

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA  
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI  
ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI TOSHKENT  
DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**A.A.KARIMOV, A.A.SHOKIROV, A.A.MUKOLYANTS**

**GIDRAVLIKA ASOSLARI, NASOSLAR VA  
KOMPRESSORLAR**

**fanidan  
O'QUV QO'LLANMA**



**TOSHKENT 2012**

Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi o'quv metodik birlashmalar faoliyatini  
muvofiglashtiruvchi kengash nashrga tavsiya etgan

**Takrizchilar:** O.X. Nizomov TDTU «Gidravlika va gidroenergetika»  
kafedrası dotsenti t.f.n.

A.E.Parmanov «O'MKHTTMO va UQT» institutining «Amaliy  
kasbiy ta'lim» kafedrası dotsenti t.f.n.

***A.A.KARIMOV, A.A.SHOKIROV, A.A.MUKOLYANTS***

### ***ANNOTASIYA***

O'quv qo'llanma «Gidravlika asoslari, nasoslar va kompressorlar» fanining o'qitish dasturiga muvofiq «Neft va gazni qayta ishlash texnologiyasi» tayyorlov yo'nalishining 3522502-Neft va gazni qayta ishlash mashina va jihozlari yo'nalishidagi kasb-hunar kollejlari talabalari uchun tuzilgan.

O'quv qo'llanma ilk bor davlat tilida yozilgan bo'lib, unda neft va gazni qayta ishlash mashina va jihozlarida, foydalanayotgan hozirgi zamon texnika vositalari, ular orqali mahsulotlarni qayta ishlash texnologