^1, \mathcal{G}_2^1, \mathcal{G}_3^1, \dots, \mathcal{G}_m^1$  bo'lsin.

$$\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_1^1} = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_2^1} = \frac{\mathcal{G}_3}{\mathcal{G}_3^1} = \dots = \frac{\mathcal{G}_n}{\mathcal{G}_n^1} = const$$

Bo'lsa, bu hodisalar kinematik o'xshash bo'ladi. Quyidagi  $\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \mathcal{G}_3, \dots, \mathcal{G}_n$  o'lchov olib borilayotgan nuqtalardagi tezliklardir.

### Nazorat savollari

1. Gravitatsiya hodisasi qanday sodir bo'ladi?
2. Laminar harakati bilan trublent harakati bir biridan qanday farq qiladi?
3. Suyuqlik harakatining 2- turini qaysi olim va qachon aniqlagan.
4. Silindrik trubalardagi oqim uchun Reynolds soni qanday hisoblanadi?
5. Notsilindrik trubalar va o'zanlardagi oqimlar uchun chi?

6 Nyuton kriteriyasi deb nimaga aytiladi?

### **Tayanch iboralar**

Gravitatsiya, Reynolds, Reynolds soni, laminar harakati, turbulent harakati, o'tkinchi tartib.model, natural simplekslar, o'xshashlik kriteriyalar, Nyuton kriteriyalar.

**10-mavzu. Suyuqliklarning joydagi, o'rtacha va tebranuvchi tezliklari. Turbulent harakat tartibining tuzilishi. Turbulent harakat tartibi vaqtidagi napor bosimining yo'qotilishi. Suyuqlikning turbulent harakati vaqtidagi, gidravlik qarshilik koeffitsientini hisoblash tenglamalari. Maxalliy qarshiliklar, maxalliy qarshiliklarda energiya yo'qolishini vujudga kelish sabablari. Oqimning keskin kengayishi.**

Suyuqliklarning turbulent harakati tabiatda va texnikada eng ko'p tarqalgan bo'lib, gidravlik xodisalar ichida eng murakkablari qatoriga kiradi. Bu harakat juda ko'p tekshirilgan bo'lishiga qaramay hozirgacha xarakatning turbulent turi uchun umumlashgan nazariya yaratilgan emas. SHuning uchun xam turbulent oqimlarni hisoblashda yarim empirik nazariyalardan foydalanish bilan bir qatorda, ko'p hollarda tajriba natijalari va empirik formulalardan foydalanishga to'g'ri keladi.

Turbulent harakatda suyuqlikning har bir zarrachasi juda ko'p murakkab egri chizikli traektoriya bo'yicha harakat qiladi va har qanday ikki zarrachaning traektoriyalari bir-biriga o'xshamaydi. Buni ko'z oldimizga keltirish uchun biror A nuqtadan ketma-ket o'tayotgan zarrachalarning V nuqtaga qanday traektoriya bo'yicha etib kelishini ko'rib chiqaylik (3.21- rasi). Laminar harakat vaqtida A nuqtadan chiqqan I zarracha biror silliq egri chiziq bo'yicha V nuqtaga kelsa, II zarracha ham, III zarracha ham va ulardan keyin keladigan zarrachalar ham shu egri chiziq bo'ylab harakat qiladi.

Turbulent harakatda esa A nuqtadan chiqqan birinchi zarracha murakkab egri-bugri chiziq bo'yicha V nuqtaga keladi. Ikkinchi zarracha esa birinchi zarrachaning traektoriyasidan tamomila boshqacha bo'lgan ikkinchi egri-bugri chiziq bo'yicha keladi. SHunda ham u birinchi zarracha kelgan V nuqtaning aniq o'ziga kelmay, uning atrofidagi biror boshqa nuqtaga kelishi mumkin. Uchinchi zarracha esa birinchi zarrachaning ham ikkinchi zarrachaning ham traektoriyasiga o'xshamagan uchinchi egri-bugri chiziq bo'yicha keladi, biroq avvalgi zarrachalar kelgan nuqtaning birortasiga ham kelmay, V nuqta atrofidagi boshqa bir nuqtaga keladi.

Bu hodisa A nuqtadan o'tayotgan barcha zarrachalarga tegishlidir. SHunday qilib, turbulent harakat qilayotgan suyuqlik zarrachalarining harakatini biror formula bilan ifodalash g'oyatda murakkabdir. Lekin hamma zarrachalar bir tomonga, A nuqtadan V nuqta tomonga harakat qiladi. SHunga asosan bir qarashda

tartibsiz harakat qilayotgandek ko'ringan zarrachalar harakatida qandaydir umumiylikni ko'rish mumkin. Hatto bu umumiylikni faqatgina sifat o'xshashligi ko'rinishida emas, balki miqdor o'xshashligi ko'rinishida ham ifodalash mumkin. Ana shu o'xshashlik asosida turbulent harakatning qonuniyatlari keltirib chiqariladi.

### **Tezlik pulsatsiyalari. Mahalliy tenglashtirilgan tezlik**

Turbulent harakat qilayotgan suyuqlikning biror nuqtadagi tezliginng koordinata o'qlaridagi proektsiyalarini tekshiramiz. Misol uchun tezlikning oqim yo'nalishidagi proektsiyasi  $u_x$  bo'lsin. U holda  $u_x$  ning miqdori vaqt davomida ortib va kamayib boradi. Bu o'zgarishni grafik ko'rinishda ifodalasak, u 3.22-rasmda tasvirlangan grafikka o'xshaydi va tezlik proektsiyasining pulsatsiyasi deb ataladi. Tezlikning boshqa o'qlarga proektsiyalari ( $u_y$ ,  $u_z$ ) uchun ham huddi shunday pulsatsiya grafiklari yasash mumkin. SHunday qilib, tezlik pulsatsiyasi uning biror yo'nalishdagi proektsiyasining vaqt davomida ortib va kamayib borishidan iborat. Pulsatsiya hodisasini tajribada tezlikni o'lchovchi asboblarda yordamida (masalan, Pito trubkasidagi suyuqlik sathining tebranishini) kuzatish mumkin. Oqayotgan suvda suv o'tlari novdalariniig to'xtovsiz tebranma harakat qilishi ham bizga pulsatsiya hodisasini ko'rsatadi. Tezlikning oniy miqdori doimo o'zgarib turgani uchun gidrodinamikada *tenglashtirilgan tezlik* tushunchasi kiritiladi va u ancha uzoq vaqt davomida tezlik qabul qilgan qiymatlarning o'rtachasi bo'ladi.

Tenglashtirilgan tenglik tushunchasini ko'z oldimizga keltirish uchun 3.22-rasmdan foydalanamiz. Grafik tezlikning tebranishini to'liq xarakterlash uchun etarli bo'lgan  $t_1$  vaqt intervalini olamiz va grafik vaqt o'qiga parallel qilib shunday AV chiziq o'tkazamizki, hosil bo'lgan AVSD to'rtburchakning S yuzi AVSD ga, pulsatsiya grafigining  $t_1$  oralig'dagi bo'lagi bilan DS chizig'i orasidagi  $S^1$  yuz A'B'SD a teng bo'lsin. U holda AVSD to'rtburchakning balandligi tenglashtirilgan tezlikka teng bo'ladi va  $u_x$  bilan belgilanadi.

Bular turbulent harakatning beqaror harakat ekanligini ko'rsatadi. Agar biz pulsatsiya grafigi  $t_1$  interval davomida etarli darajada uzun  $t_2$  interval olsak va bu interval bo'yicha tenglashtirilgan tezlikni topsak,  $t_2$  davomida avvalgidek uchinchi interval olib, yana tenglashtirilgan tezlikni topsak va bu ishni davom ettirsak, barcha intervallar uchun olingan tenglashtirilgan tezliklar teng bo'lsa, bunday harakat turbulent harakat uchun barqaror bo'ladi.

Oqayotgan suyuqlikda biror elementar  $dS$  yuza olib, shu yuzadan vaqt ichida oqib o'tgan suyuqlikning hajmi  $dV$  ni aniqlasak, barqaror harakat vaqtidagi tenglashtirilgan tezlik quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{u} = \frac{dV}{\Delta n ds} \quad (3.61)$$

3.22-rasmdan ko'rinib turibdiki, tenglashtirilgan o'rtacha tezlik oniy tezlikdan farq qilib, bu farqni hisoblaganda quyidagicha ifodalanadi:

$$u_x = \bar{u}_x + u'_x \quad (3.62)$$

Oniy va tenglashtirilgan tezliklar orasidagi farqlar tezlik pulsatsiyasi deb ataladi, ular manfiy yoki musbat bo'lishi mumkin. Ko'rinib turibdiki, tezliklar pulsatsiyalarining etarli katta intervaldagi yig'indisi yoki integrali nolga teng:

$$\sum u'_x \Delta t = 0 \quad \text{yoki} \quad \int_0^{t_1} u'_x dt = 0$$

Endi, suyuqlikning oqimga ko'ndalang yo'nalishdagi tezliklarini tekshirsak, bu tezliklar bilan oqimning bir tomonida qancha suyuqlik harakat qilsa, ikkinchi tomonidan ham shuncha suyuqlik harakat qiladi. Demak, suyuqlik tenglashtirilgan tezligining yo'nalishi doimo oqim yo'nalishiga mos kelar ekan. SHuning uchun turbulent harakat uchun Bernulli tenglamasiki yozar ekanmiz, bu tenglamadagi o'rtacha tezlik tenglashtirilgan tezlikning o'rtacha qiymatini bildiradi. Tezlik miqdori doimo o'zgarib turgani sababli bosim ham o'zgarib turadi yoki boshqacha aytganda bosim ham pulsatsiyali bo'ladi. SHuning uchun tenglashtirilgan bosim  $\bar{p}$  tushunchasi kiritiladi va  $u$  oniy bosim  $r$  bilan quyidagi munosabat orkali bog'lanadi:

$$p = \bar{p} + p'$$

bu erda  $p'$  - bosim pulsatsiyasi.

Suyuqlikdagi ixtiyoriy nuqtaning (gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida aniqlanadigan) bosimi  $r$  shu nuqtaning absolyut bosimi deb ataladi. Suyuqlikning erkin sirtidagi bosimi  $r_0$  erkin sirtidagi absolyut bosimdan iborat.  $\gamma h$  esa suyuqlik ustunining nuqtadagi bosimidan iborat. Usti yopilmagan idishlarda, suv sig'imlarida suyuqliklarning erkin sirtiga ta'sir qiluvchi bosim atmosfera bosimi deb ataladi va  $r_a$  harfi bilan belgilanadi.

Bu holda absolyut bosim (2.4) tenglama orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p = p_a + \gamma h \quad (2.16)$$

Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning bosimi atmosfera bosimidan katta ( $r > r_a$ ) bo'lsa, (2.16) tenglamaning oxirgi hadi manometrik bosim  $r_m$  deb ataladi:

$$p_M = \gamma \cdot h = p - p_a \quad (2.17)$$

Manometrik bosim absolyut bosim bilan atmosfera bosimining ayirmasiga teng bo'lgani uchun uni ortiqcha bosim deb ham atash mumkin.

Manometrik bosim absolyut bosimning miqdoriga qarab har xil qiymatga ega bo'ladi, masalan:  $r=r_a$  bo'lganda  $r_m=0$ ;  $r \rightarrow \infty$  bo'lganda  $r_m \rightarrow \infty$ , ya'ni manometrik bosim 0 bilan  $\infty$  o'rtasidagi barcha qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

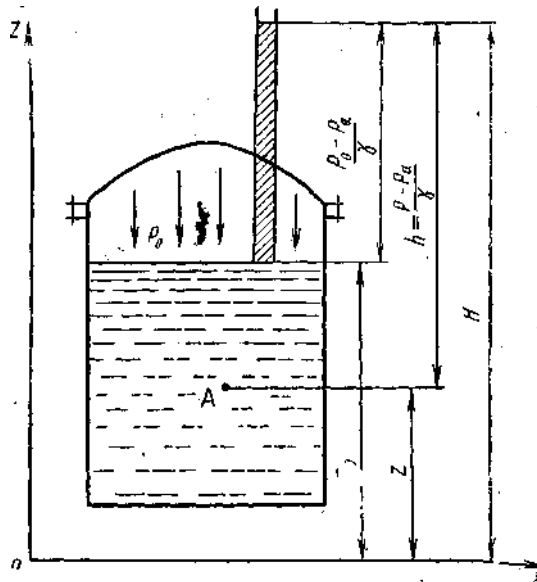
Agar suyuqlikdagi biror nuqtaning absolyut bosimi atmosfera bosimidan kichik ( $r < r_a$ ) bo'lsa, ularning ayirmasi vakuummetrik bosim  $r_v$  ga teng bo'ladi va suyuqlikning siyraklanish miqdorini belgilaydi:

$$p_e = p_a - p \quad (2.18)$$

Vakuummetrik bosim nuqtadagi bosimning atmosfera bosimidan kamligini ko'rsatadi va  $r=r_a$  da  $r_v=0$ ;  $r=0$  da  $r_v=r_a$ . SHunday qilib, vakuummetrik bosim 0 dan  $r_a$ , gacha bo'lgan qiymatda bo'la oladi.

### **Tenglashtirilgan tezliklarning kesim bo'yicha taqsimlanishi. Trubalarda bosimning kamayishi**

Biror idishga solingan suyuqlikning sirtidagi bosim  $r_0$  bo'lsin (2.10-rasm). Bu holda biror koordinatalar sistemasi tanlab olingan



29-rasm. Pezometrik balandlik va gidrostatik bosimni tushuntirishga oid chizma.

bo'lsa, istalgan nuqtadagi bosim uchun gidrostatikaning asosiy tenglamasi (2.4) dan foydalanib, ushbu tenglikni yozaolamiz:

$$p - p_0 = -\gamma(z - z_0) \quad (2.19)$$

Bu tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\frac{p}{\gamma} + z = \frac{p_0}{\gamma} + z_0 \quad (2.20)$$

Tenglama istalgan nuqta uchun yozilgani sababli uning ko'rinishi quyidagicha bo'lishi mumkin:

$$\frac{p}{\gamma} + z = H = const$$

Bu erda  $\frac{p}{\gamma}$  - istalgan A nuqtadagi bosimga taalluqli suyuqlik ustunning balandligi, u suyuqlik sirtida  $\frac{p_0}{\gamma}$  ga teng;

$z$  - istalgan A nuqtaning koordinatasi (u suyuqlik sirtida  $z_0$  ga teng).

So'ngi tenglamadan ko'rinadiki, tinch holatdagi suyuqlik uchun bosimga taalluqli suyuqlik ustunining balandligi bilan nuqta koordinatasining yig'indisi

o'zgarmas miqdor  $N$  ga teng ekan. O'zgarmas miqdor  $N$  gidrostatik bosim deb ataladi.

Istalgan A nuqtadagi ortiqcha bosim.

$$p_m = p - p_a = \gamma h$$

Bu tenglikdan suyuqlik ustunining balandligi ortiqcha bosimning miqdori yordamida aniqlanadi.

$$h = \frac{p - p_a}{\gamma} \quad (2.22)$$

Suyuqlik ustunining ortiqcha bosimni ko'rsatuvchi balandligi suyuqlikning pezometrik balandligi deb ataladi.

## 6-ilova

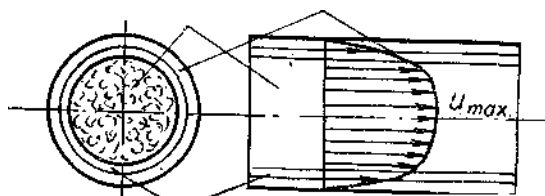
### **Tenglashtirilgan tezliklarning kesim bo'yicha taqsimlanishi. CHegaraviy laminar qavat**

O. Reynolds (1895 y.) va J. Bussenesk (1887 y) turbulent oqimni zarrachalarining tezliklari tenglashtirilgai tezliklar bilan va bosimlari tenglashtirilgan bosimlar bilan almashtirilgan qandaydir shartli oqimga almashtirishni taklif qiladilar. Bunday shartli oqimga tenglashtirilgan oqim yoki turbulent oqimning Reynolds modeli deyiladi. Tabiiyki, bunday oqimni tekshirishda tezlik pulsatsiyalarini hisobga olmaymiz.

Beqaror harakat vaqtida Reynolds modeli bo'yicha  $\bar{u}$  lar vaqt bo'yicha o'zgarib boradi, barqaror harakat vaqtida esa ular vaqtga bog'liq emas. SHunday qilib, tekshirilayotgan turbulent oqim uchun Reynolds modeli bo'yicha hisoblash ishlarida  $\bar{u}$  va  $\bar{p}$  lardan foydalanamiz. Turbulent oqimga Bernulli tenglamasini qo'llashda tezlik va bosim deganda tenglashtirilgan tezlik va bosimni tushunamiz, yozuvda esa soddalashtirish uchun chiziqchalarni tushirib qoldiramiz. L. Prandtlning va boshqa olimlarning tekshirishlari shuni ko'rsatadiki, turbulent harakatda oqimning asosiy qismi uning yadrosini, ya`ni markaziy qismini tashkil qiladi. YAdroda suyuqlik turbulent harakat qilib, uning tezliklari yadro kesimi bo'yicha deyarli bir xil bo'ladi va markazdan truba devoriga yaqinlashgan sari bir oz kamayib boradi. Devor yonidagi suyuqlik zarrachalari esa, devor oqimning ko'ndalang harakat qilishiga yo'l qo'ymagani uchun, devor bo'yicha harakat qilib, uning traektoriyasi sezilarsiz tebranishga ega bo'ladi.

SHuning uchun devor yonidagi zarrachalar laminar harakat qiladi. Ana shu laminar harakat qilayotgan zarrachalar yupqa qavat ichida bo'lib, ular laminar qavat deb ataladi. Laminar qavat bilan yadro o'rtasida yana bir yupqa qavat bo'lib uni o'rta qavat deb ataladi. Bu qavatda suyuqlik turbulent harakat qiladi. Juda katta aniqlik va e'tibor bilan o'tkazilgan tajribalar laminar qavatning qalinligini aniqlashga yordam beradi. Bu qavatning qalinligi millimetrning ulushlariga teng bo'lib, Reynolds soni ortishi bilan laminar qavatning qalinligi kamayadi. SHunday qilib, turbulent harakatdagi tenglashtirilgan tezlikning taqsimlanishi (30) laminar harakatdagi tezlikning taqsimlanishidan tamomila farq qiladi va u yadroda deyarli o'zgarmagan holda truba devori yaqinida juda tez kamayadi, devor ustida esa nolga teng bo'lib qoladi, ya'ni tenglashtirilgan tezlik asosan laminar va o'rta qavatlarda o'zgaradi. Hozirgi zamon gidravlikasida tezlikning kesim bo'yicha taqsimlanish qonuni nazariya va tajribalar, natijasida quyidagicha ifodalanadi:

$$u = u_{\max} - \frac{u}{x} \ln \frac{R}{R-r}; \quad (3.63)$$



30-rasm. Turbulent harakat uchun tezlik epyurasi.

$$u_{\otimes} = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}};$$

bu erda  $\tau_0$  - truba devoridagi urinma zo'riqish;  $x$  - tajribada aniqlangan koeffitsient bo'lib, u 0, 4 ga teng;  $R$  - trubaning radiusi;  $r$  - trubaning o'qidan boshlab hisoblangan masofa.

(3.63) tenglamadagi  $u_{\otimes}$  ning o'lchov birligi tezlikning o'lchov birligi bilan bir xil bo'lib, u odatda dinamik tezlik deb ataladi. Silliqliq trubalar uchun tezlik formulasi ushbu ko'rinishda yoziladi:

$$u = u_{\otimes} \left( 5,15 \ln \frac{ru_{\otimes}}{\nu} + 5,5 \right)$$

ϕadir-budur trubalar uchun esa



$$u = u_{\infty} \left( 5,751g \frac{r}{\Delta} + 8,5 \right)$$

bu formula  $\Delta$  - truba devorining g`adir-budurligini xarakterlovchi miqdor bo`lib, u absolyut g`adir-budurlik deb ataladi.

Amalda tezlikning taqsimlanishini darajali qonunlar bilan ifodalovchi formulalar qulay keladi. Karman nazariy tekshirishlar natijasida silliq trubalar uchun bu qonunni quyidagicha taklif qilgan:

$$u = u_{\max} \left( 1 - \frac{r}{R} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (3.64)$$

bu erda  $m$  - tajribada aniqlanadigan koeffitsient bo`lib, u  $Re$ , soniga bog`liqdir.

Turbulent oqimda o`rtacha tezlikning maksimal tezlikka nisbati 0,75 ga teng.

$$\frac{v}{u_{\max}} = 0,75$$

Laminar oqimda esa bu nisbat 0,5 ga teng edi. Reynolds soni ortib borgan sari turbulent qarishuv tezlashib boradi va o`rtacha tezlik bilan maksimal tezlikning nisbati birga intiladi.

### **Turbulent harakatda gidravlik yo`qotishning tabiati**

Turbulent harakatning Reynolds modelida biz pulsatsiyalarni hisobga olmagan xolda, tenglashtirilgan oqim olamiz. Lekin tenglashtirilgan tezlik bo`yicha hisoblangan oqim energiyasi oniy tezlik bo`yicha xisoblangan oqim energiyasidan kam bo`ladi. Buni quyidagicha ko`rsatish mumkin. Oniy va tenglashtirilgan tezliklar kvadratini tekshiramiz:

$$u_x^2 = (u_x + u_x^1)^2$$

u holda oniy tezlik kvadratining o`rtacha qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$\overline{u_k^2} = \overline{u_x^2} + 2\overline{u_x u_x^1} + \overline{u_x^1}$$

Tezlik pulsatsiyasining o`rtacha qiymati nolga tengligidan o`ng tomondagi ikkinchi had ham nolga teng. Tezlik pulsatsiyasi vaqt o`qi bo`yicha musbat va manfiy kiymatlar qabul qilgani bilan uning kvadrati doimo musbat. Bularga asosan:

$$u_x^2 = u_x^2 + u_x'^2$$

Bu tenglikdan ko'rinadiki, keltirilgan kinetik energiya uchun quyidagi tengsizlik mavjud:

$$\frac{u_x^2}{2g} > \frac{u_x'^2}{2g}$$

Bu qo'shimcha energiya turbulent harakat qilayotgan suyuqlik zarralarining suyuqlikning bir qavatidan ikkinchi qavatiga tartibsiz o'tib turishi uchun sarflanadi. SHunday qilib, qavatlar orasida energiya almashinuvi natijasida tezlik pulsatsiyalari ma'lum miqdorda ish bajaradi. Bu bajarilgan ish suyuqlik qavatlari orasida qo'shimcha urinma zo'riqish sifatida namoyon bo'ladi. Xosil bo'lgan qo'shimcha urinma zo'riqish turbulent urinma zo'riqish deb ataladi. Turbulent urinma zo'riqish  $\tau_T$  Bussepesk formulasida Nyuton qonuniga o'xshash qabul qilingan bo'lib, ushbu ko'rinishda ifodalanadi:

$$\tau = \mu_T \frac{du}{dn}$$

bu erda  $\mu_T$  — turbulent dinamik yopishqoklik ko'ffitsienti yoki turbulent almashuv ko'ffitsienti deb ataladi. L. Prandtl  $\mu_T$  ko'ffitsientni tezlik gradientiga proporsional deb qabul qilgan, u shunday ifodalanadi:

$$\mu_T = \rho \ell_T^2 \frac{du}{dn}$$

bu erda  $\ell_T$  ni qorishuv yo'l uzunligi deb ataladi. Turli avtorlar bu qiymatning fizik mazmunini turlicha izohlaydilar. Odatda u shunday aniqlanadi:

$$\ell_T = xy$$

bu erda  $u$  — harakatlanayotgan zarrachaniig idish devoridan boshlab hisoblangan koordinatasi;  $x$  — Prandtl universal doimiysi. Nikuradze tejbalarida aniqlanishicha, tsilindrik truba uchun  $x = 0,4$ . (3,64) dan ko'rinib turibdiki, dinamik qovushoqlik turbulent ko'ffitsienti  $\mu_T$  tezlik gradientiga proporsional bo'lib, molekulyar kovushoklik ko'ffitsienti  $\mu$  dan harakatning xususiyatiga bog'likligi bilan farq kiladi. Bu ko'ffitsientdan (1.13) ni nazarda tutib, turbulent kikematik qovushoqlik ko'ffitsientini yozamiz:

$$v_T = \frac{\mu_T}{\rho} = \ell^2 \frac{du}{dn} \quad (3-65)$$

### Trubalardagi harakat uchun bosimning pasayishiga umumiy formula

Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasida keltirilgan bosimning pasayishi  $H_{1-2}$  ni hisoblash trubalar va trubalar sistemasini hisoblashda asosiy masala hisoblanadi.

Bosimning pasayishini hisoblashning muhimligi shundaki, bu ish suyuqlik trubalarda harakatlanganida trubadagi qarshiliklarni engish uchun sarf bo'ladigan energiyani hisoblashga va shu hisobga asosan loyihalananayotgan truba (yoki trubalar sistemasi) da suyuqlik oqizish uchun qancha energiya kerak ekanligini aniqlashga imkon beradi. Trubalarda bosimning kamayishi ishqalanish qarshiligi va mahalliy qarshilikka bog'liqdir.

Ishqalanish qarshiligi real suyuqliklar ichki qarshiligiga bog'liq bo'lib, trubalarning butun uzunligi bo'yicha ta'sir qiladi. Uning miqdori suyuqlik oqimining tartibi (laminarlik, turbulentlik darajasi)ga bog'liqdir. Yuqorida aytilganidek, turbulent tartib vaqtida, odatdagi qovushoqlikka qo'shimcha ravishda turbulent qovushoqlikka bog'liq bo'lgan va suyuqlik harakati uchun qo'shimcha energiya talab qiladigan kuch paydo bo'ladi.

Mahalliy qarshilik suyuqlik harakat qilayotgan truba shaklining o'zgarishiga bog'liq bo'lgan tezlikning har qanday o'zgarishi vaqtida paydo bo'ladi. Bularga bir trubadan (yoki idishdan) ikkinchi trubaga o'tish joyi, trubalarning kengayishi yoki birdan kengayib, birdan torayishi, tirsaklar, oqim yo'nalishini o'zgartiruvchi qurilmalar (kran, ventil va h.k.)lar kiradi. Shunday qilib, yo'qotilgan bosim (3. 20) formula bo'yicha ikki yig'indidan tashkil topgan bo'ladi:

$$H = H_l + H_M$$

bu erda  $H_l$  — ishqalanish qarshiligi yoki uzunlik bo'yicha bosim yo'qotilishi;  $H_M$  — mahalliy qarshilik.

Laminar tartib vaqtida ishqalanish qarshiligi yuqorida keltirilgan (3.57) va (3. 60) formulalardagi kabi nazariy usul bilan aniqlanadi:

$$H_l = \frac{32\mu\ell}{D^2\gamma} v = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Bu ifodadagi  $\lambda = \frac{64}{Re}$  ni ishqalanish qarshiligi koeffitsienti deb atagan edik. Ko'pincha, uni soddaroq qilib ishqalanish koeffitsienti deyiladi. TSilindrik

trubalarda bu formula Reynolds soni 2320 dan kichik bo'lgan laminar harakatlar uchun tajribada olishgan natijalarga juda yaqin keladi. Turbulent harakat uchun ishqalanish qarshiligi tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Uni nazariy aniqlab bo'lmaydi.

Gidravlik yo'kotish koeffitsienti uchun formulalar va ularning qo'llanilish sohalari

Darsi koeffitsienti  $\lambda$  ning Reynolds  $R_e$  sonining ortishiga qarab qanday o'zgarib borishini yuqorida, Nikuradze grafigi asosida ko'rib chikdik. Ko'rib o'tilgan sohalarda  $\lambda$  ning o'zgarish qonunini empirik formulalar bilan ifodalashda juda ko'p avtorlarning ishlari bor. Masalan, sillih trubalar sohasida Plazius, P. K. Konakov va L. Prandtl formulalaridan foydalaniladi. Blazius formulasi:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt[4]{100R_e}} = \frac{0,3164}{R_e^{0,25}} \quad (3.69)$$

Bu formula Reynolds soni  $R_e < 10^5$  bo'lganda tajribalarga yaxshi mos keladi. Reynolds sonining kattaroq diapazonlari ( $R_e$  ning  $3 \cdot 10^6$  gacha miqdorlari) uchun P. K. Konakov formulasidan foydalanish mumkin:

$$\lambda = \frac{1}{(1,81gR_e - 1,5)^2}$$

1932 yili L. Prandtl quyidagi formulani keltirib chikardi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2,1g(R_e \sqrt{\lambda} - 0,8) \quad (3.71)$$

Keltirilgan formulalar silliq trubalar uchun chiqarilgan bo'lib, g`adir-budur trubalar uchun ulardan foydalanib bo'lmaydi. 1938 yil Kolbruk o'zining va boshqa avtorlarning tajribalari asosida texnik trubalarni hisoblash uchun turbulent tartibning barcha zonalariga umumiy bo'lgan formulani taklif qildi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2,1g \left( \frac{2,5}{R_e} \frac{1}{\sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon}{3,7} \right)$$

Bu formulani g`adir-budur trubalarning kvadratik qarshilik sohasi yoki qat`iy turbulentlik sohasi uchun soddalashtirsak, g`adir-budur trubalar uchun Prandtl formulasi ko'rinishiga keladi:

$$\lambda = \frac{0,25}{\left( \lg \frac{\varepsilon}{3,7} \right)^2} \quad (3.73)$$

Kvadrat qarshilik sohasi uchun eng ko'p tarqalgan formulalardan biri Nikuradze formulasi hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,74 + 21g \frac{1}{\varepsilon}\right)^2} \quad (3.74)$$

Turbulent tartibning barcha sohalarini o'z ichiga oluvchi va hisoblash ishlarida (3.72) ga ko'ra qulayroq formulani L. D. Altshul  $\lambda$  ning keng sohasi uchun tajribalarga asoslanib taklif qildi:

$$\lambda = 0,11 \left( \varepsilon + \frac{68}{R_e} \right)^{0,25} \quad (3.75)$$

Bu formula nazariy asosga xam ega va A. D. Altshul tajribalariga asosan xususiy hollarda sodda ko'rinishlarga keladi;

1)  $R_e < \frac{10}{\varepsilon}$  — hollarda silliq truba bo'ladi va (3.75) Blazius formulasiga aylanadi:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{68}{R\varepsilon} \right)^{0,25} = \frac{0,3164}{R\varepsilon^{0,25}}$$

2)  $\frac{10}{\varepsilon} < R_e < \frac{500}{\varepsilon}$  da  $\lambda$  ga  $R_e$  va  $\varepsilon$  ta'sir ko'rsatadi hamda qat'iy turbulentlik sohasiga to'g'ri keladi, bu holda (3.75) soddalashmaydi.

3)  $R_e > \frac{500}{\varepsilon}$  — esa kvadratik qarshilik sohasi mavjud bo'lib, (3.75) SHiffrson formulasiga yaqin quyidagi formulaga aylanadi:

$$\lambda = 0,11\varepsilon^{0,25}$$

Bu formula bo'yicha hisoblangan  $\lambda$  ning qiymatlari uning Nikuradze formulasi bo'yicha hisoblangan qiymatlariga yaqin keladi.

### **SHezi formulasi**

YUqorida bosimning pasayishini qarshilik koeffitsienti yordamida hisoblash usuli keltirildi. Agar biz bosimning pasayishini urinma zo'riqish orqali ifodalasak, u quyidagicha bo'ladi:

$$H_{1-2} = \frac{\tau}{\rho} \cdot \frac{l}{R} \quad (3.77)$$

Shezi 1775 yilda qo'llagan usuldan foydalansak,  $\frac{\tau}{\rho}$  miqdorni tezlik kvadratiga proporsional deb va proporsionallik koeffitsientini esa  $(\frac{1}{C})^2$  deb qabul qilish zarur bo'ladi, ya'ni

$$\frac{\tau}{\rho} = \frac{1}{C^2} \cdot v^2 \quad (3-78)$$

U holda formula (3.77) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$H_{1-2} = \frac{v^2 l}{C^2 R} \quad (3.79)$$

Gidravlik qiyalik uchun yozilgan ifoda  $I = \frac{H_{1-2}}{l}$  dan foydalanilsa va (3.79) ni tezlikka nisbatan echilsa, ushbu formula kelib chiqadi:

$$v = C\sqrt{RI} \quad (3.80)$$

Bu ifoda Shezi formulasi deb ataladi. Koeffitsient S ning miqdori tajribada aniqlanadi va birligi m/s dir, ya'ni  $S^2$  tezlanish birligida o'lchanadi. Shezi koeffitsientini gidravlik ishqalanish koeffitsienti  $\lambda$  bilan bog'lash uchun (3.79) ning surat va maxrajini 8g ga ko'paytirib quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$H_{1-2} = \frac{8g}{C^2} \frac{l}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Bu formulani Darsi—Veysbax formulasi uchun (3.67) ko'rinishi bilan solishtirib, Shezi koeffitsienti uchun ushbu munosabatni olamiz:

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$$

Shezi koeffitsientini turli formulalar yordamida aniqlash mumkin.

### **N. N. Pavlovskiy formulasi**

Shezi formulasi, odatda, bosimsiz harakatlar uchun qo'llaniladi. N.N.Pavlovskiy kanallarda suvning harakati bo'yicha juda ko'p tajribalar o'tkazdi va karshilikni aniqlash bo'yicha bir qancha ishlar qildi. U o'zi to'plagan ko'plab tajriba natijalari va boshqa ilmiy adabiyotlardagi ma'lumotlarga asoslanib, 1925 yili Shezi koeffitsientini aniqlash uchun umumiy formula taklif qildi. Bu formula

hozirgacha Shezi koeffitsientini aniqlash uchun eng yaxshi formula hisoblanadi va uning nomi bilan Pavlovskiy formulasi deb ataladi. Pavlovskiy formulasining ko'rinishi quyidagicha:

$$C = \frac{R^y}{n}$$

bu erda  $n$ —Manning tomonidan keltirilgan g`adir-budurlik koeffitsienti:  $u$  —  $n$  va  $R$  ga bog`liq holda aniqlanuvchi daraja ko'rsatkichi.

Taxminan,  $R > 1m$ , bo'lganda  $u \cong 1,5\sqrt{n}$

$1/m < R < 3 m$  bo'lganda  $u \cong 1,5\sqrt{n}$

deb qabul qilish mumkin.

$R > 3 m$  bo'lganda Pavlovskiy formulasi qo'llanilmaydi, u ning qiymatini  $1/6$  ga teng deb qabul qilsak, Pavlovskiy formulasi Manning formulasiga aylanadi. G`adir-budurlik koeffitsienti  $n$  turli kanallar va trubalar uchun jadval ko'rinishida gidravlikaga oid adabiyotlarda keltirilgan.

**7-ilova**

### **“Besh minutlik esse”.**

YOzma topshiriqning ushbu turida talabalardan quyidagi ikki topshiriqni bajarish: mazkur mavzu bo'yicha ular nimalarni o'rganganliklarini mustaqil bayon etish va ular baribir javobini ololmagan bitta savol berish so'raladi.

#### **1-muammoli masala**

Suyuqliklar turbulent xarakatining xususiyatlarini farqli jixatlarini

#### **2-muammoli savol**

Trubalarda bosimning kamayishiga sabablarni izoxlang

#### **3-muammoli savol**

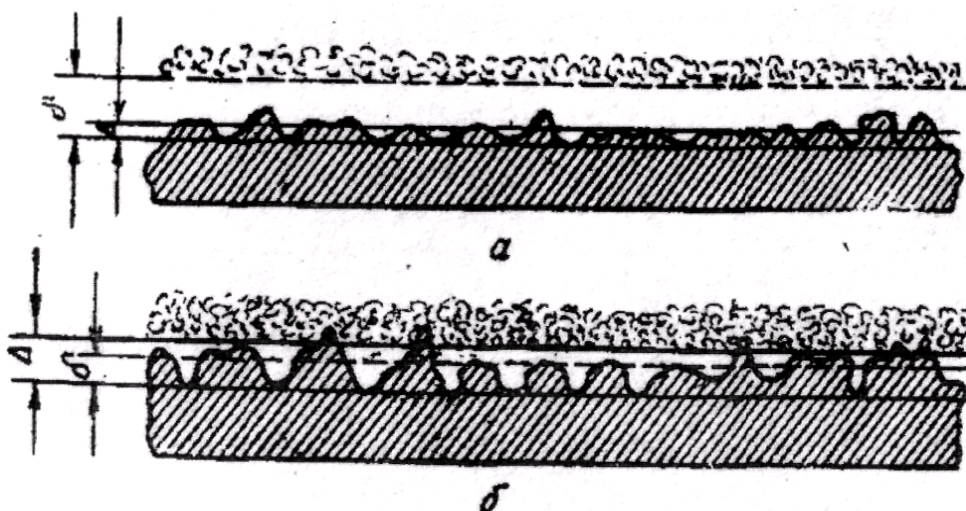
Trubalarda bosimning kamayishiga doir formulalarni yozing

**11-mavzu. Quvurlarni gidravlik hisoblash. Oddiy quvurlarni hisoblash. Gidravlik hisoblashning uch sxemasi. Murakkab quvurlarni gidravlik**

**hisoblash. Vakuum ostida ishlayotgan quvurlarni hisoblash. Ko'ndalang kesimi xar xil shakldagi quvurlarni hisoblash. Quvurdagi suyuqlikning beqaror xarakati. Siqilmaydigan quvurlarni beqaror harakati.**

Trubalar, kanallar va novlarning devorlari ma'lum darajada g'adir-budirlikka ega bo'ladi. Bu g'adir-budirlik trubalarning qanday materialdan qilingani va qay daraja silliqlanganiga qarab ularning devor sirtidagi turlicha kattalikdagi yoki juda ham kichik pastlik - do'ngliklar bilan xarakterlanadi. G'adir-budirlikni xarakterlash uchun truba sirtidagi do'ngliklarning o'rtacha balandligi qabul qilinib, u absolyut g'adir - budirlik deyiladi va  $\Delta$  bilan belgilanadi (31-rasm). Agar absolyut g'adir-budirlik laminar chegaraviy qavatning qalinligi  $\delta$  dan kichik bo'lsa, bu truba gidravlik silliq truba deyiladi (31-rasm. a).

Bordiyu,  $\Delta$  laminar qavat qalinligi  $\delta$  dan katta bo'lsa, bu trubalar gidravlik g'adir-budir trubalar deyiladi (1.57-rasm, b). Birinchi holda ( $\Delta > \delta$ ) truba sirtidagi



31-rasm. Gidravlik silliq va g'adir – budir

trubalarni tushuntirishga doir chizma.

do'ngliklar laminar qavat ichida qoladi va gidravlik qarshilikka sezilarli ta'sir qilmaydi. Ikkinchi holda ( $\Delta < \delta$ ) esa do'ngliklar laminar qavatdan chiqib qoladi va truba devori atrrfidagi oqim xususiyatiga ta'sir qilib, gidravlik qarshilikni oshiradi.

**5- j a d v a l. Trubalar uchun absolyut g'adir-budirlik qiymatlari**

Trubalar	$\Delta, \text{mm}$
----------	---------------------



Yangi metall va sopol trubalar tekis joylangan va tutashtirilgan holda	0,01-0,15
Yaxshi holatda ishlab turgan vodoprovod trubalari va juda yaxshi holatdagi beton trubalar	0,2-0,3
Ozroq ifloslangan vodoprovod trubalari yaxshi holatdagi beton trubalar	0,3-0,5
Ifloslangan va ozroq zanglagan vodoprovod trubalar	0,5-2,0
Yangi cho'yan trubalar	
Ko'p foydalanilgan eski cho'yan trubalar	0,3-0,5
	1,0-3,0

Trubalarning g'adir-budirligini aniqlash ancha murakkab ish bo'lib, uni hisoblash gidravlik qarshilikni hisoblashni qiyinlashtiradi. SHuning uchun hisoblash ishlarini osonlashtirish maqsadida ekvivalent g'adir-budirlik  $\Delta_e$  degan tushunchani kiritiladi. U trubalarni gidravlik sinash yo'li bilan aniqlanib, gidravlik yo'qotishni hisoblashda absolyut g'adir-budirlik uchun qanday qiymat olinsa, ekvivalent g'adir-budirlik uchun ham shunday qiymat olinadigan qilib tanlab olinadi.

Ma'lumki, laminar qavatning qalinligi Reynol $\delta$ s soniga bog'liq bo'lib, uning ortishi bilan kamayib boradi. SHuning uchun Reynol $\delta$ s so-nining kichikroq qiymatlarida gidravlik silliq trubalar, uning ortishi bilan "g'adir-budir" truba sifatida ko'riladi. SHuning uchun absolyut g'adir-budirlik truba devorining oqim harakatiga ta'sirini to'liq ifodalay olmaydi. SHuningdek, truba g'adir-budirligi uning diametri katta yoki kichik bo'lishiga qarab, suyuqlik oqimiga turlicha ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Bularni hisobga olish maqsadida o'xshashlik qonunlarini bajaradigan va oqim gidravlikasiga g'adir-budirlikning ta'sirini to'laroq ifo-dalaydigan nisbiy g'adir-budirlik tushunchasi kiritiladi va u absolyut g'adir-budirlikning truba diametriga nisbatiga teng deb olinadi:

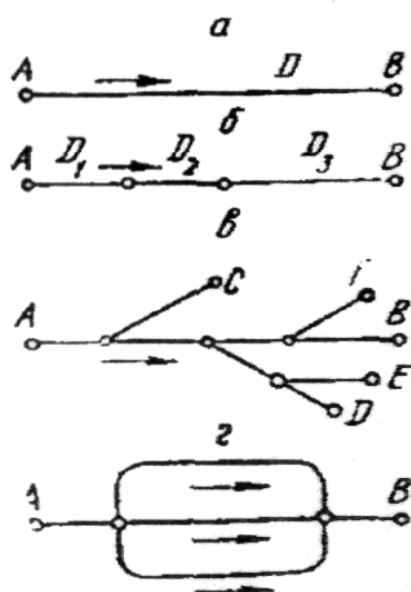
$$\varepsilon = \frac{\Delta}{D}. \quad (6.26)$$

Nisbiy g'adir-budirlikdan foydalanish trubalardagi ishqalanish qarshiligini hisoblashda ancha qulaylik tug'diradi.

Trubalarning geometrik o'lchamlari (diametri, 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 hisoblash-ning 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'tkazuvchi trubalarini, gidrouzatmalardagi tutashtiruvchi trubalar va hokazolarni keltirish mumkin.



32-rasm. Trubalarni klassifikatsiyalashga doir chizma

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* (32-rasm, a, b); *murakkab trubalar* (32-rasm, v, g). Sodda trubalar hech 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. Suyuqlikni 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, remont qilish davomida ham suv ta'minoti to'xtamaydi.

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 hisoblashda biz yuqorida keltirilgan ishqalanish va ma-halliy qarshiliklar uchun chiqarilgan formulalardan foydalanamiz. SHu-ning 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 (1.86- rasm). Bularda bosimning pasayishini barcha qarshiliklarning yig'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 formulalardan 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'xshash hadlarni gruppallab, quyidagini olamiz:

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

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

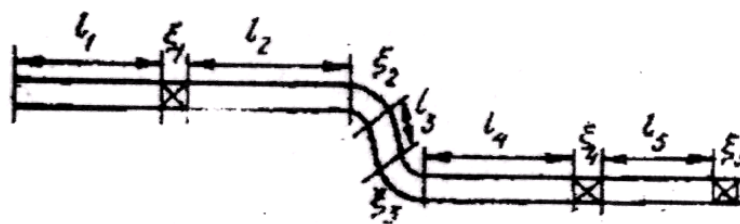
yoki

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

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



33-rasm. Sodda trubaning sxemasi.

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

bo'ladi.  $a$  miqdor trubaning uzunligi, diametri, mahalliy qapshiliklar koeffitsientlariga bog'liq bo'lib, kvadrat qarshilik sohasida o'zgarmas bo'ladi.

(9.3) dagi birinchi hadning yig'indi oldidagi miqdorini

$$\frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} = A_e \frac{c^2}{M^6}$$

ko'rinishda, ikkinchi hadning yig'indi oldidagi miqdorini

$$\frac{8\lambda}{g\pi^2 D^4} = A_e \frac{c^2}{M^5}$$

ko'rinishda belgilaymiz va ularni o'zaro quyidagicha ataymiz:

$A_l$  — 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

$$a = A_e \sum l_i + A_m \sum \zeta_i.$$

Bu yerda  $A_l$  va  $A_m$  — umumlashgan parametrlar bo'lib, truboprovodlarni hisoblashda maxsus jadvallardan olinadi.

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

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

hosil bo'ladi. Oxirgi tenglikka

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

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

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

(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:

$$H = A_e L Q^2 \quad \text{yoki} \quad H = \frac{L}{A^2} Q^2.$$

Ko'p hollarda trubalarni hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

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

va  $K$  ni *sarf koeffitsienti* deb ataladi.

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

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

uzun trubalar uchun esa 
$$K = \frac{A}{\sqrt{L}}; \quad (9.7)$$

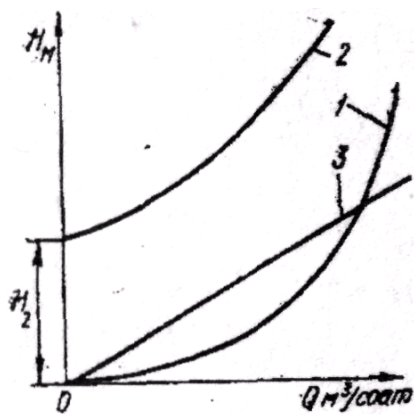
(9.5) formulani boshqacha ham yozish mumkin:

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

bu holda  $\frac{1}{K^2} = a$  bo'ladi. Suyuqlik kvadratik qonunga bo'ysunganda  $\lambda$  va  $\zeta$  Reynold's soniga bog'liq bo'lmagani uchun yuqorida aytganimizdek  $K^2$  va  $A_v$  lar uchun trubaning diametri va g'adir - budirligiga qarab jadval ko'rinishida ifodalanadi,  $A_m$  esa bu jadvalda faqat diametrga bog'liq.

8 - j a d v a l. **Trubalarni hisoblash uchun umumlashgan parametrlar (kvadratik qarshilik qonuni uchun)**

Trubaning ichki diametri, $D, \text{ mm}$	Trubaning absolyut g'adir-budirligi						$A_m \frac{c^6}{M^5}$
	$\Delta=0,2 \text{ mm}$		$\Delta=0,5 \text{ mm}$		$\Delta=1,0 \text{ mm}$		
	$K^2 \frac{M^6}{c^2}$	$A_e \frac{c^2}{M^6}$	$K^2 \frac{M^6}{c^2}$	$A_e \frac{c^2}{M^6}$	$K^2 \frac{M^6}{c}$	$A_l \frac{c^2}{M^6}$	
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	0,41	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



34-rasm. Trubaning  
xarakteristikasi

Laminar soha uchun yuqoridagi formulalar-  
dagi trubaning qarshiligi  $a$  va qarshilik koef-fitsienti  
 $K$  (9.3) formula yordamida hisoblab topiladi. Bunda  
 $\lambda$  Puazeyl formulasi bo'yicha hisoblanadi:

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

Kvadratgacha sohada esa  $\lambda$  silliq trubalar uchun  
Blazius formulasi bo'yicha hisoblanadi:

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

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'la-nishni grafik  
ko'rinishda ifodalashga imkon beradi. Ko'rinib turibdiki, bu grafik koordinatalar  
boshidan o'tuvchi kvadratik parabola ko'rinishida ifodalanadi (1.87-rasm, 1  
grafik). Agar trubaning hisoblash tekisligidan qancha balandda joylashgan  $N_g$  ni  
hisobga olsak, u holda  $N$  va  $Q$  o'rtasidagi munosabat koordinatalar boshidan  $H_g$   
balandlikda joylashadi

(1 87-rasm, 2 grafik). U holda umumiy bosim  $N$  va  $N_g$  ning yig'indisidan iborat  
bo'ladi:

$$H_y = H_z + H_z = H + aQ^2 \quad (9.9)$$

Harakat laminar bo'lsa, u holda  $N$  grafigi to'g'ri chiziqqa aylanadi (1.87- rasm, 3  
grafik).

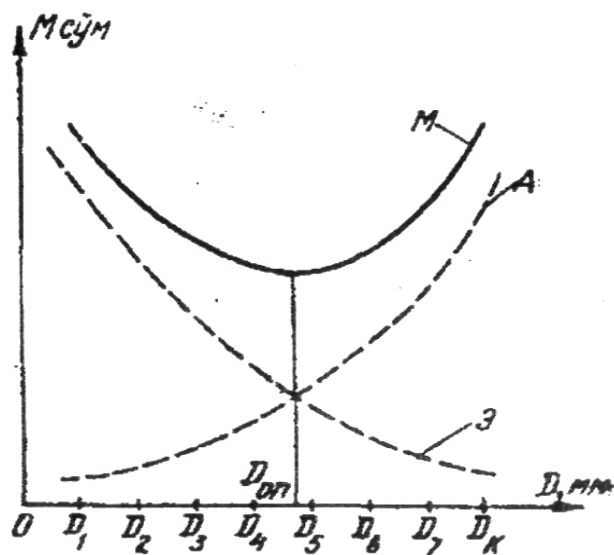
$H—Q$  grafigi yordamida berilgan bosim uchun sarfni topish mumkin.  
Buning uchun ordinata o'kidan berilgan bosimga tegishli kesmani olib, uning  
uchidan abstsissa o'qiga parallel chiziq o'tkazamiz. Bu chiziqning xarakteristika  
bilan kesishgan nuqtasidan abstsissa o'qiga tushirilgan perpendikulyar 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 loyihalashda 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 koeffitsienti 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 metall 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 stantsiyasi va h.) ning qiymati va undan foydalanishdagi xarajatlar (elektr energiyasi, odamlar xizmati va h.) qiy-matini 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 vaktini nazarga olib) bir yillik qiymati (amortizatsiyaga bo'ladigan xarajat)  $A$  hisoblanadi. So'ngra truba diametrining har bir varianti uchun uni foydalanishga sarf bo'lgan xarajat  $M$  ni hisoblab chiqiladi, bunga elektr energiya, odamlarni ishlatish, doimiy xarajatlar va hokazolar kiradi. Trubaning yillik xarajati  $M$  amortizatsiya  $A$  va ekspluatatsiya  $E$  xarajatlarning yig'indisiga teng. Trubaning yillik xarajatining minimal qiymatiga to'g'ri kelgan diametri eng tejamli diametr  $D_{op}$  bo'ladi.

35-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 diametr orasiga to'g'ri kelib qolsa, tegishli diametr uchun  $D_{op}$  ga eng yaqin standart diametr (iloji bo'lsa ikki diametrning kichigi) olinadi. (35-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



35-rasm. Tejamli qulay diametrni hisoblashga oid chizma.



optimal qiyalik  $I_{opt}$  ning qiymatini berish yo'li bilan aniq-lanadi. Suyuqlikning sarfni  $Q$  va  $v$  ma'lum bo'lgan holda diametrni topish

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

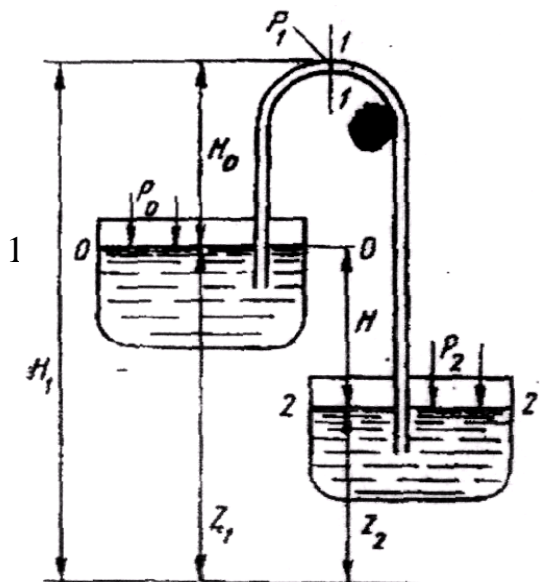
bundan

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

Ba'zi hollarda takribiy hisoblash uchun sodda formulalardan ham foydalanish mumkin. Trubadagi bosimning katta-kichikligiga qarab turli materiallardan qilingan trubalar ishlatish mumkin. Masalan, bosim  $1 \text{ MN/m}^2$  gacha bo'lganda vodoprovod trubalari uchun cho'yan trubalar, katta bosimlar uchun esa po'lat trubalardan foydalaniladi. Bunda 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 (36-rasm). Sifonni soddalashtirib ikki (ta'minlovchi va qabul qiluvchi) idishlarni tutashtiruvchi  $U$  ko'rinishdagi truba sifatida tasvirlash mumkin. Bu holda uning egilgan qismi idishlardagi suyuqlik sathlaridan  $N$



balandlikda bo'lib, undagi suyuqlik idishdagi suyuqliklar sathlarining farqi  $N$  hisobiga oqib turadi. SHuni aytish kerakki, suyuqlik sifonda avval birinchi idish sathidan  $N$  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 tsisternalardan quyib olish, suv sig'implarini bo'shatish, do'nglik yerlarda vodoprovod o'tkazish va hokazolar-da foydalaniladi. Suv

ta'minotida ba'zan maxsus sifonlar ishlatiladi. Sifon ish-lay boshlashi uchun avval uni suyuqlik bi-lan to'ldirish kerak. Sifon sifatida ki-chik o'lchamli shlanglar ishlatilsa, uni to'l-dirish oson bo'lib, bu suyuqlikka botirish yoki pastki uchidan havoni so'rib olish yo'li bilan amalga oshiriladi. Agar sifon mah-kamlangan

metall trubadan iborat bo'lsa, uning yuqori nuqtasida havoni so'rib olish uchun maxsus jumrak o'rnatiladi. Havoni nasoslar yoki ejetorlar yordamida so'rib olish mumkin. Sifonlarni hisoblash boshqa trubalarni hisoblashdan farq qilmaydi. Masalan, sifonning ikkita kesimi uchun Bernulli teng-lamasini yoziladi.

Bu kesimlar 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.  $r_0=r_2=r$  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:

$$H = aQ^2. \quad (9.14)$$

SHunday qilib, sifonlarda sarf oddiy trubalardagidek qarshilik va sathlar farqi orqali aniqlanadi. Uning ko'tarilish balandligi  $N_0$  esa sarfga ta'sir qilmaydi. Lekin bu qonun  $N_0$  ning ma'lum chegarasigacha bo'ladi.  $N_0$  ning ortib borishi bilan sifonning yuqoridagi 1—1 kesimida absolyut bosim  $r_1$  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  $r_1$  juda kamayib ketmasligini nazarda tutish kerak. Agar sifonning sarfi, uning o'lchamlari ma'lum bo'lsa, absolyut bosim  $r_1$  ni hisoblash mumkin. Buning uchun 0—0 va 1—1 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = H_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_{0-1} \quad (9.15)$$

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,  $r_1$  ni unga tenglashtirib oxirgi tenglamadan  $H_1$  ni topish mumkin. Sifonning yuqori nuqtasidagi bosim  $r_1$  ni oshirish uchun yana bir usulni qo'llash mumkin. Buning uchun sifonning pastga ketgan uchida mahalliy qarshiliklar (eshikcha va x.) yordamida umumiy qarshilikni oshirish kerak. Bu holda albatta sarf kamayadi.

### Trubalarni ketma-ket va parallel ulash

Ketma-ket va parallel ulangan trubalarni hisoblash sodda trubalarni hisoblashga qaraganda murakkab bo'lib, u qaysi tartibda ulanganiga bog'lik. 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 (1.90-rasm).

Bu trubalarning har birida sarflar teng bo'lishi uzilmaslik teng-lamasidan ko'rinadi. U holda trubalardagi bosimning kamayishi (9.2) ga asosan aniqlanadi:

$$H_1 = a_1 Q^2,$$

$$H_2 = a_2 Q^2,$$

.....

.....

.....

$$H_n = a_n Q^2,$$

Ko'rilayotgan truboprovodda esa qarshiliklarni qo'shish printsiptiga asosan quyidagicha hisoblanadi:

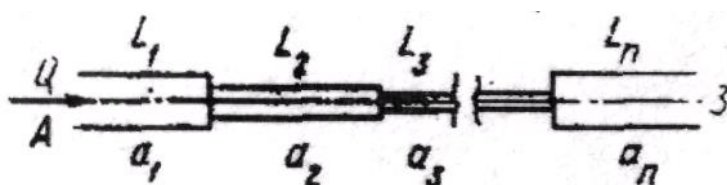
$$H = H_1 + H_2 + \dots + H_n = (a_1 + a_2 + \dots + a_n) Q^2. \quad (9.16a)$$

SHunday qilib, trubalar ketma-ket ulanganda umumiy qarshilik xususiy qarshiliklar yig'indisidan iborat:

$$a = \sum_1^n a_n. \quad (9.17)$$

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

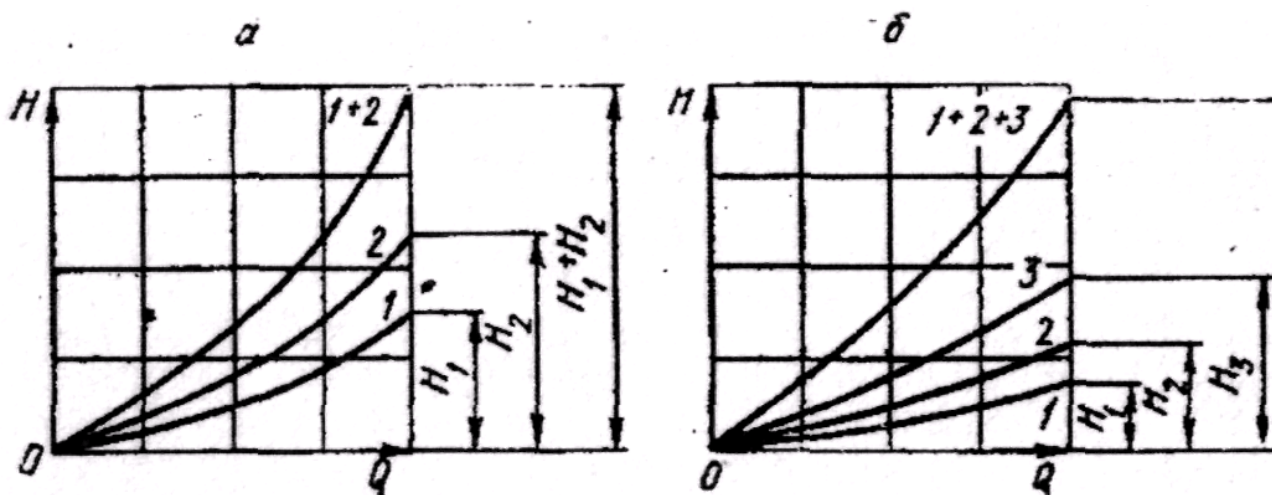
Avval ketma-ket ulangan ikkita trubani ko'ramiz. Bu trubalarning xarakteristikalari 37-rasm, *a* da 1 va 2 grafiklar orqali ifodalangan. Ikki truboprovodning xarakteristikasini tuzish uchun (9.16) tenglamaga asosan bir xil sarfda ikki trubadagi bosim kamayishlarini qo'shamiz, ya'ni bir xil abstsissalarda ikkala egri chiziqning ordinatalarini qo'shamiz.



37-rasm. Trubalarni ketma-ket ulash

Ketma-ket ulangan uchta trubaning umumiy xarakteristikasini tuzish uchun avval 1, 2, 3 trubalarning xarakteristikalarini tuzib olamiz (37-rasm, *b*). So'ngra bir xil abstsissada ularning ordinatalarini qo'shib, bir chiziq bilan tutashtiramiz. *p* 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:



38-rasm. Ketma-ket ulangan trubalarning xarakteristikasi.

$$H = z_A - z_B + \frac{\alpha_A v_A^2 - \alpha_B v_B^2}{2g} + \sum H_n + \frac{p_B}{\gamma} = H_2 + cQ^2 + aQ^2 \quad (9.18)$$

bu yerda

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

$$a = \sum_{i=1}^n a_i,$$

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

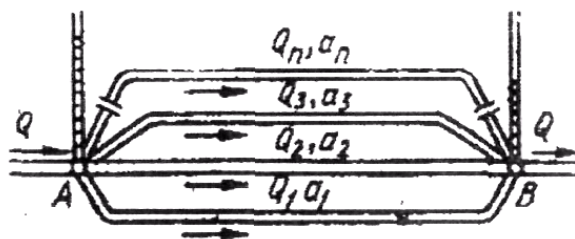
$S_A, S_B$  — kirish va chiqishdagi kesim yuzlari.

**Parallel ulash.** Endi bir qancha parallel ulangan sodda trubalardan tashkil topgan murakkab trubani ko'ramiz (1.92-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:

$$\begin{aligned} H_A - H_B = H_1 = H_2 = H_3 = \\ = \dots = H_n = H \end{aligned} \quad (9.20)$$



39-rasm. Trubalarni paralel ulash.

Har bir trubadagi bosimning kamayishi (9.2) ga asosan quyidagicha aniqlanadi:

$$H_1 = a_1 Q_1^2,$$

$$H_2 = a_2 Q_2^2,$$

.....

$$H_n = a_n Q_n^2,$$

Bulardan sarflarni topib, (9.19) ga qo'yamiz

$$Q = \frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{a_1}} + \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{a_2}} + \frac{\sqrt{H_3}}{\sqrt{a_3}} + \dots + \frac{\sqrt{H_n}}{\sqrt{a_n}} \quad (9.21)$$

va (9.20) dan foydalanib, quyidagi munosabatni olamiz:

$$Q = \left( \frac{1}{\sqrt{a_1}} + \frac{1}{\sqrt{a_2}} + \frac{1}{\sqrt{a_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{a_n}} \right) \sqrt{H}. \quad (9.22)$$

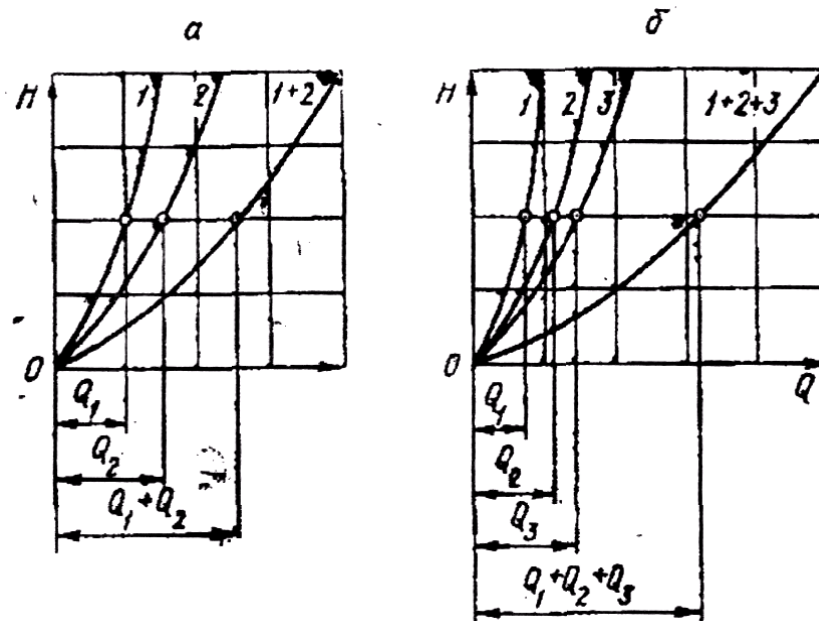
Bu tenglikdan murakkab truba uchun bosim kamayishi tenglamasini chiqaramiz:

$$H = \frac{Q^2}{\left( \frac{1}{\sqrt{a_1}} + \frac{1}{\sqrt{a_2}} + \frac{1}{\sqrt{a_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{a_n}} \right)^2}. \quad (9.23)$$

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

$$a = \frac{1}{\left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{a_i}} \right)^2} \quad (9.24)$$

Parallel ulangan truboprovodning xarakteristikasini tuzish uchun (9.19) va (9.20) tenglamalardan foydalanamiz. Avval ikki parallel trubadan iborat murakkab trubani ko'ramiz (39-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 trubalardagi sarflarni qo'shamiz, ya'ni ordinata o'qining biror qiymatida 1 va 2 ga to'g'ri kelgan abstsissa o'qining kesmalarini qo'shamiz. Bu ishni bosimning barcha qiymatlari uchun bajarib, murakkab truba uchun xarakteristika hosil qilamiz. 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.  $p$  ta parallel trubadan tuzilgan murakkab trubaning xarakteristikasi ham xuddi shu usulda hosil qilinadi.



40- rasmi. Parallel ulangan trubalarning xarakteristikasi.

**12-mavzu. Gidravlik mashinalar. Nasoslarning asosiy klassifikatsiyasi va parametrlari. Gidravlik mashinalar va ularning turlari haqida umumiy tushuncha. Nasoslar va gidrodvigatellar, nasoslarning guruhlari.**

**Reja:**

1. Gidravlik mashinalar.
2. Nasoslarning turlari.
3. Porshenli nasoslar.
4. Porshenli nasos bosimi, unumdorligi.
5. Nasoslarda energiya balansi, F.I.K va boshqa parametrlari.
6. Nasos tuzilishi va ishlash prinsipi.

**Tayanch soʻz va iboralar;** gidravlik mashinalar, nasoslar, porshenli nasoslar, markazdan qochma nasos, oʻqiy nasos, nasoslarni asosiy koʻrsatkichlari.

**Muammoalar;**

1. Gidravlik mashinalarni qoʻllanish sohalarini aytib bering.
2. Nasoslarni qaysi biri afzal va nima uchun?

**Adabiyotlar; (1,2,4,5)**

1. Suyuqlik energiyasini mexanik energiyani bir turdan-ikkinchi turga aylantiruvchi qurilmalar gidromashinalar deyiladi. Gidromashinalar vazifasiga koʻra quyidagilardan boʻlinadi.

## 1. Hidrostatik mashinalar:

Bunda suyuqlikning muvozanat xolatidan foydalanib mexanik kuchni suyuqlikning potensial energiyasiga aylantirish usuli bilan kuchaytirib yoki susaytirib beradi. Hidroress, gidrokkumlyator, gidromulg`tiplikator.

3. Nasosolar: Mexanik energiyani suyuqlik energiyasiga aylantirib beradi.
4. gidrodvigatellar: Suyuqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradi.
5. Gidroyuritgichlar: Mexanik energiyani suyuqlik vositasida bir harakatlanuvchi qismdan ikkinchi harakatlanuvchi qismga o`zatadi.

2. Nasoslarni tuzilishi, turli parametrlari, suyuqlikka energiya berish usuli va boshqalarga qarab turlicha klassifikasiyalanadi.

Nasoslar: ishlash prinsipiga qarab ikki guruxga bo`linadi:

1. Kurakli (lopasli) nasoslar
2. Hajmiy nasoslar.

Kurakli nasoslar o`zining tuzilishi jihatidan ya`ni valiga o`rnatilgan kuchi g`ildirakning soniga qarab bir pog`onali va ko`p pog`onali nasoslarga bo`linadi.

Hajmiy nasoslar suyuqlikni so`rish usuliga qarab bir tomonlama so`ruvchi, ikki tomonlama o`ruvchi nasoslarga hamda porshenli va rotorli nasoslarga bo`linadi.

3. Porshenli nasoslar suyuqlikni ilgari lanma qaytma harakatida hosil bo`lgan bosimni ortishi yoki kamayishi hisobiga suyuqlikni so`rish yoki xaydash imkoniyatiga ega bo`ladi.

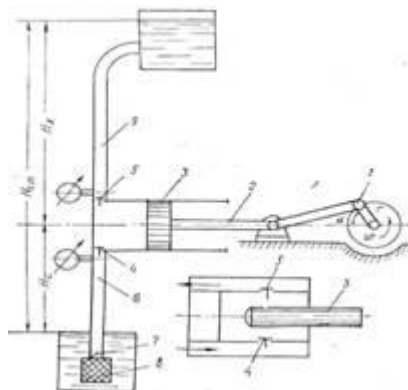
a)  $K_1$ -haydash,  $K_2$ -so`rish klapani

Porshen-ilgarilanma, qaytma harakat qiladi.

Tuzilishi:

Nasos quyidagi qismlardan iborat bo`ladi.

1. Krivoship shatunli mexanizmi.
2. SHtok
3. Porshen
4. So`rish klapani
5. So`rish trubkasi
6. Tirgak klapan
7. Filtr
8. Haydash klapan





## 9. Haydash trubkasi

$N_x$ -haydash balandligi

$N_s$ -so`rish balandligi

$N_{sm}$ -to`liq gidrostatik bosim.

Ishlash prinsipi.

Porshen (3) oldiga harakat qilganda ishchi bo`shliqdagi bosim ortib boradi. SHunda so`rish klapani (4) yopiladi. Bosimni ortishi, davom etadi, shu bilan suyuqlikni xaydash bosimi  $R_x$ - ma`lum miqdorga etganida xaydash klapani (8) – ochilib suyuqlik xaydash trubkasi (9) ga o`tadi. Suyuqlikni xaydash porsheni eng chekka nuqtasiga etguncha davom etadi. Buning asosiy sababchisi nasosda hosil bo`layotgan bosimdir.

SHuning uchun ham nasosdan o`tayotgan suyuqlikni birlik og`irligiga berilgan energiyaga teng energiyasi nasosning bosimi deb qabul qilingan.

Nasosning bosimi  $N$ -juda ko`p faktorlarga bog`liqligi uchun 2-usul bilan hisoblanadi.

Nasosga kirishidagi energiya,

$$l_1 = H_c + \frac{P_c}{\gamma} + \frac{V_c^2}{2g} \quad (1)$$

Siqishdagi esa,

$$l_2 = H_c + H_0 + \frac{P_x}{\gamma} + \frac{V_x^2}{2g}$$

$N_s$ - $R_s$ - $V_c$ - so`rishdagi, balandlik, bosim, tezlik.

$N_0$ -kirishdagi vakuummetr, chiqishdagi manometr ko`rsatishlaridagi farq.  $R_x$ - $V_x$ - xaydashdagi bosim, tezlik.

CHiqish va kirishdagi solishtirma energiyalar farqini hisoblab, nasosdan o`tayotgan suyuqlik olgan energiya topiladi. (bu bosimga teng edi.)

$$H = l_2 - l_1 = \left( H_c + H_0 + \frac{P_x}{\gamma} + \frac{V_x^2}{2g} \right) - \left( H_c + \frac{P_c}{\gamma} + \frac{V_c^2}{2g} \right) = H_0 + \frac{P_x - P_c}{\gamma} + \frac{V_x^2 - V_c^2}{2g} \quad (3)$$

Nasosda so`rish bosimi vakuummetr ko`rsatish bo`yicha

$R_s = R_{atm} - R_{vakum}$  (3) dan, nasosning xaydash bosimi esa, manometr ko`rsatish bo`yicha

$$R_x = R_{\text{atm}} + R_{\text{manometr}} \quad (3'')$$

So`rish va xaydash bosimlari ko`rsatkichlarini balandlik bosimi orqali ifodalasak

$$N_{\text{vak}} = \frac{P_{\text{esax}}}{\gamma} \quad (4) \quad N_{\text{man}} = \frac{P_x}{\gamma} \quad (4')$$

Bularni inobatga olgan holda nasos bosimi uchun quyidagi munosabatni hosil qilamiz.

$$N = N_{\text{man}} + N_{\text{vak}} + N_0 + \frac{V_x^2 - V_c^2}{2g} \quad (5)$$

2-usulda. Bunda ta'minlovchi idishdagi suyuqlik satxiga tegishli kesim (1-1) va nasosga kirishdagi (2-2) kesimlar uchun Bernulli tenglamasi yoziladi.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_c}{\gamma} + \frac{V_c^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

Nasosdan chiqishdagi kesim (3-3) va suyuqlikni eng yuqori ko`tarilish satxi (4-4) kesimli bo`lsin. Bu xol uchun Bernulli tenglamasi.

$$Z_3 + \frac{P_x}{\gamma} + \frac{V_x^2}{2g} = Z_4 + \frac{P_4}{\gamma} + \frac{V_4^2}{2g} + h_x \quad (2)$$

$h_e$  va  $h_x$  lar gidravlik qarshiliklar.

$Z_1$ ;  $Z_2$ ;  $Z_3$ ;  $Z_4$ - geometrik badandligi

$$(1) \quad \text{va} \quad (2) \quad \text{dan} \quad Z_2 - Z_1 = H_1, \quad Z_4 - Z_3 = H_2$$

belgilashni kiritib tenglikdan  $R_e$ -so`rish va  $R_x$  xaydash bosimlarini topamiz.

$$\frac{P_c}{\gamma} = \frac{P_1}{\gamma} - H - \frac{V_c^2}{2g} - h_e \quad (3) \quad \frac{P_x}{\gamma} = \frac{P_4}{\gamma} + H_2 - \frac{V_x^2}{2g} + h_c \quad (3')$$

Bularni birinchi usuldagi (3) formulaga qo`yib,

$$H = \frac{P_4 - P_0}{\gamma} + H_0 + H_2 + H_1 + h_e + h_x \quad (4) \quad \text{quyidagi} \quad (4) \quad \text{tenglamaga ega bo`lamiz.}$$

$$N_0 + N_2 = N'$$

$N_{\text{sm}} = N_0 + N_2 + N_1$  bular nasos chizmasidan ko`rinib turibdi, shularga asosan bu nasosning bosimidir.

$$N = N_{sm} + h_c + h_x \quad (5)$$

(5) dan ko`rinib turibdiki, ochiq idishlarda nasos bosimi suyuqlikni ko`tarish, so`rish-va xaydash trubalaridagi qarshilikni engishga sarflanadi. SHunga arab nasosning unumdorligi ham aniqlanadi. Nasosning unumdorligi yoki sarfi deganda birlik vaqt ichida so`ragan suyuqlik hajmiga aytiladi. Demak, porshenli nasosning sarfi F-porshen ko`ndalang kesim yuzasi, L-porshenning yurish yo`li, n-pordenni bir minutdagi borib kelish vaqti.

$$Q = F \cdot L \frac{n}{60} \quad (6)$$

Agar nasosda porshenlar soni birdan ortiq bo`lsa, ko`p porshenli nasos hisoblanib sarfi

$$Q = FL \frac{n}{60} \cdot i \quad (6') \text{ dan topiladi.}$$

i-porshenlar soni.

Nasos so`rilayotgan suyuqlikka ma`lum miqdor energiya beradi. Bu energiya nasosga dvigatelg` tomonidan berilgan energiyaga teng emas, dvigatelg` energiyasining bir qismi suyuqlikka, berilguncha sarf bo`lib ketadi. Bu sarfni nasosning quvvati va f.i.k. ni tekshirish orqali topiladi.

Nasos quvvati deb uning vaqt birligi ichidagi bajargan ishiga aytiladi. Nasos t-vaqtda G-kg suyuqlikni ko`targan, bosimi-N bo`lsa, uning bajargan ishi

$$A = G_c \cdot H \cdot t \quad (1)$$

Quvvat esa  $N = \frac{A}{t} = \frac{G_c H t}{t}$  (2) lekin  $G = \gamma \cdot Q$  edi  $N_\phi = \gamma Q H$  (2')

birligi  $\frac{KZ \cdot M}{C}$

$N_\phi = \frac{\gamma Q H}{\eta \cdot ior} (K \cdot BT)$  da  $N_\phi = \frac{\gamma Q H}{\eta 75}$  ot kuchida

$N_f$ -nasosning suyuqlikka berilgan energiyasi

N-esa dvigatelg`ning valni aylantirishga sarflangan energiyasi.

Nasosning F.I.K.  $\eta \frac{N_\phi}{N}$  (3)

Bu fayldagi quvvatni, nasos valiga berilgan quvvatga nisbati, demak bu, miqdor suyuqlikni ko`tarishdagi barcha energiyani yo`qotishlarni ifodalovchi miqdordir. Bu yo`qotishdagi miqdorlar 3-turga bo`linadi.

1. Hidravlik-yo`qotish; nasosda mavjud bo`lgan jamiki gidravlik ishqalanishlarni engish uchun sarflangan energiya. B uyo`qotishgan energiya F.I.K. bilan xioblanadi.

$$\eta_{z.ushsh} = \frac{H}{H + \sum h_{nasos}} \quad (4)$$

$\sum h_{nasos}$  - nasosdagi barcha yo`qotishlar yig`indisi.

2. Mexanik – nasosning o`z extiyoji uchun sarflangan quvvat yo`qotishdir. (podshipnik, krivoship, shatung` v.x.k lar ishqalanishni engish uchun)

$$\eta_M = \frac{N_i}{N_e} \quad (5)$$

$N_i$ -indikator quvvati

$N_v$ - nasos validagi quvvat

$$N_i = N_v - T_u \quad (5')$$

Bundagi  $N_u$ -mexanik yo`qotishlarga sarflangan quvvat

$$\eta_M = \frac{N_e - N_u}{N_e} \quad (5'')$$

3. Hajmiy yo`qotish.-bu nasosning ish kamerasini etarli to`lmasligi natijasida vujudga keladi.

$$\eta_x = \frac{Q}{Q + \Delta Q} \quad (6)$$

SHunday qilib, nasosning asosiy parametrlaridan biri to`liq F.I.K. yuqoridagi 3la F.I.K. larning ko`paytmasidan iborat.

$$\eta = \eta \cdot \eta_M \cdot \eta_x \quad (7)$$

Porshenli nasoslarni qo`llanilish sharoitiga qarab turlicha konstruksiyalanadi.

1. YUritgichga qarab.
  - a) yuritgichi krivoship-shatunli.
  - b) yuritgichi krivoshipsiz.

- v) bevosita ishlovchi
- g) qo`l nasoslari
- 2. O`qining joylashuviga qarab.
  - a) gorizontal
  - b) vertikal o`qli
- 3. Tortadigan suyuqligiga qarab.
  - a) suvli
  - b) issiqlikli
  - v) agressiv suyuqlik
- 4. Aylanishlar soniga qarab.
  - a) Tez aylanuvchi
  - v) Sekin aylanuvchi
- 5. Suyuqlikni tortish davrida, to`liq aylanish paytida necha marta so`rish va xaydashiga qarab.
  - a) 1 b) 2 v) 3 g) ko`p tomonlama ishlovchi nasoslar.

Yuqorida keltirib o`tilganlardan tashqari shesterniyali, kolovorotli, vintli, plukjerli, diafragmali, nasoslar ham mavjud.

Nasos xalq xo`jaligining turli-tuman sohalarida ishlatiladi.

Markazdan qochuvchi nasoslarda bosimning ko`tarilishiga ish g`ildiragi bo`ylab suyuqlik oqib o`tayotganda markazdan qochuvchi kuchlar natijasida harakat miqdorining o`zgarishi tufayli erishiladi.

So`ruvchi quvur orqali suyuqlik ish g`ildiragining markaziy qismiga kiradi. SHu g`ildiragining gaz aylanishida markazdan qochuvchi kuch ta'sirida suyuqlik g`ildirak gardishiga uloqtiriladi. Suyuqlik shu g`ildiragidan chiqib spiral kameraga kiradi, bu kamera xaydash quvuriga ulangan. Nasos ishga tushurishdan oldin so`ruvchi qismi va shu g`ildiragi suyuqlik bilan to`ldiriladi. Ularni to`ldirish uchun so`ruvchi quvurning oxirida turli klapan qabul qilgich o`rnatiladi.

1. Markazdan qochuvchi nasos shu prosesning fizikaviy mohiyati bilan tanishaylik. SHu g`ildiragida suyuqlik kanallarida suyuqlik zarralari murakkab harakat qiladi-kurakchalarni suyuqlik zarralari murakkab harakat qiladi-kurakchalarni bo`yiga tomon ilgarilanma va g`ildirak bilan aylanma harakat.

2. Hidroturbinalar ishlash prinsipiga qarab aktiv va reaktiv turbinalarga bo`linadi. Aktiv turbinalar XIX asrda qo`llanila boshlagan, bu turbinalarning ishlash prinsipi, gidravlik oqimchalarning turbina ish g`ildiragi cho`michlariga ta'sir qilishiga asoslangan bo`lib, ularni oqimchali turbinalar deb ham atash mumkin. Ularda oqimchaning kinetik energiyasi cho`michga va u orqali ish g`ildiragiga beriladi. Bunday turbinalarning xususiyatlaridan biri shuki, kurakka urilgan oqimcha kuraklar orasidagi sohani batamom to`ldirmaydi. Suvning ish g`ildiragi kuraklariga kirish va ulardan chiqish tezliklari deyarli g`ir xil bo`lib, g`ildirakning 2 tomonidagi bosimlar (atmosfera bosimiga ) tengdir.

Kuraklarda suv tezlanish olmaganligi sabablireaktiv prinsip bo`lmaydi. Kuraklarda bosim oqimchaning kurakka bevosita ta'siri orqali hosil qilinadi.

Reaktiv turbinalar Amerikalik Frensis va chex Viktor Kaplan nomlari bilan bog`liq.

Reaktiv turbinalarda suvning asosiy potensial energiyasi mexanik harakatga aylantiriladi. Reaktiv turbinalar so`rish trubasi bilan birga ishlaydi, so`rish trubasi ta'sir etuvchi bosimni kuchaytirishga yordam beradi. Ta'sir etuvchi bosimni oshirish uchun reaktiv turbinalar bilan birga yo`naltiruvchi apparat ham ishlatiladi.

Yo`naltiruvchi apparat va turbina g`ildiragi kuraklarining oraliqlari suv bilan batamom to`ladi va g`ildirak yuqori va pastida bosimlar turlicha bo`ladi. Bunda yo`naltiruvchi apparatdan chiqishdagi va so`rish trubasiga kirishidagi bosimlar farqi ta'sirida g`ildiraklar orasida harakatlanayotgan suvning tezligi ortib boradi. Suvning bunday tezlashishi harakati ish g`ildiragi kuraklarida reaktiv kuch hosil qiladi. Bu kuch ta'sirida ish g`ildiragi aylanma harakat qiladi.

### **GES inshootlari:**

1. To`g`on    2. GES binosi    3. Quvurlar    4. SHoxobcha    5. Oqava nav.  
GES jixozlari:    1. Hidro turbinalar.    2. Elektr generator.    3. Yo`naltiruvchi apparat.    4. Spiral kamera    5. Surish turbasi.    6. Taqsimot shchiti.

Keyingi vaqtlarda bosim past bo`lgan (10,15m dan katta) xollarda gorizontal kapsulli gidroagregatlar keng qo`llanilmokda. Bunday agregatlarda gorizontal ukiy turbinalardan foydalanib, generator cho`ktirilgan yopik suyri po`lat kapsula ichiga joylashtirilgan bo`ladi va suvning ko`tarilishidan ishlaydigan yoki past bosimli GES-larda qo`llaniladi.

Kapsulli agregatlarni qo`llash quyidagilarga imkon beradi: a) GES binosidan suv tashlash sifatida ham foydalanish; b) GES binosining temir-beton kismlarini soddalashtirib; v) Qurilmadan utayotgan oqimning yul-yulakay burilishlari eng kam bo`ladi va ayniqsa surish turbasida suv burilishlarsiz harakat qiladi. Bu gidravlik yo`qotishning kamayishiga va F.I.K. ning ortishiga olib keladi.

Doimiy tiklanib turuvchi gidroenergetik resurslar jahon va mamlakatimiz energetika balansida juda katta o`rin tutadi. Suv energiyasidan mexanik energiya hosil kilish uchun, asosan daryolarning oqar suvlari energiyasidan foydalanib kelingan. Daryo suvlarining potensial energiyasini to`plash maqsadida gidroenergetik inshootlar ko`rish, bir yula suv satxini ko`tarib suvsiz erlar suv chiqarish, suv transportini rivojlantirish, parrandachilik va baliqchilik ho`jaliklarini tashkil qilish kabi kompleks masalalarni hal qilishga yordam beradi. Jahonda bir yilda hosil qilinayotgan 5,300mlr.kvt. soat energiyaning 1600mlrd kvt soatini gidroelektrostansiyalar hosil qiladi. Agar jahondagi suv energiyasi zonasining foydalanish mumkin bo`lgan qismi yiliga 9807 mlrd kvt soat ekanligini nazarga olsak, uning yuqorida aytilgan foydalanilayotgan qismi 18% ga yaqin bo`ladi. Bu esa barsa suv energiyasi zonasi 44282 mlrd kvt-soatning 4 % ham bermaydi. Suv energiyasi zonasining foydalanish mumkin bo`lgan qismini issiqlik elektrostansiyalarida hosil qilish uchun yiliga 2 mlrd tonna neftg` kerak bo`lar edi.

Dunyodagi gidroenergetika resurslarining foydalanishga iqtisodiy qulay qismining qit'alar bo'yicha taqsimoti quyidagiga keltirilgan:

Qit'alar	Gidroenergetika resurslari, mlrd kvт.soat	Uning amalda foydalanilayotgan qismi %
Osiyo	2643	7,5
Afrika	2020	1,5
J.Amerika	1852	5
SH.Amerika	1273	34,2
Evropa	772	53
Avstraliya	202	14

Energiyaga bulgan talabning ortishi shuni ko'rsatadiki, yaqin kelajakda ya'ni 2000 yilga borib butun dunyoda bir yilda hosil kilinadigan elektr energiyasi taxminan 20000mlrd kvт soatga etadi. Bunda gidroelektrostansiyalarning hissasi 8,10 mlrd kvт soatga etishi ko'zda tutiladi, bu esa dunyo gidroenergetik resurlarining 1/3 qismini tashkil etadi. Buning uchun dunyoda 1,1,1,2 mlrd kvт ga teng bulgan gidroelektr stansiyalar ko'rib ishga tushirish zarur bo'ladi.

Elektr quvvati hosil qilish. Butun yoqilg'i energetika majmui eng ilg'or, halk xo'jaligi barcha tarmoqlari va axolining kundalik turmushi uchun eng zarur yo'nalishdir. Elektr quvvati bo'lmasa, xalq ho'jalikini rivojlantirib bo'lmaydi. Hozirgi O'zbekiston hududida 1913 yilning ohirlarida 43 ta mayda elektr stansiyalari bulib, shundan 31 tasi Toshkent shahrida joylashgan edi. Usha yili 3,3 mln kvт-soat elektr energiya hosil qilingan edi.

Respublikada avval gidroelektr stansiyalar qurildiki, bu maqsadga muvofiq edi, chunki yoqilg'i tanqisligi sabab chetdan keltirilganligi sababli GES larda hosil qilingan quvvatning tannarxi yuqori bo'ladi. Suv quvvatidn foydalanish O'rta Osiyo respublikalarida muhim bo'lgan yangi erlarni sug'orishni hal kilib berardi. SHunday qilib, O'zbekistonda elektr energetika taraqqiyotining dastlabki yillarida daryolar suvidan ham energetika, ham sug'orish maqsadlarida foydalanishga asosiy sabab berildi. 1926 ilda ishga tushirilgan Bo'zsuv GES i O'rta Osiyodagi dastlabki gidroelektr stansiyasi edi. II-jaxon urushigacha CHichiq daryosida va bo'zsuv kanalida Kodiriya, Burjar, Tovoksoy elektr stansiyalar qurildi. 1941-46 yillar davomida Bo'zsuv CHirchiq suv tarmog'ida 6 ta elektrostansiya kurildi. Farxod GESi 1948 yilda ishga tushirildi. 1955 yilda O'zbekistonda hosil qilingan energiyaning 60 % i GES lari hissasiga to'g'ri keldi.

60 yillardan boshlab Buxoro-Xiva yo'nalishida tabiiy gaz zapaslari topilib ishga tushirilishi munosabati bilan ana shu arzon yoqilg'iga asoslangan yirik issiqlik elektrostansiyalari qurila boshladi. Tabiiy gaz asosida ishlovchi Toshkent GRES, Navoiy GRES, Taxiatoş GRES, ko'mir asosida ishlovchi Angren GRES-4 kabilar qurildi. Bular hisobiga 1965 yilga kelib Respublikamizda ishlab chiqarilgan elektr quvvatining 78% ini issiqlik elektr stansiyalari ishlab berdi. Bulardan tashqari qator daryo va kanallarda yangi GES lar ko'rildi. CHorvoq GES ini (600 ming kvт), Xo'jakent GESi (165 ming kvт) ishga tushirildi.

Kelajakda bir qancha gidroelektr stansiyalari jumladan Chotqol daryosida quyi Chotqol GESi qurilishi ko`zda tutilgan.

### **Nazorat savollari;**

1. Gidaravlik mashinalar deb qanday qurilmalarga aytiladi?
2. Gidravlik mashinalar necha turga bo`linadi?
3. Nasoslar necha turga bo`linadi?
4. Porshenli nasoslarni tuzilishi va ish jarayonini tushintiring.
5. Porshenli nasoslarni asosiy ko`rsatkichlarini ayting.

### **Testlar.**

1. Kinematik zanjir nima ?
  - \* a) Kinematik juft tashkil qilib birikkan qo`zg`aluvchan zvenolar gruppasi
  - b) Bir necha o`lchamlar to`plami
  - c) Assur gruppasiga kiruvchi zvenolar
  - d) qo`zg`almas zvenolar majmuasi
2. Friksion mexanizm qanday mexanizm deyiladi ?
  - a) Yeyilmaydigan barcha mexanizmlar turi
  - \* b) Ishqalanish kuchlari ta'sirida harakatga keladigan mexanizmlar
  - c) Katta kuchlarni uzoq masofaga uzatadigan mexanizmlar
  - d) Moyli sharoitda uzoq ishlay oladigan mexanizmlar to`plami.
3. Mexanizmga qanday kuchlar salbiy ta'sir etadi.
  - a) Inertsiya kuchi, ichki mexanik kuch.
  - b) Og`irlik kuchi, tashqi energiya kuchi.
  - \* c) qarshilik kuchi, ishqalanish kuchi, og`irlik kuchi.
  - d) Ishqalanish kuchi, tashqi ta'sir.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Isyanov R.G. «Gidravlika va gidravlik mashinalar» Ma`ruzalar matni T. TDPU 2000 y.
2. E. Sotvoldiyev. «Gidravlika va gidravlik mashinalar» Ma`ruza matnlarinig elektron varianti. Qo`qon 2006 y.
3. R.A.Zohidov, M.M.Alimova, «Issiqlik texnikasi» // R.Zoxidov O`zbekiston faylasuflar milliy jamiyati. 2010.
4. R.B.Daminova «Issiqlik texnikasi» fanidan laboratoriya ishlarini bajarish bo`yicha qo`llanma // T. TDPU 2007.
5. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)



### **13-mavzu. Markazdan qochma nasoslar. Markazdan qochma nasoslarning modifikatsiyasi va ishlash printsipti, ishchi xarakteristikasi.**

Nasoslarning tuzilishi, turli parametrlar, suyuqlikka energiya berish usuli va boshqarishiga qarab turlicha klassifikatsiyalash usullari mavjud.

Eng ko'p tarqalgan ko'p usul ularni ishlash prinsipiga qarab klassifikatsiyalashdir. Bunda nasoslar asosan ikkita katta gruppaga: kurakli va hajmiy nasoslarga bo'linadi. Bu ikki tur nasoslar deyarlik barcha nasoslarni o'z ichiga oladi, lekin bir qancha boshqacha printsiptda ishlaydigan nasoslar bu ikki klassga kirmaydi. Bularga oqimchali nasoslar (uchinchi klass sifatida ajratish mumkin) va boshqa ko'targichlar kiradi. Kurakli nasoslar yana markazdan qochma, o'qiy, propellerli, uyurma nasoslarga bo'linadi. Tuzilishi va ishlash printsipti bir xil bo'lgani uchun ventilyatorlarni ham kurakli nasoslar klassiga kiritish mumkin. Ventilyatorlarning ham markazdan qochma, o'qiy, propellerli turlari mavjud. Kurakli nasoslarning ularning bir valida bitta yoki bir nechta ish g'ildirag o'rnatilishiga bir pogonali va ko'p pogonali nasoslarga ajratish mumkin. Markazdan qochma nasoslar so'rish usuliga qarab bir tomonlama so'ruvchi va ikki tomonlama so'ruvchi nasoslarga bo'linadi.

Hajmiy nasoslar ikki gruppaga, porshenli va rotorli nasoslarga bo'linadi. Bular yana bir qancha kichik gruppachalarga bo'linadi (ular to'grisida tegishli bo'limda to'xtalib o'tamiz). Oqimchali nasoslar esa ejektor, injektor va gidroelevatorlarni o'z ichiga oladi. Nasoslarni bunday klassifikatsiyalashga ishlab chiqarishda eng ko'p tarqalgan ikki tur (markazdan qochma va porshenli) nasoslar atrofida barcha nasoslarni gruppalashga intilish asos bo'lgan bo'lsa kerak.

Nasoslarni suyuqlikka bergan bosimining miqdoriga qarab, past bosimli (bosimi 20 m suv ust. gacha), o'rtacha bosimli (bosimi 20 ... 60 m suv ust. ga teng), yuqori bosimli (bosimi 60 suv ust. yuqori) nasoslarga ajratish mumkin. Ularni bergan sarfiga qarab past, o'rta va yuqori sarfli nasoslarga gruppalash mumkin.

Nasoslarni energiyaning nasosga qanday berilishiga qarab klassifikatsiyalashgani ham bo'lgan. Bu aytilgan oxirgi uch tur klassifikatsiyalashning har biriga ham barcha mavjud nasoslarni kiritish mumkin bo'lgani bilan bu uch usul juda katta kamchilikka ega, chunki bu usullarda bir gruppaga porshenli, markazdan qochma, rotorli, propellerli va ishlash printsipti tomoman bir – biridan farqlanuvchi boshqa nasoslar guruhiga kirishi mumkin. Suyuqlikka berilgan energiya turiga qarab klassifikatsiyalash ancha qulaydir.

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 mashinalarga suv ko'targichlar deyiladi. Agar ko'tarilayotgan suyuqlik faqat suv emas, balki neft, turli moylar va boshqa xil suyuqliklar ham bo'lishi mumkinligini hisobga olsak, bu mashinalarni suyuqlik ko'targichlari deyish kerak bo'ladi. Bu gruppaga suv ko'tarish uchun ishlatilgan barcha qadimgi qurilmalar: charxpalak, chig'ir arximed vinti va boshqalar kiradi.

Zamonaviy ko'lmalardan bu gruppaga kiradiganlari qatoriga defekli quvurdan neft chiqaruvchi tortuvchi qurilmalari, chuqur quduqlardan gaz va havo yordamida suyuqlik (suv, neft) ko'taruvchi ko'targichlar kiradi.

Ikkinchi gruppaga suyuqlikka bosimi orttirish yo'li bilan energiya beruvchi nasoslar kiradi. Suyuqlikni porshen' bosimi (porshenli nasoslar), aylanuvchi jismlar (rotorli nasoslar), siqilgan havo, gaz yoki bug' (pnevmatik suv ko'targichlar, Gemfri nasosi va x.k) yordamida siqib chiqarish mumkin. Bularga suyuqlikka gidravlik zarb orqali impul's beruvchi mexanizmlar (gidravlik taran) ham kiradi.

Uchinchi grupa nasoslarda suyuqlikka kinetik energiya berilib, so'ngra u bosim energiyasiga aylantiriladi. Bularga birinchi galda kurakli (markazdan qochma, parrakli, o'qiy) nasoslar kiradi (ular da ish kismi valda aylanuvchi kurakli gil diraklardir), ikkinchidan oqimchali nasoslar (ejektorlar, injektorlar, gidravlik elevatorlar) kiradi (ular da suyuqlikka energiya beruvchi boshqa suyuqlik, gaz yoki bug'dir). Nasoslar va suv ko'targichlarni yuqorida aytilganlar bo'yicha Gruppalashni quyidagi sxemada tasvirlash mumkin.

### **Porshenli nasoslar. Tuzilishi va ishlash prinsipi**

Porshenli nasos qurilmasining eng soddaxemasi keltirilgan. Bu nasoslarda suyuqlikning so'rishi va haydalishi porshenning silindrda ilgarilanma – qaytma harakat qilishiga asoslangan. Bunda porshen 3 tarkibida shtok 2 bo'lgan krivoship – shatunli mexanizmi 1 yordamida harakatga keladi. Porshen' silindr ichida qaytma (orqaga) harakat qilganida uning oldidagi ish bo'shlig'ining hajmi ortib, siyraklanish hosil bo'ladi. Bu siyraklanish ma'lum bir chegaraga etganida ish bo'shlig'idagi

bosim  $r_s$  bilan tovonli klapan 7 ostidagi xrapovikda bo'lgan bosim orasidagi farq so'rish klapani 4 ni ochadi va suyuqlik so'rish trubasi 6 orqali ish bo'shligiga kiradi.

Nasoslarda suyuqlik qaysi tipdagi kuchlardan (dinamik kuchlar yoki statik kuchlar) foydalanib so'rilishiga qarab, ular dinamik yoki hajmiy nasoslarga bo'linadi. Bunda yuqoridagi klasifikatsiyaga kirgan nasoslarning porshenli va rotorli turlari hajmiy nasoslarga, qolganlari esa dinamik nasoslarga kiradi.

So'rilish porshen o'zining eng chekka so'rilish chegarasiga yetguncha aylanadi. Bunda so'rilish trubasidagi siyraklanishni so'rish klapani oldiga joylashtirilgan vakuumometr yordamida o'lchash mumkin. Ta'minlovchi idishdagi suyuqlik satxidan nasos silindrining eng yuqori satxigacha bo'lgan balandlikka surish balandligi  $N_s$  deyiladi. So'rish balandligi chegaraviy so'rish balandligi  $N_s < N_{chs}$  dan katta bo'lmasligi kerak.

Porshen' (plunjer) ilgarilanma (oldinga) harakat qilganda esa ish bo'shlig'idagi bosim ortib, so'rish klapani yopiladi.

Bo'shliqdagi bosim ortishda davom etib, uning miqdori suyuqlikni haydash bosimi  $r_x$  ga yetganida haydash klapani ochilib, suyuqlik haydash trubasi 9ga o'ta boshlaydi. Suyuqlikni haydash porshenning eng chekka haydash chegarasiga yetguncha davom etadi.

Nasosni ishga tushirganimizda u avval so'rish trubasidagi havoni tortadi va suyuqlik hosil bo'lgan bosimlar farqi ta'sirida surish trubasiga ko'tariladi. Nasos

bir oz vaqt ishlagandan so'ng so'rish trubasi va silindrdagi havo haydab chiqarilib, suyuqlik silindrni to'ldiradi. Shundan keyin nasos moslangan tartibda ishlay boshlaydi. Natijada ta'minlovchi idishdagi suyuqlik qabul qiluvchi idishga o'tadi. Silindrdagi yuqori satx bilan suyuqlik ko'tarilgan eng yuqori satxning farqiga haydash balandligi  $N_x$  deyiladi.

So'rish balandligi bilan haydash balandligining yigindisi  $N_s + N_x$  nasosning tortish balandligi yoki to'liq statik bosimni beradi. Porshenli nasoslarning turli loyixalari bilan qurilgan turlari ishlab chiqarishning ko'p soxalarida qo'llaniladi.

Yuqorida aytganimizdek, porshenli nasoslar yuqori bosim kerak bo'lgandagina ishlatiladi. Amalda ko'p hollarda porshenli nasoslardan markazdan ko'chma

nasoslar o'rnida foydalaniladi. Hajmiy gidrouzatmalar sostavida ishlayotgap nasoslar asosan porshenli nasoslar turiga kiradi. Bu aytilganlardan tashqari, porshenli nasoslarning yana bir ustunligi ularning foydali ish koeffitsientining yuqoriligidir. Porshenli nasoslarning markazdan ko'chma nasoslardan yana bir farqi shundaki, uning so'rishini haydash trubasiga o'rnatilgan zadviyka yordamida o'zgartirib bo'lmaydi. Lenin haydash trubasining kesimi kichrayib borishi bilan tezlik va zadviyka oldida bosim orta boradi. Agar zadviyka butunlay bekitib qo'yilsa, bosim juda kattalashib ketishi natijasida yo nasos buziladi, yoki truba yoriladi, u xolda zo'riqish ortib ketishi natijasida dvigatel to'xtab qoladi. Shuning uchun porshenli nasoslardan yuqori bosimda o'zgarimas so'rish miqdori zarur bo'lgan hollarda foydalaniladi.

Porshenli nasoslarning markazdan ko'chma nasoslarga taqqoslangandagi asosiy kamchiligi ularning qo'polligi, qimmat turishi, ishlatish murakkabligidir. Bu nasoslarni markazdan qochma nasoslarga nisbatan ko'proq kuzatib turish tala qilinadi, chunki porshenli nasoslarning klapanlari tez-tez ifloslanib turadi. Ifloslanish nasosning boshqa qismlarida ham bo'ladi.

Nasosning bosimi  $N$  deb nasosdan o'tayotgan suyuqlikning birlik og'irligiga berilgan energiya (boshqacha aytganda nasosdan o'tayotgan suyuqlik oqimining solishtirma energiyasi) ga aytiladi.  $N$  suyuqlik ustunining metrilarida o'lchanadi. Bosim ikki usulda aniqlanadi:

- 1) nasos qurilmasining o'lchov asboblari ko'rsatuvidan (nasos ishlab turganda);
- 2) nasos qurilmasi qismlarida suyuqlikka berilgan solishtirma energiyalar yig'indisidan.

Birinchi usulda bosim quyidagicha hisoblanadi. Avval nasosga kirishdagi energiya hisoblanadi:

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

bu erda  $N_s$ ,  $r_s$ ,  $g_c$  — tegishlicha so'rish balandligi, bosimi va tezligi. So'ngra nasosda chiqishdagi energiya hisoblanadi:

$$e_2 = N_s + N_0 + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{g_x^2}{2g}$$

bu erda  $N_0$  - kirishdagi vakuumometr bilan chiqishdagi manometrlarda qaror topgan satxlar farqi;  $R_x, \rho_x$  - haydash bosimi va tezligi.

Nihoyat, chiqish va kirishdagi solishtirma energiyalar farqini hisoblab, nasosdan o'tayotganda suyuqlik olgan energiya topiladi, Bu faqat nasosning bosimiga teng bo'ladi:

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

So'rish bosimini vakuumometrning ko'rsatishi bo'yicha topish mumkin:

$$R_s = R_a - R_{vak}$$

Haydash bosimi esa manometrnng ko'rsatishidan aniqlanadi:

$$p_x = p_a + p_m$$

Bu munosabatlardan foydalanib va vakuumometrik hamda manometrik bosimlarni tegishli bosim miqdorlari orqali ifodalab:

$$H_{vak} = \frac{p_{vak}}{\gamma} \quad H_m = \frac{p_m}{\gamma}$$

nasosning bosimi uchun quyidagi munosabatni olamiz:

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

Ko'pincha, tezlik bosimlarining ayirmasi kichik miqdor bo'lgani uchun ularni hisobga olinmaydi.

Ikkinchi usul bilan bosimni hisoblash uchun avval ta'minlovchi idishdagi suyuqlik satxiga tegishli 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 satxidagi 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 yuqoridagi kesimi qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik satxida desak, idishlarning kesimi trubalar kesimidan katta bo'lgani uchun  $v_t$  va  $v_t$  larni  $v_k$  va  $v_x$  larga nisbatan kichik miqdor deb olib, ularni hisobga qo'shmaymiz. Oxirgi ikki tenglamaga  $z_2 - z_1 = H_1$ ;  $z_4 - z_3 = H_2$  belgilashlarni kiritib, ulardan so'rish va haydash bosimlarini topamiz:

$$\frac{p_c}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} - H_1 - \frac{g_c^2}{2g} - h_c \qquad \frac{p_x}{\gamma} = \frac{p_4}{\gamma} + H_2 - \frac{g_x^2}{2g} + h_x$$

Olingan miqdorlarni tenglamaga qo'yib ushbu tenglikni quyidagicha yozamiz

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

Nasos qurilmasidan (4.2 -rasmlar) ko'rinadiki,  $H_0 + H_2 = H_x$ ,  $H_1 = H$  va

$$H_{ct} = H_x + H_c = H_0 + H_2 + H_1.$$

Bunga asosan  $N = N_{st} + h_s + h_x$ .

Ta'minlovchi va qabul qiluvchi idishlarda bosim, odatda, atmosfera bosimiga teng bo'ladi ( $p_1 = p_a$ ,  $p_4 = p_a$ ). Shunday qilib, bosim uchun yozilgan oxirgi tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$N = N_{ST} + h_s + h_x.$$

Bu tenglikdan ko'rinadiki, ochiq idishlarda nasosning bosimi (4.3) suyuqlikni ko'tarish hamda so'rish va haydash trubalaridagi qarshilikni yengishga sarflanadi.

Nasosning unumdorligi (so'rishi) yoki sarfi deb, uning vaqt birligida so'rgan suyuqlik hajmi  $Q$  ga aytiladi. So'rish  $m^3/soat$ ,  $l/s$  va boshqa birliklarda o'lchanadi. Sodda amaliy porshenli nasosning sarfi quyidagiga teng:

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

bu erda  $F$  - porshen' kundalang kesimining yuzasi;  $L$  - porshenning yurishi (yo'li);  $n$  - porshenning bir minutda borib kelish soni (yoki krivoship -shatunli mexanizmning aylanish soni).

Ko'p amaliy porshenli nasosning sarfi:

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

bu erda  $i$  - nasos silindrlarining soni.

Ikki amaliy bir porshenli nasosning -sarfi:

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

bu erda  $f$  - shtok kundalang kesimining yuzi.

### So'rish balandligi

So'rishda bosim kamayib, so'rish klapani ochiladi va so'rish trubasidagi suyuqlik kameraga kira boshlaydi. So'rish trubasidan kameraga suyuqlikning o'tib turishi natijasida so'rish trubasida siyraklanish (vakuum) hosil bo'ladi. Bu o'z navbatida suv manбайдan suvning so'rish trubasiga odib kirishiga sabab bo'ladi. Nasos suv satxiga nisbatan yuqoriroq joylashgan bo'lsa, u holda so'rish trubasidagi absolyut bosim suyuqlikning tuyingan bug'lari bosimidan kamayib ketishi mumkin. Bunda suyuqlikda erigan gazlar va suyuqlik bug'i ajralib chiqib pufakchalar hosil qiladi. Bosim yana ortganda pufakchalar ichidagi gaz va bug' yana erib ketib, ularning o'rniga suyuqlik intiladi. Natijada gidravlik zarb hosil bo'ladi (buni biz kavitatsiya hodisasi deb atagan edik). Kavitatsiyaning asosiy zararlardan biri uning kuchayib ketishi natijasida nasosning moslashgan ish

tartibining buzilishidir. Ikkinchi zarari kavitatsiya kuchaygan joylarda metall emiriladi. Shuning uchun so'rish trubasidan nasosga kirishda havo qalpogi o'rnatiladi.

Ba`zan havo qalpogi gidravlik zarbni susaytirish bilan birga, so'rishni tekislash maqsadida, haydash trubasining boshlanishiga ham o'rnatiladi. So'rish trubasida bosim aylanish sonining va surish balandligining ortishi natijasida kamayishi mumkin.

Aylanish sonining ortishi porshenning tezligini oshirib, so'rish trubasida bosimning kamayib ketishiga olib keladi. So'rish balandligining ortishi ham so'rish trubasida bosimning kamayishiga ta`sir qilib, kavitatsiya hodisasini vujudga keltiradi. So'rish balandligi ma`lum chegaradan o'tganda kavitatsiya kuchayib so'rishning to'xtashiga olib keladi.

Ana shu chegara qiymati chegara so'rish balandligi deyiladi. Chegara so'rish balandligini aniqlash uchun 4.2- rasmdan foydalanamiz. Ta`minlovchi idishdagi satxini birinchi kesim, nasosga kirishdagi satxni ikkinchi kesim deb, bu ikki kesimga Bernulli tenglamasini qo'llaymiz. Birinchi kesimda bosim  $p_1$  tezlik,  $\mathcal{G}_1$  ikkinchi kesimda bosim  $p_s$  (so'rish bosimi) tezlik  $\mathcal{G}_c$  (so'rish tezligi) kesimlar satxining farqi  $N_s$  (so'rish balandligi) deb hisoblab quyidagi tenglamani olamiz:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\mathcal{G}_1^2}{2g} = \frac{p_c}{\gamma} + \frac{\mathcal{G}_c^2}{2g} + H_c + h_{12}$$

Bundan so'rish balandligini topamiz:

$$H_c = \frac{p_1}{\gamma} - \left( \frac{p_c}{\gamma} + \frac{\mathcal{G}_c^2 - \mathcal{G}_1^2}{2g} + h_{12} \right)$$

Albatta  $h_{12}$  gidravlika qismida ko'rilgandek so'rish trubasidagi gidravlik yuqotishlarning yigindisidan iborat, ya`ni

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

bu erda birinchi had ishqalanish qarshiligi bo'lib, so'rish trubasining uzunligi  $l_s$  va diametri  $d_c$  ga bogliq; ikkinchi had maxalliy qarshiliklar yigindisidir.

tenglamadan ko'rinadiki, so'rish balandligi ta`minlovchi idishdagi bosimning ortishi bilan ortib, so'rish bosimi esa suo'rish tezligi va so'rish trubasidagi qarshilikning ortishi bilan kamayadi. Agar ta`minlovchi idishdagi bosim atmosfera bosimiga teng ( $p_1 = p_a$ ), tezlik nolga teng ( $\mathcal{G} = 0$ ) (ochiq idish), so'rish bosimi esa suyuqlikning bug' bosimiga teng bo'lsa, u holda tenglama quyidagicha yoziladi:

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

Bunda tenglik belgisi  $N_s$  ning chegara so'rish balandligiga teng bo'lgan holini ko'rsatadi. Chegara so'rish balandligi  $N_s$  so'rish tezligi  $\mathcal{G}_c$ , so'rish trubasining qarshiligi  $h_s$  va to'yangan bug' bosimi  $p_t$  ni hisobga olmagan holda ham dengiz satxida 20°S temperaturada 10 m dan oshmaydi. Amaliy tekshirishda chegara so'rish balandligi 6 . . . 8 m, so'rish tezligi esa  $\mathcal{G}_s = 1 \dots 1,5$  m/s bo'ladi.

## Nasoslarda energiya balansi, uning FIK va boshqa parametrlari

Nasos so'rilayotgan suyuqlikka ma'lum miqdorda energiya beradi. Lekin bu energiya nasosga dvigatel' tomonidan berilgan energiya miqdoriga teng emas, ya'ni dvigatel' bergan energiyaning bir qismi to suyuqlikka berilgan energiya darajasiga etguncha sarf bo'lib ketadi. Bu sarfni nasosning quvvati va foydali ish koeffitsientini tekshirish davomida aniqlanadi.

Nasosning quvvati deb, uning vaqt birligida bajargan ishiga aytiladi. Quvvat kgm/s, kvt va boshqa birliklarda o'lchanadi. Nasosning biror  $t$  vaqtda ko'targan suyuqligi  $G$  kg, bosimi  $N$  bo'lsa, uning bajargan ishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$A = G_c H t.$$

Yuqorida aytilganga asosan:

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

lekin

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

shunga asosan quvvat quyidagicha topiladi:

$$N_{\phi} = \gamma \cdot Q \cdot H_{\kappa\kappa\kappa} / c.$$

quvvatni kvt larda ifodalasak:

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

da ifodalasak:

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

Olingan quvvat formulalari nasosning suyuqlikka bergan energiyasini ifodalovchi foydali quvvatni beradi. Amalda esa dvigatelning valni aylantirishga sarflangan quvvati bu formulalar bo'yicha hisoblangan miqdordan ancha ko'p bo'ladi. Dvigatelning valga bergan quvvati bilan foydali quvvatning farqi suyuqlikni ko'tarishda turli qarshiliklarni engishga sarf bo'ladi.

Nasosning foydali ish koeffitsienti (FIK) deb, foydali quvvatning valga berilgan quvvatga nisbatiga aytiladi:

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

Buni nazarga olganda suyuqlikni so'rish uchun sarf bo'lgan umumiy quvvat dvigatel' sarflagan quvvatga teng ekanligini bilamiz. Umumiy quvvat quyidagi

$$N = \frac{\gamma Q \cdot H}{\eta} \kappa\kappa / c; \quad \text{formulalar yordamida hisoblanadi:}$$

$$N = \frac{\gamma Q \cdot H}{75\eta} o.\kappa;$$

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102\eta} \kappa Bm$$

Yuqoridagilarga asosan aytish mumkinki, FIK  $\eta$  suyuqlikni ko'tarishdagi barcha energiya yo'qotishlarini ifodalovchi miqdordir. Bu yo'qotishlar uch turga bo'linadi: gidravlik, mexanik va hajmiy.

1. Gidravlik yo'qotishlar — nasosdagi gidravlik qarshiliklar nasosga kirish va chiqishda, uyurmalar hosil bo'lishida va x. k. lardagi gidravlik ishqalanishni engishga sarflanadigan energiyadir. Bu yo'qotishlar gidravlik FIK bilan hisobga olinadi:

2. Mexanik yo'qotishlar— nasosning podshipniklaridagi ishqalanishga, krivoshipshatunli mexanizmlarga va o'z extiyojlariga sarflangan quvvat yo'qotishlari bo'lib, mexanik FIK bilan hisobga olinadi:

$$\eta_M = \frac{N_i}{N_b}, \quad \eta_x = \frac{Q}{Q + \Delta Q}$$

bu er da  $\Delta Q$  — nasosdagi suyuqlikning hajmiy yo'qotishlari. Hajmiy FIK nasosning germetiklik darajasini va ishlash sharoitini xarakterlaydi.

Shunday qilib, nasosning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan to'liq FIK yuqoridagi uchta FIK ning ko'paytmasidan iborat:

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

3. Hajmiy FIK  $\eta_x$  quyidagicha ifodalanadi:

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

bu er da  $\Delta Q$  — nasosdagi suyuqlikning hajmiy yo'qotishlari. Hajmiy FIK nasosning germetiklik darajasini va ishlash sharoitini xarakterlaydi.

Shunday qilib, nasosning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan to'liq FIK yuqoridagi uchta FIK ning ko'paytmasidan iborat:

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

Porshenli nasoslarda  $\eta = 0,7 \dots 0,9$  ga, markazdan qochma nasoslarda esa  $0,6 \dots 0,8$  ga teng. Nasos dvigateliga kerakli quvvat  $N_{DV}$  ushbu formula bilan aniqlanadi:

$$N_{DV} = \frac{N_b}{\eta_{y\text{zam}}} \cdot a$$

bu erda  $\eta_{y\text{zam}}$  - uzatish FIK;  $a$  – dvigatelning tasodifiy o'ta zo'riqishiga qarshi zapas koeffitsient; u dvigatel' quvvatiga qarab  $1,1; 1,1 \dots 1,5$  ga teng.

## Nazorat savollari



1. Nasosning quvvat deb nimaga aytiladi.
2. Nasosning unumdorligi deb nimaga aytiladi
3. Nasos dvigateliga kerakli quvvat qanday aniqlanadi.
4. Nasosning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan to'liq FIK qanday aniqlanadi.

### **Tayanch iborlar.**

Klapan, markazdan qochma nasos, hajmiy, tezlik, zadviyka, suyuqlik, bosim, energiya, hajmiy gidrouzatmalar, quvvat, parametrlari, FIK

### **14-mavzu. Hajmiy nasoslarning umumiy xossalari va ularning klassifikatsiyalari. Porshenli nasoslarning foydali ish koeffitsienti. Porshenli va plunjerli nasoslarning tuzilishi va ishlash printsiplari. Hisoblash tenglamalari. Aksial va radial porshenli nasoslar.**

Porshenli nasoslar ko'llanish sharoitiga qarab turlicha konstruksiyalanadi. Hozirgi vaqtda mavjud nasoslar konstruksiya tuzilishiga qarab turlicha bo'ladi: a) yuritgichlariga qarab yuritgichi krivoship-shatunli, yuritgichi kriioship-shatunsiz, bevosita ishlaydigan va qo'l nasoslari; b) o'qning joylanishiga qarab gorizontal va vertikal o'qli nasoslar; v) tortadigan suyuqligiga qarab suv, issiq va agressiv suyuqliklar, loyqa va xokazolar tortuvchi nasoslar; g) aylanish soniga qarab tezyurar va sekinyurar nasoslar; d) suyuqlikni tortishda to'liq aylanish davrida necha marta so'rish yoki haydash protsessi bo'lishiga qarab bir, ikki, uch, to'rt va ko'p tomonlama ishlaydigan nasoslarga va xatto porsheni xamda klapanlarning joylashtirilishiga qarab klassifikatsiyalanadi. Bir tomonlama ishlaydigan krivoship-shatun mexanizmlil nasos keltirilgan. Bunda plunjer - vertikal yoki gorizontal joylashgan bo'lishi mumkin.

Agar plunjerning o'rniga porshen' ishlatilsa, moydon kerak bo'lmay qoladi, lekin porshen' yo'li uzunligi bilan barobar, ichki sirti silliq pardozlangan-gil'zalangan tsilindr kerak bo'ladi.

Vertikal joylashgan tsilindr va porshen' ishlatilgan hollarda haydash klapanini porshenga o'rnatib, o'tuvchi porshenli nasos ko'rish qulayroqdir.

Ikki tomonlama ishlaydigan nasoslarda so'rish va haydash porshen' (plunjer) ning ikki tomonida ham amalga oshiriladi; Natijada nasosning so'risi ikki baravar ortadi va to'liq aylanish davrida tekisroq ishlaydi. Ikki tomonlama ishlaydigan porshenli va plunjerli nasoslarning sxemasi keltirilgan.

Uch, to'rt va kup tomonlama ishlaydigan nasoslar kamroq qo'llanilib, so'rish bir tekis bo'lishi bir aylanishda tekisroq ishlashi bilan farqlanadi, tuzilishi bo'yicha yuqoridagi keltirilgan turlardan kam farq qiladi. Uch tomonlama ishlaydigan nasosda uchta bir tomonlama ishlaydigan nasos, to'rt tomonlama ishlaydigan nasosda ikki tomonlama ishlaydigan ikkita nasos baravariga ishlaydi.

Yuqorida aytilganlardan differentsial nasoslar anchagina farq qiladi. Bu nasoslarda plunjer chapdan o'ngga harakat qilganda so'rish kamerasida so'rish klapani ochilib, haydash klapani yopiladi va suyuqlik so'riladi, plunjerning o'ng tomonidagi yordamchi kamerada esa siqilish protsessi natijasida bosim ortib

suyuqlik hadash trubasiga oqa boshlaydi. Plunjer o'ngdan chapga harakat qilganda so'rish kamerasida bosim ortib, so'rish klapani yopiladi, haydash klapani esa ochiladi. Natijada suyuqlik so'rish kamerasidan chiqib, uning bir qismi haydash trubasiga oqadi, qolgan qismi yordamchi kamera ga so'riladi. Shunday qilib, haydash trubasiga (iste'molchiga) suyuqlik bir tekis etkazib beriladi.

Differentsial nasoslar ikki tomonlama ishlaydigan nasosdek ishlasa ham, ulardan to'rt klapan o'rniga faqat ikki klapanidan foidalanishi bilan farqlanadi. Shu bilan birga differentsial nasosning hajmi bir tomonlama ishlaydigan nasos hajmidan uncha katta bo'lmaydi.

Ba'zan so'rishni haydash trubasida emas, so'rish trubasida bir tekis ta'minlash zarur bo'lganda yuqorida aytilgan usulni so'rish trubasi tomoniga qo'llash mumkin.

Amalda ishlatiladigan porshenlarning ba'zi turlari keltirilgan.

Nasoslarning ishlash sharoitiga qarab turli klapanlar tanlab olinadi. Klapanlarning ishlashida ularning o'z vaqtida ochilib yopilishi muxim rol o'ynaydi. Suyuqlikning faqat dinamik kuchi ta'sirida yoki klapaning ikki tomonidagi bosimlar farqi ta'sirida ochilib - yopiladigan va boshqa yordamchi mexanizmlari bo'lmagan klapanlarga mustakil klapanlar deyiladi.

Biror mexanizm ishtirokida ochilib - yopiladigan klapanlar nomustakil klapanlardir.

Klapan qurilmasining xarakteriga qarab ular ko'tarma, tashlama va zolotniksimon klapanlarga bo'linadi. Ko'tarma va tashlama klapanlar mustaqil va nomustaqil emas bo'lishi mumkin, zolotniksimonlar esa faqat nomustakil bo'ladi.

Klapanlarga qo'yilgan asosiy talab ularning klapan kanalining zich yopilishini ta'minlashidir. Bu talab bajarilmasa, klapan ostiga nasos ishini buzishi mumkin bo'lgan biror narsa (qum, cho'p, qurum, latta va x.k.) lar kirib qolishi mumkin.

Klapanlar turli konstruktiv shakllarga ega bo'ladi: tarelkasimon, konussimon, sharsimon klapanlar. Sharsimon klapanlar toza bo'lmagan suyuqliklarni so'rishda qo'llaniladi.

Boshqa tur hajmiy nasoslar: shersternyali, kolovorotli, vintli, plunjerli, diafragmali nasoslar. Ularning qo'llanish soxasi.

Hajmiy rotorli nasoslar shesternyali, vintli, plastinkali (shiberli) va aylanma porshenli turlarga bo'linadi. Ular o'zgaruvchan sarfli yoki boshqariladigan va o'zgarmas sarfli yoki boshqarilmaydigan bo'lishi mumkin.

Bu turdagi nasoslarning sarfi ish bo'shlig'i kattaligiga va rotorning aylanishlar soniga bog'liq; nasos elementlarining puxtaligi bosim tarmogidagi qarshilikka mos bo'lishi kerak. Agar bosim tarmogidagi zadvijka tasodifan yopiq bo'lib qolsa va nasos muxofaza aparatlari bilan ta'minlanmagan bo'lsa, bu holda nasos sinadi yoki nasos dvigateli ishdan chiqadi.

Rotorli nasoslar har xil bir jinsli suyuqliklarni uzatishda avtonom qurilma sifatida, shuningdek, gidroprivodlar tarkibida suyuqlikni harakatlantiruvchi yoki suyuqlikka kerakli energiya (bosim) beruvchi nasos holda va o'zi harakatlanayotgan suyuqlik yordamida harakat olib, energiyasini boshqa mashinalarga, qurilmalarga uzatuvchi gidrodvigatellar holda ishlatilishi mumkin.

Rotorli uzatuvchi gidrodvigatellar holida ishlatilishi mumkin. Rotorli nasoslarning hajmiy FIK i 0,7 ...0,95 atrofida bo'lib, nasosning ishqalanuvchi qismlarining yoyilishiga mos o'zgaradi. Nasos aniq ishlangani uchun mexanik FIK yuqori – 0,95 ... 0,98 atrofida bo'ladi. Bularga nesternyali, kolovorotli, vintli, plunjerli, diafragmalı nasoslar kiradi.

1. Shesternyali nasoslarning tuzilishi juda sodda. Oddiy shesternyali nasoslarning asosiy ish detallari ikkita bir xil shesternya 1 bo'lib ular o'zaro ishlashgan va korpus 2 ichiga joylashgan bo'ladi. Etaklovchi shesternya harakatni dvigateldan oladi. Nasosda ikkita kopkok bo'lib, ularda etaklovchi va etaklovchi valiklar podshipnik va sal'niklar bilan ta'minlangan. Nasos korpusida ikkita teshik bor, bittasi S – so'rish teshigi – shesternya tishchalari o'zaro ajralayotgan tomonda, ikkinchisi teskari tomonda – tishchalar ishlayotgan tomonda bo'lib, haydash teshigi x deyiladi. Nasosning ishlash printsiipi quyidagicha.

Etaklovchi val o'zida o'rnatilgan shesternyasi bilan dvigatel' yordamida harakatga keltiriladi, etaklanuvchi shesternya esa, undan aylanma harakat oladi. Shesternyalar aylanayotganda tishlar so'rish bo'shlig'ida (S) bir – biridan uzoqlashadi. Natijada tishlar orasidagi chuqurchada suyuqlikning katta tezlikda olib ketishi sababli so'rish bo'shlig'ida siyraklanish vujudga keladi va so'rish teshigiga suyuqlik kela boshlaydi. Tishlar orasidagi chuqurchalardagi suyuqlik tishlar o'zaro ilash paytida haydash bo'shlig'i (x) ga siqib chiqariladi, natijada haydash bo'shligida bosim ortib, suyuqlik tarmoqqa uzatiladi.

Shesternyali nasoslar ishlayotganda tishlar orasidagi chuqurchalarda katta bosim vujudga kelib, u valik va nasos tayanchiga beriladi. Bu kuchlarni kamaytirish uchun tishlar orasidagi teshikchalarda suyuqlikning qolib ketishiga yo'l qo'ymaslik kerak. Shu maqsadda yuqori bosimli nasoslardagi chuqurchalarga radial ariqchalar qilinadi. Bu ariqchalardagi qoldiq suyuqlik chiqarib yuboriladi, natijada nasos tayanchi va valiklardagi 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 bosimga qarab past ( $10 \text{ kg/sm}^2$ gacha), o'rtacha ( $30 \text{ kg/sm}^2$ gacha) va yuqori ( $100 \text{ kg/sm}^2$ ) bosimli bo'ladi. Past bosimli nasoslar stanok va mashinalar, ichki yonuv dvigatellarining sistemalarida qo'llaniladi.

O'rtacha bosimli nasoslar kuch organlariga harakatni tez uzatish kerak bo'ladigan stanoklarning gidrouzatmalarida (masalan, parmalash, pardozlash stanoklarida) ishlatiladi. Yuqori bosimli nasoslar stanokning ichki organiga katta kuch uzatish lozim bo'lgan gidrouzatmalarda qo'llaniladi. Shesternyali nasos 2, 3, 4 va hatto 5 shesternyali bo'lishi mumkin, ammo 3 dan yuqori shesternyallar qo'llanilganda FIK kamayib ketadi. 3 shesternyali nasos 2 shesternyaliga nisbatan katta ish unumiga ega, lekin hajmiy FIK kichik. Keyingi vaqtlarda hajmiy FIK ni oshirish maqsadida gidravlik kompensatsiyasini shesternyali nasoslar chiqarila boshlaydi. Yon chetdagi tirqishlarni gidravlik kompensatsiyalash uchun vtulka kuchli ishqalanish va yedirilish hosil qilmaydigan qilib shesternyaga maxkam siqib qo'yiladi. Bundan tashqari, yon qistirmalardan foydalanib, yon chetdagi tirqishlarni kichraytirish usulidan ham foydalaniladi. Bu qistirmalar elastik devorli katakchalarga ega bo'lib, shayba tarzida shesternya bilan nasos korpusi orasiga

qo'yiladi. Nasos ishlayotganda devordagi tirqishlardan kistirma katakchalari moyga to'latiladi. Bosim ostida katakcha to'siqlari deformatsiyalanadi va tirqishlardagi moy shesternya yonlariga siqiladi. Xususiyl holda nasoslarning shesternyasi ikki tishli qilib yasaladi. Bunday nasoslarga kolovorotli nasoslar deyiladi.

2. Vintli nasoslar. Vintli nasoslar suyuqlikni bir tekis tortishi bilan farq qiladi. Ular yuqori FIK iga ega, ixcham, ishga qulay, yuqori bosimda va katta aylanishlar sonida shovqinsiz ishlay oladi. Vintli nasoslar bir, ikki, uch va hokazo vintli bo'ladi. Bir vintli nasoslar hajmiyl nasoslarning hamma afzalliklarini mujassamlashtirgan bo'lib, ular yuqori bosimda uzatilayotgan suyuqlikni juda kam aralashtiradi va katta so'rish balandligiga ega.

Undan tashqari, plunjerli va porshenli nasoslardan xarakatlanadigan detallarning kamligi (1 ta vint), klapanlarning va murakkab o'tish joylarining yo'qligi bilan farqlanib, ular gidravlik qarshilikni kamaytiradi. Bir vintli nasoslarda tortish bir tekis bo'lgani uchun inertsiya ta'siri bo'lmaydi, natijada so'rish yaxshilanadi. Bu nasoslar ixcham, engil, sodda tuzilgandir. Sovet Ittifoqida bir vintli nasoslar ko'mir shaxtalaridan ifloslangan suvlarni tortib olishda, xavzalardan neftni so'rishda, quduqlardan suv tortishda va achitqilarni transportirovka qilishda ishlatiladi.

Bir vintli nasoslarning ishlash printsipli quyidagicha. Ichki tomoni vint shaklida profillangan tsilindrda vint aylanadi. TSilindr o'ziga xos profilli bo'lgani va vint aylanishi sababli suyuqlikning cheksiz xarakati vujudga keladi. TSilindrning ichki vintsimon yuzasi va vint yuzasi orasida yopiq bo'shliklar yoki xajm xosil bo'ladi. Bu bo'shliklarning vaqt birligi ichidagi umumiy xajmiga mos ravishda nasosning sarfi oshadi. So'rish tomonidagi bo'shlik xajmi kattalashganda nasosning kirish qismida bosimlar ayirmasi xosil bo'ladi va bu bo'shliq suyuqlikka to'ladi. Biror vaqtda bo'shlik yopiladi va bu tsilindrning xaydash tomoniga xarakatlana boradi: xar bir bo'shlik ma'lum xajmdagi suyuqlikni olib chiqadi. Vintning bir to'lik aylanishidagi suyuqlik tsilindr bo'yicha bir qadam uzunlikka siljiydi va o'zgarmas kesimdan to'kiladi. Yopik bo'shliklarning siljishi natijasida bosim so'rish bosimi  $r_s$  dan xaydash bosimi  $r_x$  gacha oshadi.

Eng ko'p tarqalgan vintli nasoslarga uch vintli nasoslar kiradi. Vintli nasoslarda asosiy ish organi vintlar bo'lib, ular aylanma xarakat qiladi. Ish vinti vazifasini faqat etaklovchi vint bajaradi. Etaklanuvchi vintlar uzatilayotgan suyuqlikning bosimi ta'sirida aylanadi, shuning uchun ekspluatatsiya davrida vintlar tez ishdan chiqmaydi, eyilmaydi va ishonchli bo'ladi. Etaklanuvchi vintlar zichlagich rolini o'tab, uzatish kamerasidan so'rish kamerasiga suyuqlikning qaytib tushishiga to'skinlik qiladi. Etaklovchi vintning ichki diametri va etaklanuvchi vintning tashqi diametri o'zaro tengdir. Uchta vintning kesimlari ish vaqtida o'zaro tegib cheksiz yuza bo'limi xosil qiladi va suyuqlikni so'rish kamerasidan uzatish kamerasiga so'ruvchi porshen' rolini bajaradi. Bo'lim yuzasi vintning xar bir qadamida takrorlanadi, qadamlar soni ish uzunligida ko'paygan sari bo'shliklar soni oshib boradi. Vint qadami chegarasidagi xar bir bo'shlik ko'p pogonali nasoslardagi ayrim pog'ona o'rnida bo'lib, vint uzunligi ko'payishi bilan yuqori xajmiyl FIK li katta bosim hosil qiladi. Vintli nasos uchta asosiy qismdan iborat: stator, nasos korpusi va rotor (etaklovchi vint). Leningrad metall zavodida

MVN 10 markali vintli nasosning printsipl sxemasi yaratilgan. Bu nasosda to'rtta vint bor: o'rtadagi ikkitasi etaklovchi va ikkitasi etaklanuvchi. Vintlarning kesik joylari stator ichida jips joylashgan bo'lib, podshipnikka o'xshab aylanadi. Statorni boshqacha qilib rubashka xam deyishadi, undagi vintlar uzunligi esa ish uzunligi deyiladi. Rubashka oxiriga so'rish va xaydash kameralari kelib birlashgan. Etaklovchi valning oxiri korpusdan chiqib turadi va mufta yordamida dvigatelga ulanadi. Uqiy bosimni muvozanatlash maqsadida nasos vintlarida yoki korpusda suyuqlik xaydash kamerasi tomondan so'rish kamerasi orqasidagi vint tagiga suyuqlik oqib tushadigan ariqchalar yasaladi.

Nasosni buzilishlardan saqlash uchun saqlagich klapanlar qo'yilgan. Uch vintli nasoslarning ishlash printsipl quyidagicha. Etaklovchi vint dvigateldan aylanma xarakterga keltiriladi, bunday vintlarning ajratish tekisligi so'rish kamerasining chuqurchalarida joylashgan bir xajm suyuqlikni kesib ajratib oladi. Keyin suyuqlik vint bo'ylab xaydash kamerasiga, undan xaydash trubasiga qarab xarakterlanadi. Shu paytda so'rish kamerasida siyraklanish bo'ladi, natijada so'rish trubasidagi suyuqlik so'rish kamerasiga tushib, vint chuqurchasini to'ldiradi; bu protsess cheksiz davom qiladi va nasos ishining uzluksizligini ta'minlaydi.

Suyuqlik kesimi yuzasi tomonidan ajratib olinmasdan oldin  $r = r_a - r$  bosimi ostida xarakterlanayotgan bo'a, uning keyingi xarakati vintlarning kesimi yuzalarining bosimi ostida sodir bo'ladi (porshen o'xshab). Suyuqliknasosga uzluksiz berilgani sababli bir tekis so'rish ro'y beradi. Vintli nasoslar  $4 - 7 \text{ kg/sm}^2$  dan  $20 \text{ kg/sm}^2$  gacha bosimlar uchun tayyorlanadi. Chegara so'rish balandligi  $8 \dots 9 \text{ m}$  suv ustuniga teng. Vint ish uzunligidagi o'ramlar soni, asosan, past bosimli nasoslar uchun  $z = 5 \text{ h}$ , o'rtta bosimlar uchun  $z = 3 \text{ h}$  va yuqori bosimlar uchun  $z = 5 \text{ h}$  deb qabul qilingan (bunda  $h$  – vint qadami).

**3. Plunjerli nasoslar.** Plunjerli nasoslarning ishlash printsipliga o'xshash bo'lib, ular konstruktiv sxemalari bo'yicha bir – biridan farq qiladi. Bu nasoslarda ish organi sifatida porshenning o'rniga plunjerdan foydalaniladi. Plunjerlarning porshendan farqi shundaki, ularning ko'ndalang kesimi uzunligiga nisbatan bir necha baravar kichik bo'lib, kompression va moy sidirish xalqalari bo'lmaydi.

**4. Diafragmali nasoslar.** Ximiyaviy aktiv suyuqliklarni va moddalarning katta zarrachalari aralashgan suyuqliklarni so'rish uchun porshenli nasoslarning maxsus turlari ishlatiladi. Bunday nasoslarning keng tarqalgan turi diafragmali yoki membranali nasosdir.

Bu nasoslarning ishlash printsipl plunjerli yoki porshenli nasoslarning ishlash printsipliga o'xshaydi va suspenziyalarni xamda metall qismlarning emirilishiga katta ta'sir qiluvchi aktiv suyuqliklarni so'rishda ishlatiladi. Nasosning tsilindri 1 va plunjeri so'rilayotgan suyuqlikdan elastik to'sik 3 – diafragma (membrana) bilan ajratilgan bo'lib, to'siq yumshoq rezina yoki maxsus po'latdan tayyorlanadi. Plunjer orqaga yurganda diafragma bo'shlig'ining o'ng qismida siyraklanish xosil bo'ladi. Natijada diafragma o'ng tomonga egilib, siyraklanish bo'shlikning chap tomoniga, so'ngra nasosning ish bo'shligiga beriladi. Bu esa xuddi porshenli nasoslardagi kabi so'rish klapani ochilib, so'rish protsessining sodir bo'lishiga sabab bo'ladi. Plunjer oldiga yurganda esa diafragma bo'shlig'ining o'ng qismida bosim ortib, diafragma chapga egiladi. Shu yo'l bilan bosimning ortishi ish

bo`shlig`iga berilib, so`rish klapani 4 yopiladi, so`ngra xaydash klapani 5 ochilib, suyuqlikning xaydash boshlanadi. Bunda plunjer va tsilindr so`rilayotgan suyuqlikdan ajratilgani uchun ximiyaviy aktiv moddalar ta`sirida bo`lmaydi va zanglash, eroziya xodisalaridan xoli bo`ladi. Nasosning so`rilayotgan suyuqlikka tegib turadigan qismlari (ish bo`shlig`i, klapanlar va x.k.) kislota bardosh materiallardan qilinadi yoki kislata bardosh moddalar bilan qoplanadi. Ba`zi xollarda shtok bevosita diafragma ulangan bo`lib, xarakat xaydash yuqorida aytilgandek amalga oshiriladi. Bunday nasoslar avtomobil`, traktor va boshqa qishloq xo`jalik mashina dvigatellarining ta`minlash sistemasida qo`llaniladi. Bu mashinalarda xarakat shtokka gaz taqsimlash valining ekstsentrighi yordamida beriladi.

Odatda, markazdan qochma nasosning ish g`ildiragi shunday joylashtiriladiki, suyuqlik uning atrofidagi bo`shlik orqali o`tib, so`ngra o`kdan radius bo`yicha uzoqlashadi. Nasoslarning tuzilishi bo`ladi. So`rish trubasi orqali ta`minlovchi idishdan koqtarilgan suyuqlik kameraning o`rta `ismiga kiradi. So`ngra val 1 orqali xarakatga keltiriluvchi ish g`ildiragi 2 ning kuraklari 3 orasidan o`tib, nasos kamerasi 4 ga tushadi. Bu erda markazdan qochma kuch ta`sirida xosil bo`lgan bosim suyuqlikni xaydash trubasiga si`ib chiqaradi. Suyuqlikning xaydash trubasida ma`lum miqdordagi tezlik bilan oqishini ta`minlashi uchun o`tkazuvchi kamera, yo`naltiruvchi apparat va diffuzor kabi bir qancha maxsus moslamalardan foydalaniladi. Nasosdagi so`rilish qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik satxiga ta`sir qiluvchi bosim bilan so`rish trubasidagi siyraklanish bosimi orasidagi farq xisobiga amalga oshadi. Bunda aytilgan bosimlar farqi so`rish balandligi, so`rish trubasidagi qarshiliklarni yengishga va suyuqlikka tezlik berishga sarf bo`ladi. Bu tezlik suyuqlikning kameraga va so`ngra parraklar orasidagi kanalga kirishiga yordam beradi. Tabiiyki, bunda ta`minlovchi idish bilan so`rish trubasidagi bosimlar farqi so`rilayotgan suyuqlik bug`lari bosimida 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 xam shuncha katta bo`ladi.

Nasos korpusining tuzilishi xam xaydash balandligining yuqori bo`lishiga katta ta`sir qiladi. Shuning uchun nasosning korpusida so`rilish yo`li, spiral yo`li va yo`naltiruvchi apparatlar moslangan bo`ladi.

So`rilish yo`li – korpusning so`rish trubasidan ish g`ildiragiga o`tishdagi kanalidir. Suyuqlikning nasosga so`riladigan yo`lining eng yaxshi shakli o`q yo`nalishidagi konus ko`rinishida bo`ladi.

Tezyurarligi o`rtacha va kichik bo`lgan nasoslar uchun nasosga so`rilish yo`li spiral shaklida bo`lishi mumkin. Tezyurarligi yuqori bo`lgan nasoslarda esa o`q bo`yicha so`rilish tezlikni 15 ... 20 % oshiruvchi konfuzor orqali amalga oshiriladi. Spiral ko`rinishdagi so`rilish kameralarini xisoblashda so`rish tezligi  $S_{sur}$  g`ildirakka kirish tezligi  $s_1$  ga qaraganda ancha kichik qilib olinadi:  $S_{sur} = (0,85 \dots 0,70) s_1$ .

Spiral yo`l. Suyuqlikning nasosdan chiqish kanali – spiral kamera tuzilishi sodda bo`lgani uchun yo`naltiruvchi apparatga qaraganda qarshiligi kam bo`ladi (ya`ni FIK katta). Lekin spiral kameraning kanallarini mexanik usulda silliqlab

bo'lmaydi. Sunggi vaqtlarda metall qo'yish ancha aniq va toza bajarilgani uchun spiral kameralar ko'proq qo'llanila boshladi (xatto ko'p pog'onali nasoslarda ham qo'llanilmoqda).

Ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlik zarrachasi spiral kameraning biror kismiga kirgandan so'ng radius bo'yicha harakatlanishda davom etishi bilan birga aylanma harakat ham kelib, chiqish tomonga intiladi va o'zidan keyin kelayotgan zarrachaga o'z o'rnini bo'shatib beradi. Spiral kamerani hisoblashda aylanma tezlikning tegishli radius – vektorga ko'paytmasi o'zgarmas deb qabul qilinadi. Natijada spiral kamerada suyuqlik tezligi chiqishga qarab kamayib boradi. Bu hol nasosning ishlashiga yaxshi ta'sir qiladi va tezlikning kamayishi potentsial energiyaning ortishiga olib keladi. Bunda tabiiyki, tezlikning kamayib borishiga kesimning a ko'rinishi b ko'rinishga qaraganda ko'proq ta'sir qiladi.

Odatda spiral kamerada tezlik quyidagicha formula bilan hisoblanadi:

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

bu erda  $K_s$  – tezyurarlik koeffitsientiga bog'lik bo'lib, 0,45 dan 0,2 gacha o'zgaradi.

Eslatib o'tish kerakki, har qanday spiral kamera faqat tegishli hisoblangan sarf uchun to'liq samara berib, sarfni o'zgartirganda uning qarshiligi hisoblangan harakat buziladi, bu esa FIK ga ta'sir qiladi. Tezlikni kamaytirib, yuqori bosim olish uchun chiqish oldida diffuzordan foydalanish yaxshi natija beradi.

**Yo'naltiruvchi apparat.** Yo'naltiruvchi apparat ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlikning radius bo'yicha kengayib borishi davomida suyuqlik kesimini aylana bo'yicha ham ortib borishga majbur qiladi. Natijada apparatdan o'tish davomida tezlik kamayib boradi. Yo'naltiruvchi apparatda suyuqlik zarrachalari to'g'ri chiziqli yo'nalishda og'ib, apparat parraklariga bosadi va uni ish g'ildiragi o'qi atrofida aylanishga majbur qiladi. Kuraksiz yo'naltiruvchi apparatlarda suyuqlikka radial tsunalishga yaqin tezlik berib bo'lmaydi. Shuning uchun bunday aparatlar kamroq qo'llaniladi. Parrakli yo'naltiruvchi aparatlarda esa suyuqlik zarrachalariga ish g'ildiragidan chiqqandagi tezlikdan tamom farqli tezlik beriladi. Bundan tashqari, kesimi o'zgar olmaydigan kuraksiz yo'naltiruvchi apparat nisbatan kurakli yo'naltiruvchi apparatda tezlikni ko'proq kamaytirib, kinetik energiyaning potentsial energiyaga ko'proq aylantirish mumkin.

Yo'naltiruvchi aparatning tuzilishi ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlikning haydash trubasiga kirishini osonlashtiradi.

**Ish g'ildiragi nazariyasi asoslari.** Ish g'ildiragi markazdan qochma nasosning asosiy ismini tashkil qilib, uning tuzilishiga asos bo'ladi. Yuqorida aytganimizdek, nasoslarda suyuqlikka markazdan qochma kuch yordamida kinetik energiyaning mumkin qadar ko'proq qismi potentsial energiyaga aylantiriladi.

Turbinalarda xam asosiy qism ish g'ildiragi bo'lib, u suyuqlik energiyasi yordamida xarakatga keladi. Bunda turbinadan o'tayotgan suyuqlik uning kuraklariga ma'lum kuch bilan bosim uni aylanma harakatga keltiradi. Bu xarakat esa generator rotorini aylantiradi. Gidravlika bo'limidagi kabi nasos va turbinadagi xarakatni xam bir o'lchovli xarakatga keltirib, ish g'ildiragidagi suyuqlik massasining xarakati elementar oqimcha xarakati kabi qaraladi.

Aytilgan usul bilan markazdan qochma nasos uchun tenglama 1755 yilda L.Eyler tomonidan chiqarilgan bo'lib, keyinchalik kurakli mashinalar nazariyasida asosiy tenglama deb yuritiladigan bo'ldi va turbinalar xamda boshqa turdagi kurakli mashinalarda xam ko'llanila boshladi. Eyer tenglamasi ish g'ildiragining geometrik va kinematik karakteristikalarini nasos hosil qilgan bosim bilan bog'laydi. Bu tenglama quyidagi ikkita masalani xal qilishga yordam beradi:

1) berilgan sarf va xosil qilinishi kerak bo'lgan bosim bo'yicha ish g'ildiraklari soni va uning o'lchamlarini topish;

2) berilgan ish g'ildiragi va valning aylanish soni bo'yicha sarf va hosil bo'ladigan bosimni xisoblash.

Tenglamani chiqarishda:

1. kuraklarning chekliligi xisobga olinmaydi;

2. kuraklar orasidagi kanallardan o'tayotgan suyuqliklar bir xil sharoitida oqadi deb qaraladi. Ana shunday yo'l qo'yishlar bilan hisoblanishiga qaramay natija juda to'g'ri chiqadi.

Endi, markazdan qochma nasos ish g'ildiragini xosil qiladigan bosimni hisoblaymiz. Buning uchun g'ildirak kanallaridan birini ko'ramiz. Suyuqlik so'rish trubasidan kanalga  $S_1$  tezlik bilan keladi. Nazariy hisobga yo'qotish kirmasligi uchun suyuqlikni kanalga «gidravlik zarbsiz» kiradi deymiz. Bu degan so'z, kirishdagi tezlik  $S_1$  ning kattaligi va yo'nalishi bo'yicha kanalning boshlanishidagi absolyut tezlikka, ya'ni aylanma tezlik  $u_1$  va kurakka nisbatan nisbiy tezlik  $w_1$  ning kattaligi va yo'nalish bo'yicha kanalning boshlanishidagi absolyut tezlikka, ya'ni aylanma tezlik  $u_1$  va kurakka nisbatan nisbiy tezlik  $w_1$  lardan tuzilgan parallelogramning diagonaliga teng. Kanaldan chiqishda suyuqlikning absolyut tezligi  $s_2$  aylanma tezligi  $u_2$ , nisbiy tezligi  $w_2$  bo'ladi. Kirishda bosim  $r_1$ , chiqishda  $r_2$  bo'lsa, u holda kanalning kirish va chiqish kesimlari uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

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

bu yerda;  $h_{12}$  – ikki kesim orasidagi gidravlik yo'qotish;  $H_k$  – kanaldagi harakat vaqtida markazdan qochma kuch hisobiga bosimning ortishi.

Bosimning energetik ma'nosini nazarga olsak,  $N_k$  markazdan qochma kuch hisobiga xosil bo'lgan energiyani bildiradi. Bu energiya kinetik energiyaning ko'p ortib, potentsial energiya (bosim energiyasi) ning kam ortishi, yoki potentsial energiya ko'p ortib, kinetik energiya kam ortishi ko'rinishida namoyon bo'ladi. Birinchi holda ish g'ildiragini aktiv, ikkinchi holda esa reaktiv deyiladi. Bunday bosimlardan turbinalarda ko'proq qo'llaniladi (aktiv va reaktiv turbinalar).



Aktivlikning chegarasi  $r_1 = r_2$  tenglikning bajarilishi, reaktivlikning chegarasi esa  $\frac{c_1^2}{2g} = \frac{c_2^2}{2g}$  ning bajarilishi bilan baxolanadi.

Markazdan qochma kuch hosil qilgan energiya  $z_1 - z_2$  masofada bajarilgan solishtirma (birlik og'irlikdagi suyuqlik uchun) ishga teng bo'ladi. Agar ish g'ildiragining burchak tezligi  $\omega$  bo'lsa, u holda og'irligi  $G$ , massasi  $m$  bo'lgan suyuqlik zarrasiga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuch  $m\omega^2 r$  yoki  $\frac{G}{g}\omega^2 r$  ga teng bo'ladi. U xolda  $r_2 - r_1$  masofada bajarilgan ish:

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

ga teng. Burchak tezligi  $\omega$  ning radius  $r$  ga ko'paytmasi aylanma tezlik  $u$  ga teng, shuning uchun

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

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

$A$  ni  $G$  ga bo'lib solishtirma ish yoki  $N_k$  ni topamiz:

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

Buni (4.14) tenglamaga qo'yib, quyidagi tenglikni olamiz:

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

Ish g'ildiragi kanaliga kirish oldidagi bosim:

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g}$$

G'ildirakdan chiqish ortidagi bosim:

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

U holda kirish va chiqishdagi bosimlar farqi quyidagicha xisoblanadi:

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

Bir xil indeksli hadlarni tenglikning ikki tomoniga gruppalasak, u holda quyidagi tenglamani olamiz:

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

Endi, (4.15) dan (4.16) ni ayirsak, ushbu munosabatga ega bo'lamiz:

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

Bu tenglikdan kirish va chiqishdagi bosimlar farqini topsak, u quyidagiga teng bo'ladi:

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

Ish g'ildiragi kanaliga kirish va undan chiqishdagi tezlik paralleogrammalaridan foydalansak:

$$\omega_1^2 = u_1^2 + c_1^2 + 2u_1c_1 \cos\alpha_1$$

$$\omega_2^2 = u_1^2 + c_2^2 + 2u_2c_2 \cos\alpha_2$$

Bularni qo'yib, ba'zi soddalashtirishlardan keyin quyidagini olamiz:

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

Shunday qilib, kirish va chiqishdagi bosimlar farqi yoki boshqacha aytganda suyuqlikning ish g'ildiragidan olgan bosimi munosabat orqali aniqlanadi va unga markazdan qochma mashinalarning asosiy tenglamasi yoki Eyler tenglamasi deyiladi. Bu tenglama xarakat miqdori momentlari teoremasidan foydalanib xam chiqarilishi mumkin.

Yuqorida keltirilgan eyler tenglamasi barcha kurakli mashinalar uchun umumiy bo'lib, bir qancha soddalashtirishlar kiritilgandan keyin olingan. Xaqiqatda esa, ish g'ildiragi kuraklari orasidagi harakat ancha murakkabdir. Shuning uchun (4.18) tenglama yordamida xisoblangan bosimga nazariy bosim deyiladi. Bu tenglamani nasosga qo'llaganda  $\alpha_1 = 90^\circ$  deb qabul qilish kerak, chunki odatda, suyuqlik so'rish trubasi va so'rish kamerasi orqali utib, ish g'ildiragi kanaliga radial yo'nalishda kiradi. Bu esa uning kanalga zarbsiz kirishini ta'minlaydi. Shu sababli eyler tenglamasi nasoslar uchun quyidagi ko'rinishda qo'llaniladi:

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

Bu tenglama nasos ish g'ildiragi suyuqlikka bergan bosimning nazariy tenglamasi yoki markazdan qochma nasoslarning asosiy tenglamasi deb ataladi. Bu tenglamada  $u_2$  aylanma tezlik  $c_2 \cos\alpha_2$  esa absolyut tezlikning aylanma tezlik yo'nalishiga proektsiyasi ekanligini nazarda tutish kerak. asosiy tenglamadan ko'rinib turibdiki,  $u_2$  va  $c_2$  faqat bosimga bog'liq bo'lib, nasosdan o'tayotgan suyuqlik miqdoriga bog'liq emas. Keltirilgan tezlik paralleogrammidan foydalanib,  $S_2$  ni yo'qotish mumkin. Nasos g'ildiragi kuragining chiqishdagi yo'nalishi (yoki chiqishdagi nisbiy tezlik yo'nalishi) aylanma tezlik yo'nalishi bilan  $\beta_2$  burchak xosil qiladi. Tezlik paralleogrammidan ko'rinadiki  $u_2$  bilan  $c_2$  o'rtasidagi quyidagi munosabat mavjud:

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

Bu tenglikni qo'ysak, ushbu ko'rinishga keladi:

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

Oxirgi tenglamadan ko'rinadiki, nasosning nazariy bosimi ish g'ildiragi aylanishlar sonining kvadratiga proporsional (chunki,  $\pi d_2 n$ ) va kuraklar shakliga bog'liq ekan. Bunda uchta holni ko'rish mumkin:

1. Kuraklar ish g'ildiragi aylanishi tomoniga egilgan, ya'ni:  $\beta_2 > 90^\circ$  va  $\cos \beta_2 < 0$ . Bu xolda tenglamada qavs ichidagi miqdor 1 dan katta:

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

2. Kuraklar ish g'ildiragi aylanishiga teskari egilgan, ya'ni  $\beta_2 < 90^\circ$  va  $\cos \beta_2 < 0$ . Bu xolda qavs ichidagi miqdor 1 dan kichik:

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

3. Kuraklar radial yo'nalishga ega, ya'ni  $\beta_2 < 90^\circ$  va  $\cos \beta_2 < 0$ . Bu holda qavs ichidagi miqdor birga teng:

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

Ko'rinib turibdiki, nazariy bosimning eng katta qiymati kuraklar ish g'ildiragi aylanishi tomoniga egilganda bo'lib, eng kichik qiymat teskariga egilganda buladi. Lekin  $\beta_2$  ning qiymati ortgan sari gidravlik yo'qotishlar ortib, nasosning gidravlik FIK i kamayib ketadi. Shuning uchun amalda nasoslarda nazariy bosim kam bo'lishiga qaramay  $\beta_2$  ni  $90^\circ$  dan kichik qilib olinadi. Amalda eng ko'p qo'llaniladigan burchaklar  $16^\circ$  dan  $40^\circ$  gacha qiymatlarda qabul qilinadi. Albatta  $\beta_2$  ning kichrayishi ish g'ildiragining reaktivligini oshiradi. Bu esa turbinalar nazariyasida qo'l keladi va aylanish sonining ortishiga sabab bo'ladi. Nazariy bosimni xisoblashda bir qancha soddalashtirishlar kiritilgan. Ish g'ildiragiga kirish va undan chiqish davomida parraklar orasidagi kanalning kengayib borishidan, kuraklar egriligining ortishi natijasida tsirkulyatsiya xosil bo'ladi. Buning natijasida 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 ana shu bosimga amaliy bosim deyiladi va  $N_2$  bilan belgilanadi.

Amaliy bosimning nazariy bosimga nisbati nasosning gidravlik foydali ish koeffitsientini beradi:

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

Gidravlik FIK 0,8 bilan 0,95 urtasida o'zgardi va yu'orida aytilgan sabablarning ta'siriga qarab turli qiymatlarni qabul qiladi. SHunday qilib:

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

yoki gidromashinalar uchun bu tenglamani quyidagi umumiy ko'rinishda yoziladi:

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

Yuqorida keltirilgan bosim tenglamalariga ish g'ildiragidagi kuraklar soni kirmaydi. Xaqiqatdan esa kuraklar sonining ko'p yoki kam bo'lishiga qarab, ular orasidagi kanal turlicha bo'ladi. Bu esa o'z navbatida bosimga ta'sir qilmay qolmaydi. (4.21) tenglik yordamida xisoblangan bosim kuraklar soni cheksiz ko'p bo'lgan xolga to'g'ri keladi, chunki u kanallarda oqayotgan suyuqlikning barcha

zarralari bir xil traektoriya bo'yicha xarakat qilgan xoli uchun o'rinlidir. Kuraklar sonini bosim tenglamasiga kiritish yo'li bilan nasosning foydali bosimi uchun tenglama olish mumkin:

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

bu erda:  $\varepsilon$  - nasos kuraklari soni chekliligini xisobga oluvchi koeffitsient bo'lib, u 0,6 – 0,8 ga teng.

### **O'qiy va markazdan qochma nasoslarning qo'llanilish soxalari**

Markazdan qochma va o'qiy nasoslarning o'lchamlarini hamda aylanish sonini o'zgartirishi yo'li bilan ularning sarfi, bosimi va quvvatini juda keng chegaralarda o'zgartirishga erishish mumkin. Shuning uchun bunday nasoslarning qo'llanilish soxalarini xarakterlashni ularning barcha ko'rsatkichlarini umumlashtiruvchi yagona bir ko'rsatkichga keltirish orqali amalga oshirish mumkin. Kurakli nasoslar uchun bunday ko'rsatkichlar ichida eng ko'p qo'llaniladigani tezyurarlik koeffitsienti xisoblanadi. Tezyurarlik koeffitsienti, boshqacha aytganda solishtirma aylanish soni deb shunday aylanish soniga aytiladiki, u bosim bir metr ( $N - 1m$ ) bo'lganda nasos berayotgan suyuqlikka bir ot kuchi (0,735 kVt) ga teng energiya berishga imkon beradi va  $n_s$  xarfi bilan belgilanadi.

Shunday qilib, tezyurarlik koeffitsientidan nasosning suyuqlikka bergan energiyasini baxolash uchun foydalaniladi va shu yo'l bilan turli nasoslarni bir – biriga taqqoslashga imkon beradi.

O'xshashlik nazariyasi yordamida tezyurarlik koeffitsientini hisoblash uchun quyidagi formula keltirib chiqarilgan:

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

Tezyurarlik koeffitsienti nasosning turini aniqlashga yordam beruvchi universal ko'rsatkich bo'lib, u bir yo'la uchta asosiy xarakteristika (aylanish soni, sarf va bosim) ni o'z ichiga oladi.

Bu koeffitsientning miqdoriga qarab nasos kuraklarining tuzilishi, konstruktsiyasi bir – biriga o'xshash bo'ladi.

Tezyurarlik koeffitsientining qiymatiga qarab nasoslar quyidagicha klassifikatsiyalanadi:

Markazdan qochma nasosning turi	
40 ... 80	Sekinyurar
80 ... 150	O'rtacha
150 ... 300	Tezyurar
300 ... 600	Vintli (diagonal')
600 ... 1200	O'qiy (parrakli)

Yuqoridan ko'rinib turibdiki, tezyurarlik koeffitsientiga qarab nasoslarning ish g'ildiragi va qanotlarining tuzilishini aniqlash mumkin. Tezyurarlik koeffitsientining kichik miqdorlariga sekinyurar, o'rtacha va tezyurar markazdan qochma nasoslar to'g'ri kelsa, uning katta qiymatlariga diagonal' va o'qiy nasoslar to'g'ri keladi.

Tezyurarlik koeffitsienti kichik markazdan qochma nasoslar yuqori bosim xosil qila oladi. Lekin sarfi kichik bo'ladi. Shuning uchun katta sarf kerak bo'lib, bosimning yuqori bo'lishi shart bo'lmagan yerlarda katta tezyurarlik koeffitsientiga ega bo'lgan (o'qiy) nasoslar aq'ullaniladi.

Suyuqlik ishtirokida harakat uzatadigan mexanizmlarga gidravlik uzatmalar deyiladi.

Qo'llanilish printsipiga qarab gidravlik uzatmalar hajmiy va gidrodinamik turlarga bo'linadi.

Hajmiy gidravlik uzatmalar Hajmiy nasoslar yordamida ishlaydi. Bunday uzatmalarda energiya boshqaruvchi valdan suyuqlik orqali statik bosim sifatida uzatilib, gidrodvigatelni ishga tushiradi.

Hajmiy gidravlik uzatmalarda boshqaruvchi valga energiya statik bosim ko'rinishida berilgani sababli uni ko'pincha gidrostatik uzatma ham deyiladi.

Gidrodinamik uzatmalar parrakli gidromashinalar yordamida ishlaydi. Bu erda ish g'ildiraklarining parraklari yordamida suyuqlikka berilgan dinamik bosim energiyasidan foydalaniladi. Gidrodinamik uzatmalar ba`zan turbouzatma deb xam 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 uzatmalarda hamma quvvat gidravlik g'ildiraklar orqali uzatiladi. Ikki oqimli gidrodinamik uzatmalarda esa dvigatel' quvvatining bir qismi gidravlik gildiraklar orkali, ikkinchi qismi esa mexanik yul bilan uzatiladi. Gidrodinamik uzatmaning xarakat printsipini quyidagi sodda sxemada tushuntiramiz.

Nasos g'ildiraklarni aylantirishi 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 yopiq xarakati nasos va turbina g'ildiraklaridagi aylantiruvchi momentning uzatilishini ta`minlaydi.

Aylanish momentining uzatilish usuliga qarab gidrodinamik uzatmalar ikkiga bo'linadi:

- 1) gidromuftalar
- 2) gidrotransformatorlar

Mashinalarda gidromufta va gidrotransformatorlar aloxida va turli kombinatsiyalarda qo'llanilishi mumkin, ya`ni gidromufta va gidrotransformator, gidromufta xamda ikki yoki uchta gidrotransport va boshqalar bilan birgalikda ishlatiladi. Gidrodinamik mufta yoki turbomufta ko'rsatilgan.

Nasos va turbina g'ildiraklari shtaplangan yarim shar shaklida tayyorlanadi. Nasos va turbina g'ildiraklaridagi kuraklar ko'pincha ikki sirtga radial joylashtirilgan bo'ladi.

Nasos g'ildiragining aylanishi natijasida markazdan qochma kuch suyuqlikni strelka yo'nalishida xarakat qilishga majbur qiladi. Suyuqlik turbina g'ildiraklariga o'tganidan so'ng uni xarakatga keltirish, kamaygan energiya bilan yana nasos g'ildiragiga qaytib keladi. Turbina g'ildiragining xarakati esa etaklanuvchi valga beriladi.

Gidromuftalar uzatish soni 1 ga teng bo'lgan gidrouzatmalarda ishlatiladi. Agar uzatish soni 1 dan farqli bo'lishi zarur bo'lsa, u xolda har xil o'lchamli nasos va turbina qo'llaniladi. Turbina va nasoslarning o'lchamlari xar xil bo'lgani sababli yo'naltiruvchi apparat qo'llash zarurati tug'iladi. Bunday qurilmaga gidrotransformator deyiladi.

Gidrotransformator dvigatel' yordamida harakatga keltiriluvchi nasos g'ildiragi 1 ish suyuqligini turbina g'ildiragi 2 ga yo'naltiradi. energiyani turbinaga berib, suyuqlik qo'zgalmas kurak 3 li yo'naltiruvchi apparat orkali nasosga qaytadi. Yo'naltiruvchi apparatning qo'zgalmas kuraklari nasos va turbina orasidagi suyuqlikning harakat miqdori momentini o'zgartiradi. Natijada turbinaning aylanish momenti va burchak tezligi mos ravishda o'zgaradi.

Gidrodinamik uzatmalar katta energiya sig'imiga ega bo'lib, kinetik imkoniyatlari deyarli cheklanmaganligi tufayli ular mashinasozlik texnikasining turli soxalarida keng qo'llanilmoqda.

Bunda dvigatel' bilan kuch uzatmasi orasida fikr bog'lanish yo'qligi sababli dvigatel' va uzatma qismlari zarbga uchraydi. Gidravlik uzatmalar mashinani turgan joydan siljishida va tezlikni o'zgartirish natijasida hosil bo'ladigan keskin siljinishlarni keskin kamaytiradi, bu esa mashinaning chidamliligini oshiradi, xizmat qilish vaqtini uzaytiradi.

Hijmiy gidrouzatmalar hajmiy gidromashinalar yordamida mexanik energiyani uzatish va o'zgartirish uchun mo'ljallangan. Hajmiy nasos va gidrodvigateldan tuzilgan qurilma hajmiy gidrouzatmaning printsiptial asosi xisoblanadi.

Hozirgi vaqtda metalga ishlov beradigan deyarli xamma zamonaviy stanoklar hajmiy gidrouzatma bilan ta'minlangan. Shuningdek, paxta zavodlarida tola toylovchi gidroresslar xam gidrouzatmalar yordamida harakatga keladi.

Porshenli gidrouzatmaning sxemasi – nasos porshen' 1 ning ilgarilanma – qaytma xarakatini kuch tsilindridagi porshen' 2 ning ilgarilanma – qaytma xarakatiga aylantiruvchi qurilmaning printsiptial sxemasi ko'rsatilgan. Porshen' 1 strelka a bilan ko'rsatilgan yo'nalishda harakat qilganda suyuqlik kanal 3 bo'ylab keladi va porshen' 2 ni bosadi va uni v strelka bilan ko'rsatilgan yo'nalishda siljitadi. Porshen' 2 ning boshqa tomonidagi tsilindrda bo'lgan suyuqlik kanal 4 dan chiqib ketadi. Porshen' 1 strelka v yo'nalishi bo'ylab harakat qilganda porshen' 2 va u bilan bog'lik bo'lgan stol teskari yo'nalish bo'yicha xarakat qiladi.

### **Gidrouzatmalarning qo'llanilish soxalari**

Ko'pincha, mashinalar orasida mexanik energiyani uzatish zarurati tug'ilganda ularning xarakteristikalari mos kelmaydi, natijada mashinalar tejamsiz rejimda, zo'riqib yoki to'la yuklanmasdan ishlaydi. Gidrouzatmalardan foydalanish yo'li bilan mashinalarning xarakteristikalarini moslab ishlatishga erishish mumkin. Lekin bu holda uzatma murakkablashadi va energiya sarflanishi ko'payadi.

Shuning uchun gidravlik uzatish orqali xarakteristikalarni moslash bilan bog'lik bo'lgan qo'shimcha yo'qotishlar ungacha bo'lgan umumiy yo'qotishlarga nisbatan kam bo'lsa, gidrouzatmalardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Bundan tashqari, aylanishlar sonini ravon o'zgartirish zarur bo'lganda va kuch uzatishni avtomatlashtirishda gidrouzatmalardan foydalanish qulaydir.

Gidrouzatmalardan dvigaellarni xavfli zo'rikishdan saqlashda va turli mashinalarda aylanishlar sonini o'zgartirishda foydalaniladi. Sozlanmaydigan gidromuftalar burovchi momentlarni ravon uzatish yo'li bilan mashinalarni xavfli zo'riqishdan saqlashda ishlatiladi. Sozlanadigan gidromuftalar esa saqlagich vazifasini bajarishdan tashqari, turli mashinalarning aylanish sonini sozlashga xam yordam beradi.

Ular ayniqsa o'zgaruvchan tokda ishlaydigan, sozlanmaydigan elektr dvigatellaridan xarakat oluvchi mashinalarning aylanish sonini o'zgartirishda qo'l keladi.

Gidrotransformatorlar o'zgaruvchan tok elektr dvigatellari gaz turbinalari, karbyuratorli ichki yonuv dvigatellari va dizel' dvigatellari bilan uyg'unlashgan holda ishlaydi.

### **Nazorat savollari**

1. Gidrouzatmalarning qo'llanilish soxalari aytib bering.
2. Nasosning unumdorligi deb nimaga aytiladi
3. Nasos dvigateliga kerakli quvvat qanday aniqlanadi.
4. Nasosning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan to'liq FIK qanday aniqlanadi.

### **Tayanch iborlar.**

Klapan, markazdan qochma nasos, hajmiy, tezlik, zadvijka, suyuqlik, bosim, energiya, hajmiy gidrouzatmalar, quvvat, parametrlari, FIK markazdan qochma va o'qiy nasoslar, tezyurarlik, kurak gidrouzatma.

## **15-mavzu. Diafragmali nasoslar. Diafragmali nasoslarning tuzilishi va ishlash printsiplari. Rotorli nasoslarning tuzilishi va ishlash printsiplari.**

Ximiyaviy aktiv suyuqliklarni va qattiq modda zarrachalari ara-lashgan suyuqliklarni so'rish uchun porshenli nasoslarning maxsus tur-lari ishlatiladi. Bunday nasoslarning eng tarqalgan turi diafragmali yoki membranali nasosdir (2.35-rasm). Bu nasoslar ishlash printsiplari bo'yicha oddiy bir harakatli plunjerli nasoslarga o'xshaydi va sus-penziyalar hamda metall qismlarning yemirilishiga katta ta'sir qiluvchi aktiv suyuqliklarni so'rishda ishlatiladi. Nasosning tsilindri 1 va plunjeri so'rilayotgan suyuqlikdan elastik to'siq 3 — diafragma (memb-rana) 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. Natijida 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 tsilindr 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 ish-lanadi yoki kislotaga chidamli moddalar bilan qoplanadi.

Bu nasoslarning indikator diagrammasi va so'rish grafigi porshenli nasoslarnikiga o'xshash bo'ladi. Nasosga be-rilgan quvvatning bir qismi (yuqorida aytilgan sarflardan tashqari) diafrag-maning elastiklik kuchini yengishga sarf bo'ladi. SHuning uchun FIK ham kamroq bo'ladi. Diafragmani elastikligi kichik materialdan tayyorlab, bu yo'qotishni kamaytirish mumkin.

### **ROTORLI NASOSLAR. Rotorli nasoslarning tasnifi, umumiy xossalari va qo'llanilishi**

Hajmiy rotorli nasoslar — shesternyali, vintli, plastinkali (shi-berli) va porshenli turlarga bo'linadi. Hajmiy rotorli nasoslar o'zga-ruvchan sarfli sarfi boshqariladigan va o'zgarmas sarfli (sarfi boshqa-rilmaydigan) bo'lish mumkin.

Bu turdagi nasoslarning sarfi ish bo'shlig'i kattaligiga va ro-torning aylanishlar soniga bog'liq; nasos elementlarining puxtaligi (chidamliligi) bosim yo'lidagi qarshilikka mos bo'lishi kerak. Agar bo-sim yo'lidagi berkitkich 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 avto-nom qurilma sifatida, shuningdek, gidroyuritmalar tarkibida suyuq-likni harakatlantiruvchi yoki suyuqlikka kerakli energiya bosim beruvchi nasos holda va harakatlanayotgan suyuqlik orqali o'zi harakat olib energiyasini boshqa mashinalarga qurilmalarga uzatuvchi gidrodviga-tellar 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  $0,95 \div 0,98$  bo'ladi.

TSilindrlari umumiy blokka birlashtirilgan ko'p tsilindrli nasos-lar rotorli-porshenli nasoslar deyiladi. Porshenni harakatga keltirish usuliga qarab aylanuvchi va qo'zg'almas blokli-rotorli porshenli mashinalar mavjud. TSilindrlar blok o'qiga nisbatan radial yoki aksial joylashishi mumkin. Agar blokda tsilindrlar radial joylashgan bo'lsa — bu nasoslar radial-porshenli deyiladi. Gidromashina blokida tsilindr-lar aksial joylashgan bo'lsa — aksial-porshenli nasoslar bo'ladi. Ko'p-chilik 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 mexa-nizmlarning inversiyasi tashkil qiladi. Bu nasoslar gidrouzatmalarda, metallga ishlov berish stanoklariga moy uzatishda, ichki yonuv dviga-tellariga yoqilg'i, surkov moyi, stanok keskichlariga soviguvchi suyuqlik uzatishda ishlatiladi. Rotorli gidromashinalar

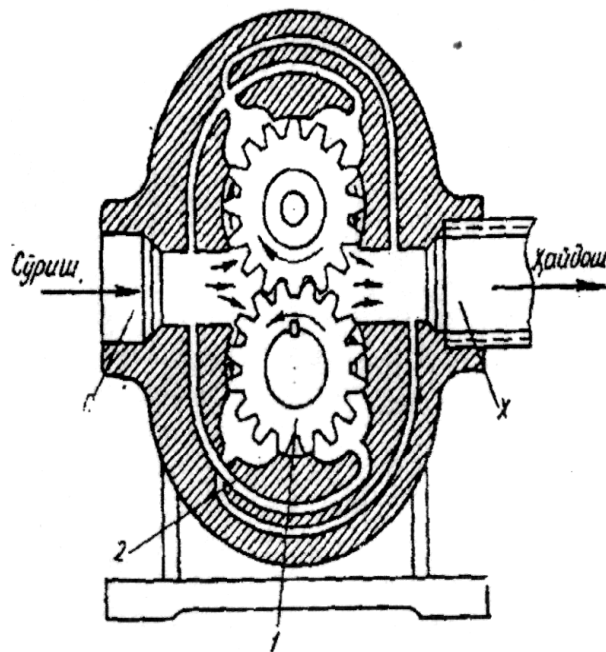


tarkibiga kiruvchi ro-torli-plastinkali, shesterniyali, vintli, rotorli-porshenli (radial va aksial joylashgan tsilindrli) nasoslarning konkret ishlatilish joylari to'g'risida keyinroq to'xtab o'tiladi.

### Rotorli nasoslarning tuzilishi va xossalari

#### a) SHesterniyali nasoslar

SHesterniyali nasoslarning tuzilishi juda sodda. Oddiy shesterniyali nasoslarning asosiy ish detallari ikkita bir xil shesterniya 1 dan iborat bo'lib (2.36-rasm), ular o'zaro ilashgan va korpus 2 ichiga joylashtirilgandir. Yetaklovchi shesterniya harakatni dvigateldan oladi. Nasosda ikki-ta qopqoq bo'lib, ularda yetaklovchi va yetaklanuvchi valiklar podshipnik va sal'niklar bilan ta'minlangan. Nasos korpusida ikkita teshik bo'lib, bittasi (S) so'rish teshigi shesterniya tishchalari o'zaro ajralayotgan tomonda, ikkinchisi (H) haydash teshigi teskari tomonda (tishchalar birikayotgan tomonda) bo'ladi. Nasosning ishlash printsipti quyidagicha. Yetaklovchi val o'zida o'rnatilgan shesterniyasi bilan dvigatel yordamida harakatga keltiriladi, yetaklanuvchi shesterniya esa undan aylanma harakat oladi. SHesterniyalar 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 ro'y 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. SHesterniyali nasoslar ishqayotganda tishlar orasidagi chuqurchalarda katta bosim vujudga kelib, u valik va nasos tayanchiga beriladi. 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. SHesterniyali nasoslar tashqi va ichki ilashuvchi qilib yasaladi. Tashqi ilashuvchi nasoslar ko'p ishlatiladi. Ichki ilashuvchi kompakt nasoslar kichik qurilmalarda ishlatiladi. SHesterniyali nasoslar hosil qilgan bosimiga qarab past ( $10 \text{ kG/sm}^2$  gacha), o'rtacha ( $30 \text{ kG/sm}^2$  gacha) va yuqori ( $100 \text{ kG/sm}^2$ ) 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.

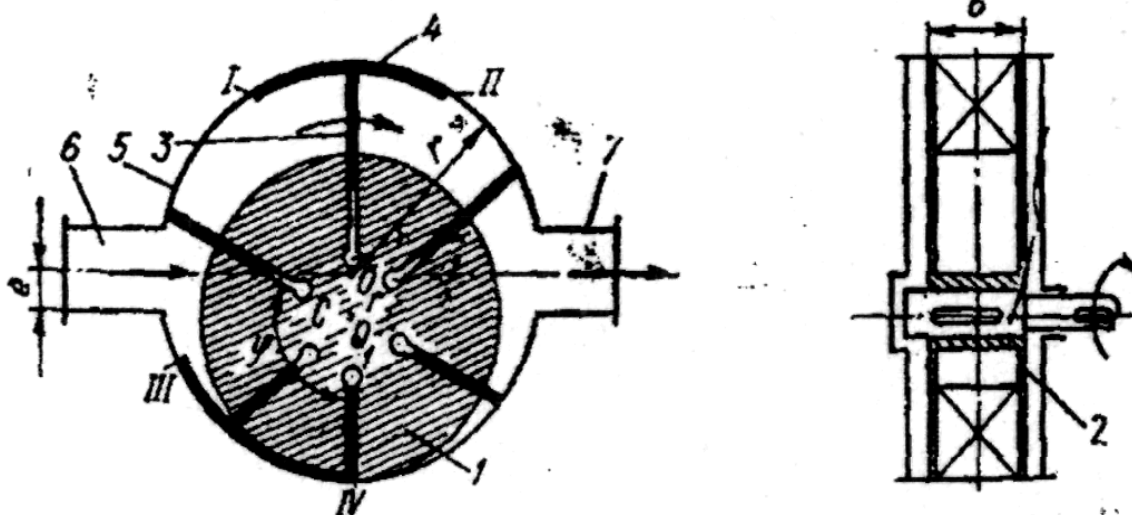


42 – rasm. SHesterniyali nasoslar

Yuqori bosimli nasoslar stanokning ichki organiga katta kuch uzatish lozim bo'lgan gidrouzatmalarda qo'llanadi. Shesternyali nasos 2, 3, 4 va hatto 5 shester-nyali 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 chiqa-rila boshladi. Yon chetdagi tirqishlarni gidravlik kompensatsiyalash uchun vtulka kuchli ishqalanish va yedirilish hosil qilmaydigan qilib shester-nyaga mahkam siqib qo'yiladi. Bundan tashqari, yon qistirmalardan foyda-lanib yon chet tirqishlarni kichraytirish usulidan ham foydalaniladi. Bu qistirmalar elastik devorli katakchalarga ega bo'lib, shayba holda shesternya bilan nasos korpusi orasiga qo'yiladi. Nasos ishlayotganda devordagi tirqishlardan qistirma katakchalari moyga to'latiladi. Bosim ostida katakcha to'siqlari deformatsiyalanadi va tirqishlardan moy mos shesternya yonlariga keladi.

### b) Plastinkali (shiberli) nasoslar

43-rasmda oddiy rotorli-plastinkali nasosning tuzilishi ko'rsa-tilgan. Rotor 1 nasos korpusida bir-biriga mahkam siqilgan disklar 2 orasiga joylashtirilgan. Nasosning tsilindrik korpusi ichida aylanuvchi baraban bo'lib, uning o'qi korpus o'qiga nisbatan ye masofaga yoki ekstsent-ritetga siljigandir. Rogor radiusiga tomon ozgina qiyalashgan yoki ra-dial joylashtirilgan uyachalarda plastinkalar (shiberlar) 3 o'rnatilgan, Statorga taqalgan va rotor bilan birga aylanadigan plastinkalar stator-ning ichki tsilindrik yuzasi bo'ylab sirpanadi hamda rotorga nisbatan ilgarilanma



43 – rasm. Plastinkali nasoslar

qaytma harakatda bo'ladi. Rotor ekstsentrik joylashgani sababli rotor bilan stator orasidagi bo'shliqning hajmi kattalashadi.

Natijada bosim kamayib, moy bo'shlikni 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 siljiriladi.

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 pul'slanuvchi bo'lib, eng kam so'rish — na-sos 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 na-sosning sarfi kamayib borib, plastinkalar eskirganda minimumga yetadi. Suyuqlik so'rishning pul'slanishini 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 moy-ning 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 pod-shipniklarga tushadigan bir tomonlama katta zo'riqishning mavjudligidir. Bu kamchilikni yo'qotish uchun ikki harakatli rotorli-plastinkali nasoslar qo'llaniladi. Ularda rotor va podshipniklar ortiqcha zo'ri-qishsiz 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 shunday 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 ( $70 \text{ at } 7 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$  gacha) moy va boshqa suyuqlik-larni uzatishda ishlatiladi. Bu moy va suyuqliklar nasosning harakatlanuvchi qismlarini moylovchi va nasos ichki yuzalaridan korroziyani yo'qotuvchi vazifasini ham o'taydi. Plastinkali nasoslardan benzonasos sifatida, metall kesuvchi stanoklarda, aviatsiyada ham foydalaniladi.

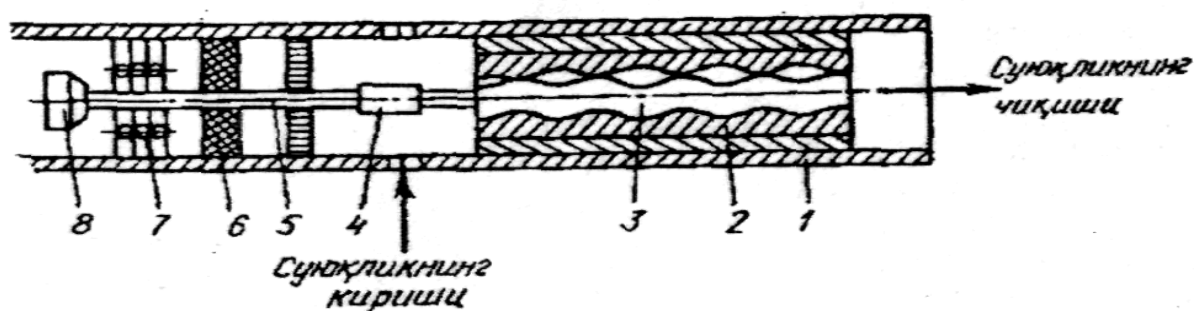
#### **v) Vintli nasoslar**

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 hajmi nasoslarning hamma afzalliklari (yuqori bosimda uzatilayotgan suyuqlikning juda kam aralashishi va katta so'rish balandligi) ni mujassamlashtirganlar. Undan tashqari, plunjer-li 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'l-gani uchun inertsiya ta'siri bo'lmaydi, natijada so'rish yaxshilanadi. Bu nasoslar ixcham, yengil, sodda tuzilgandir. Bir vintli nasoslar mamla-katimizda ko'mir shaxtalaridan ifloslangan suvlarni tortib olishda, hovzalardan neftni so'rishda quduqlardan suv tortishda va achitqilarni tashishda ishlatiladi.

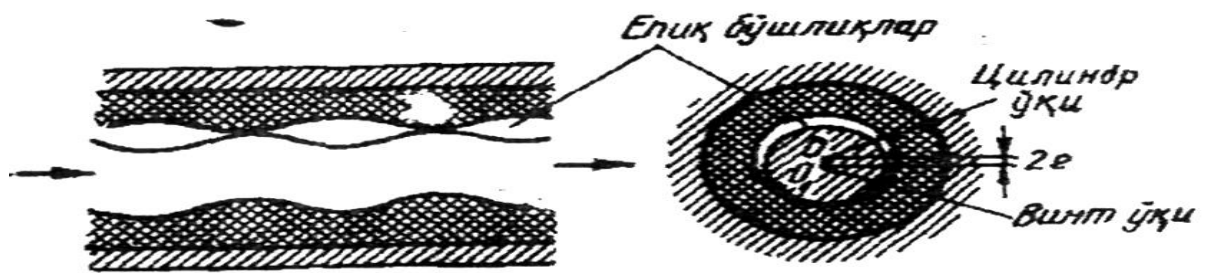
Bir vintli nasoslarning (44- rasm) ishlash printsipti quyidagicha. Ichki tomoni vint shaklida profillangan tsilindrda vint aylanadi. TSilindr o'ziga xos profili bo'lgani va vintning aylanishi sababli suyuqlikning cheksiz harakati vujudga keladi. TSilindrning ichki vint-simon yuzasi va vint yuzasi orasida yopiq bo'shliqlar yoki hajm hosil bo'ladi. 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 tsilindrning haydash tomoniga harakatlana boradi. Har bir bo'shliq ma'lum hajmdagi suyuqlikni olib chiqadi. Vintning bir to'liq aylanishidagi suyuqlik tsilindr bo'yicha birqadam uzunlikka siljiydi va o'zgarmas kesimdan to'kiladi. Yopiq (2.39- rasm) bo'shliqlarning siljishi natijasida bosim so'rish bosimi  $r_s$  dan haydash bosimi  $r_x$  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 bajaradi. Yetakla-shuvchi vintlar uzatilayotgan suyuqlikning bosimi ta'sirida aylanadi, shuning uchun foydalanish davrida vintlar



44 – rasm. CHo'ktirma bir vintli nasoslarning sxemasi

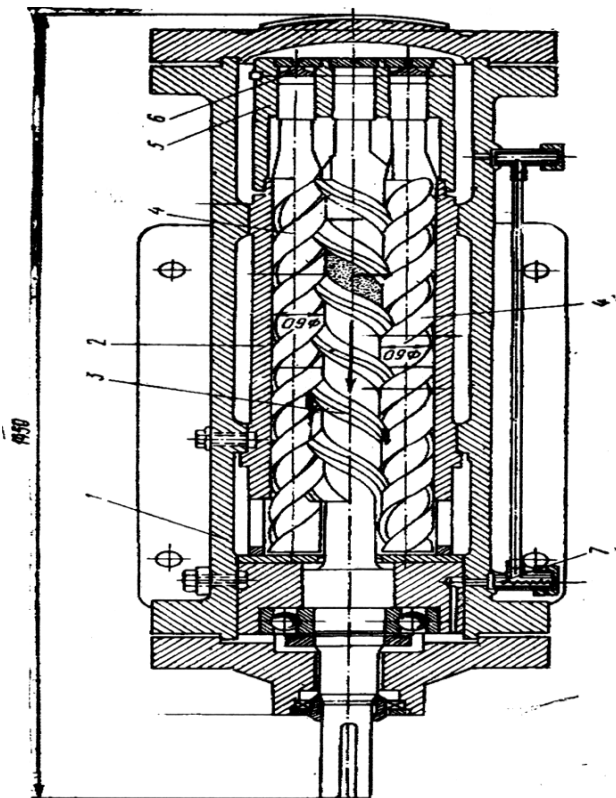
tez ishdan chiqmaydi, yeyil-maydi va ishonchli



45 – rasm. TSilindr vint jufti

bo'ladi. Yetaklovchi vintlar zichlagich rolini o'tab, uzatish kamerasidan so'rish kamerasiga suyuqlikning qaytib tushishiga to'sqinlik 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 porshenъ 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.

45-rasmda 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 porshenъ 7, bo'shatuvchi stakanlar, podshipnik vtulkasi, salъnik va quyish trubasi bor. Korpus 1 qopqoq 2 bilan yopiladi va asosga maxsus tiragichlar hamda flanelslar 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 printsipi 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 hosil bo'ladi, natijada suyuqlik so'rish trubasidan so'rish kamerasiga tushib, vint chuqurchasini to'ldiradi: bu japyon cheksiz davom qiladi va nasos ishining uzluksizligini saqlaydi.



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  $4\text{--}7\text{ kg/sm}^2$  dan  $200\text{ kg/sm}^2$  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 bosimlar uchun  $z = 3h$  va yuqori bosimlilar uchun  $z = 5h$  deb qabul qilingan (bunda  $h$  —vint qadami).

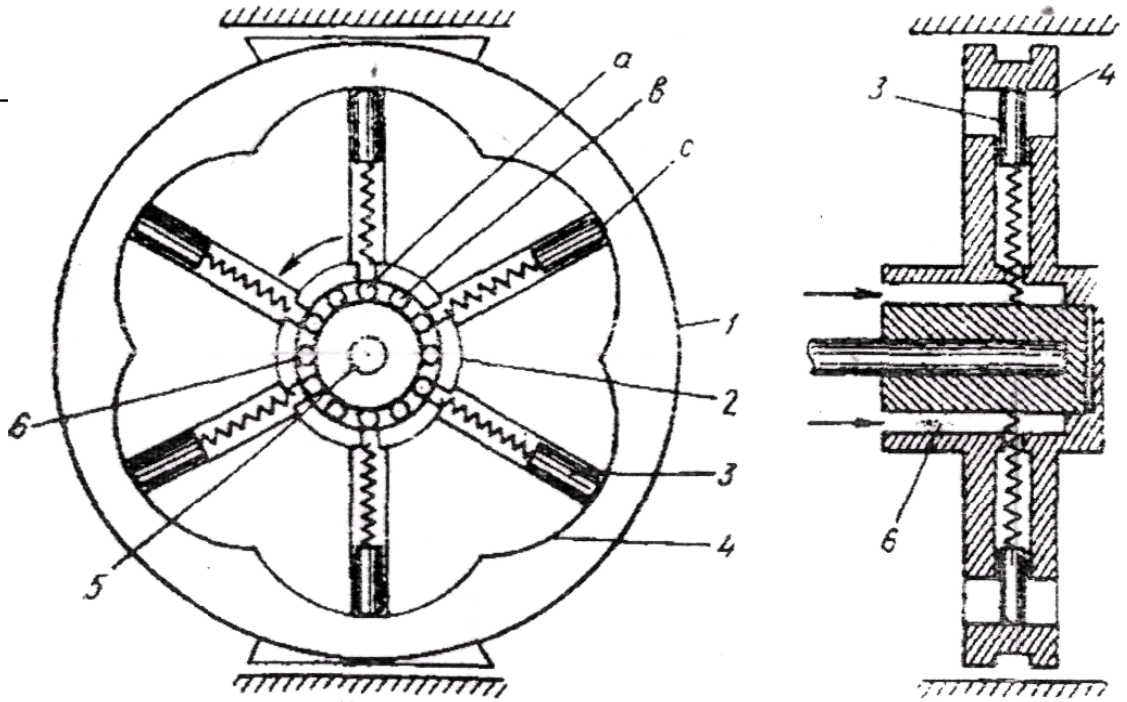
## 2) Radial-porshenli nasoslar

Bu nasoslar 2 gruppaga:

a) tsilindrlari radial joylashgan va b) aksial bo'lgan gruppalariga bo'linadi.

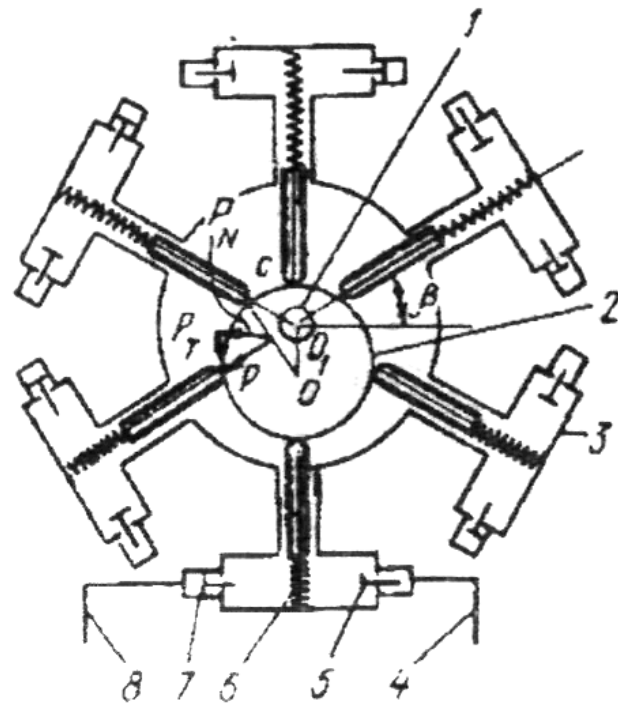
Radial-porshenli nasos rotor, 2, doiraviy yo'naltirgich 4 li stator 1 va porshenlar 3 dan iborat (47-rasm). Rotor qo'zg'almas o'q 5 atrofida aylanadi. Porshenlar ilgarilanma qaytma harakat qilib, o'z tsilindrlaridan chiqib prujina yordamida yo'naltiruvchi 4 ga tomon qattiq ita-riladi. Rasmdagi shtrixlangan qism teshik 6 dan suyuqlik bilan to'ldiriladi, tsilindrning ish hajmi kichraygan paytda — teshikdan suyuqlik haydab chiqariladi. Bu nasosning ikkinchi turi ekstsentrik-plunjerli nasos bo'lib, ularda aylanayotgan ekstsentrikning yuzasiga porshenlarning shtoki tashqaridan tegib o'tadi. Bu nasosda plunjer ilgarilanma-qaytma harakatni ekstsentrik 2 dan oladi. U val 1 ga o'rnatilgan (47- rasm).

2.42-



47- rasm. Radial-porshenli nasos.

Prujina 6 ta'sirida plunjer nasos vali tomoniga harakatlanayotgan payt-da tsilindr 3 dagi bo'shliq plun-jerdan ajralib, siyraklanish hosil qiladi. So'rish klapani 5 ochilib, so'rish trubasi 4 dan tsilindrga suyuq-lik kiradi. Nasos tirsakli vali 2 ning aylanishida ekstsentrik plun-jer shtokiga ta'sir qilib, tsilindr-dagi suyuqlikni bosadi va uni klapan 7 orqali bosim yo'li 8 ga siqib chiqaradi. Bitta ekstsentrik bir nechta ish tsilindriga xizmat qilishi mum-kin, agar ular ekstsentrik atrofida joylashgan bo'lsa, valda bir nechta ekstsentrik joylashishi mumkin: bu holda ular teng sonli bir



qator joylashtirilg

an ts



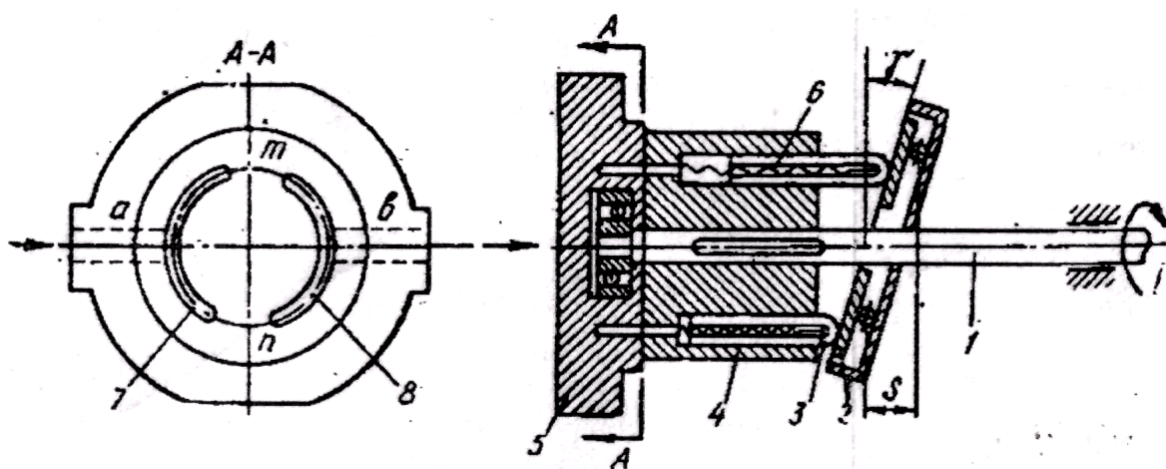
ilindrlarga xizmat qiladi. Radial-porshenli nasoslar 200 at. dan 1000 at. gacha bosim hosil qila oladi; ularning unumi 800 l min va quvvati 155 kVt ga yetadi.

### Aksial-porshenli nasoslar

Aksial-porshenli nasoslarda porshenli tsilindrlar aylanish o'qiga parallel joylashgan bo'ladi (49-rasm).

Nasosda rotor rolini tsilindrlardan 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 tsilindr-larda kanal  $a$  dan taqsimlanadi. Kanal  $v$  dan haydaladi. Porshencha-larning  $n$  holatdan  $t$  ga o'tishi, so'rishning  $t$



49- rasm. Aksial-porshenli nasos.

holatdan  $p$  ga o'tishi haydashni bildiradi Porshenning yo'li disk 2 ning gorizont bilan hosil qilgan burchagi  $\gamma$  bilan aniqlanadi. Odatda, tsilindrlar bloki aylanadi, taqsimlash qurilmasi esa qo'zg'almasdir.  $\alpha \cong 0$  bo'lib, blok 4 aylanayot-ganda, yotiq shayba (disk) 2 va shatun yoki prujina 6 yordamida porshenlar 3 tsilindr ichida ilgarilanma-qaytma harakatlanadi. Taqsimlash diski 5 dan uzoqlashgan porshenlar suyuqlikni so'radi, unga yaqinlashganda esa suyuqlikni haydaydi. TSilindrlarga suyuqlikni keltirish va olib ketish tsilindrlar bloki chetidagi teshiklar orqali bajariladi. Teshikchalar taqsimlagich 5 da joylashgan o'roqsimon taqsimlash tuynukchalari 7, 8 bilan ketma-ket ulanadi. Porshenlar chetki nuqtalarga yetganda tsilindr teshiklari 7 va 8 tuynukchalar orasiga to'g'ri kelib, so'rish va haydash yo'llarini bir-biridan ajratib qo'yadi. TSilindrning haydash bo'shlig'i bilan tutashgan vaqtidagi qayta oqim zarba kuchining ta'sirini kamaytirish maqsadida tuynukchalar oxirida ensiz ariqchalar yasalgan bo'lib, ular tsilindrlarni haydash bo'shlig'i bilan asosiy tuynukchalar tutashguniga qadar bog'laydi. Natijada tsilindr-dagi bosim haydash bo'shlig'idagi bo-simgacha bir tekis ko'tariladi.



## Rotorli nasoslarning ish hajmi va sarfini aniqlash

Ish hajmi deb nasos o'ziga sig'ira 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.

SHesternali nasoslarning so'rishini (sarfini) shesternadagi 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

$$q_h = \pi D_n \cdot 2mb, \quad (18.1)$$

ga teng bo'lib, o'rtacha so'rishi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = 2\pi D_n \cdot 2mbn, \quad (18.2)$$

bu yerda  $2t$  — tish balandligi ( $t$  — ilashish moduli);  $D_n$  — shesternya bosh aylanasing diametrini ( $m$ );  $b$  — tish uzunligi (shesternya eni) —  $m$ ;  $p$  — 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

$$Q_{xH} = 2\pi \frac{D_n^2}{z} bn \quad (18.3)$$

bo'ladi ( $h_n$  — hajmiy, nazariy). SHesternali nasoslarning amaliy so'rishi

$$Q_x = \eta_x Q_{xH} = 2\pi \frac{D_n^2}{z} bn \eta_x, \quad (18.4)$$

bunda  $\eta_h$  — hajmiy FIK.

SHesternali nasoslarning aylana tezligi 6 - 8 m/s dan oshmasligi kerak, aks holda tishlar orasidagi chuqurchaning tubida haddan tashqari siyraklanish hosil bo'lib, kavitatsiya hodisasiga olib keladi va nasosni ishdan chiqaradi.

SHesternali nasoslar uchun quyidagi aylana tezliklar tavsiya qilinadi:

Suyuqlikning qovushoqligi. °E (Engler gradusida)	2	6	10	20	40	70	100
Tezlik, m <sup>2</sup>	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

$$P = (0,75 \div 0,85)D_t b p \text{ кГ} \quad (18.5)$$

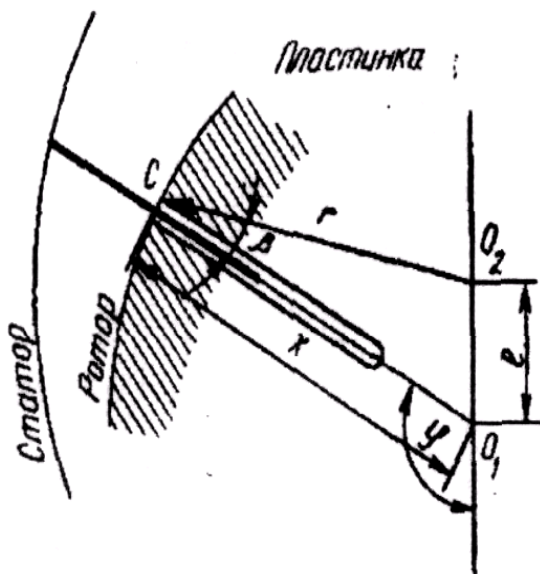
bo'lib, bunda  $D_t$  shesternya tishlarining tepasi hosil qilgan aylana diametri, sm;  $b$  — shesternyaning eni, sm;  $r$  — nasos hosil qilgan bosim, kg/sm<sup>2</sup>.

Shesternyali nasosning quvvati

$$N = \frac{Qp}{612\eta_x} \text{ ёки } N = \frac{Qp}{450} \text{ (ot kuchi)} \quad (18.6)$$

formulalari bilan aniqlanadi.

Rotorli-plastinkali nasoslarning naza-riy so'rishini aniqlash uchun nasos cheksiz ko'p juda yupqa plastinkalardan iborat deb qabul qilamiz. 50-rasmdagi plastinali nasos uchun hisoblash sxemasini chizish mumkin. Bu sxemadagi  $\Delta O_1 O_2 S$  uchburchagidan (50-rasm)



$$x = r \cos \beta + e \cos(180 - \varphi) = r \cos \beta - e \cos \varphi.$$

(18.7) Plastinkaning ish qismi

$$h = x - (r - e) \quad (18.8)$$

bo'lsa, (18.7) ni (18.8) ga quyib, quyidagini hosil qilamiz:

$$h = r \cos \beta - e \cos \varphi - (r - e) = e(1 - \cos \varphi) + r(\cos \beta - 1).$$

50-rasm. Plastinkali nasoslar uchun ish hajmini hisoblashga doir chizma.

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  $dq_n$

$$dq_n = h \cdot b \cdot rd\varphi \quad (18.10)$$

bo'ladi. Bunda  $b$  — rotorning eni;  $r$  — rotorning radiusi. (18.10) ni 0 bilan  $2\pi$  oralig'ida integrallab, rotorning ish hajmini va u orqali nisbiy nazariy so'rishini hisoblash mumkin:

$$q_n = b \int_0^{2\pi} rhd\varphi = erb \int_0^{2\pi} (1 - \cos \varphi)d\varphi = 4\pi erb \cdot Q_{n.n} = q_n \cdot n = 4\pi erb n. \quad (18.11)$$

Nasoslarning hajmiy FIK hisobga oladigan zichlanishlardan moy sirqishini, plastinkalar qalinligi  $\delta$  ni, ularning soni  $z$  ni ko'zda tutib, rotorli-plastinkali nasoslarning o'rtacha so'rihi

aniqlanadi:

$$Q_k = \eta Q_{n.n} = 2\eta_0 be(2\pi r - z\delta)n, \quad (18.12)$$

bu yerda  $Q_{n.n}$  — nisbiy, nazariy so'rish. Vintli nasoslarda ish hajmi

$$q_n = Sh \text{ ga teng} \quad (18.13)$$

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:

$$h = \frac{10}{3} d_\delta, \quad (18.15)$$

bunda  $d_t$  — etaklovchi 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 so'rishi  $Q_{n, n}$  ni aniqlash mumkin:

$$Q_{H,H} = q_H n = 4,14d_T^2 \quad (18.17)$$

Agar vintlar va nasos korpusi orasidagi radial tirqishlardan suyuqlikning

sirqib ketishini  $\eta_h$  hisobga olsa, vintli nasoslarning amaliy so'rishi

$$Q_x = \eta_x Q_{H,H} = 4,14d_T^3 n \eta_x \quad (18.18)$$

ga teng bo'ladi.

Radial-porshenli nasoslarda ish hajmi

$$q_H = z \frac{\pi D^2}{4} \cdot 2e \quad (18.19)$$

va so'rish

$$Q_H = \eta_x \cdot 2e \frac{\pi D^2}{4} \cdot z \frac{n}{60} \quad (18.20)$$

formulalar bilan hisoblanadi.

bunda  $z$  — porshenlar soni;  $2e$  — porshen yuli ( $e$  — ekstsentritet);  $\frac{\pi D^2}{4}$  — porshenning yuzi.

So'rishning o'zgarishi ekstsentritet  $ye$  ga bog'liq bo'lib, uning ishorasiga qarab suyuqlik yo'nalishi (rotorning aylanish yo'nalishi o'zgarmaganda ham) o'zgarib, haydash teshigi so'rish, so'rish teshigi esa haydash teshigi bilan almashadi.

Agar  $ye$  ni  $ye_{\max}$  bilan almashtirsak

$$q_H = z \frac{\pi D^2}{4} \cdot 2e_{\max} \frac{e}{e_{\max}} q_{H\max} \cdot U_e \quad (18.21)$$

va

$$Q_H = q_{H\max} \cdot \frac{n_H}{60} \eta_{Hx} \cdot U_e \quad (18.22)$$

bo'ladi. Bu yerda  $U_e = \frac{e}{e_{\text{макс}}}$  boshqarish parametri (nisbiy ekstsentritet) y 0 dan  $\pm 1$  gacha o'zgaradi.

Ekstsentrik plunjerli nasoslarda valning bir to'la aylanish vaqtida ish hajmi

$$q = 2eS \quad (18.23)$$

bo'ladi; bu yerda  $S$  — plunjerning ish yuzi,  $m^2$ . Nasosning to'liq so'rishi:

$$Q = \eta_x \cdot \frac{Sen}{600} M^3/c, \quad (18.24)$$

bu yerda  $z$ —ish tsilindrlari soni;  $p$  — valning bir minutdagi aylanishlari soni;  $\eta_x = 0,75 \div 0,95$ —nasosning hajmiy FIK. Aksial-porshenli nasosda maksimal ish hajmi

$$q_H = z \frac{\pi D^2}{4} D' \text{tg} \gamma = z \frac{\pi D^2}{4} \text{tg} \gamma_{\text{макс}} \frac{\text{tg} \gamma}{\text{tg} \gamma_{\text{макс}}} = q_{H \text{ макс}} U_\gamma$$

va so'rish miqdori quyidagicha

$$Q_H = q_{H \text{ макс}} \cdot \frac{n_H}{60} \eta_{H \text{ H}} \cdot U_\gamma$$

bu yerda  $U_\gamma = \frac{\text{tg} \gamma}{\text{tg} \gamma_{\text{макс}}}$  - boshqarish parametri;  $D'$ — tsilindrlar o'qlari joylashgan aylana diametri;  $\gamma$  — yotiq diskning gorizont bilan hosil qilgan burchagi ( $\gamma_{\text{макс}} = 20^\circ$ ).

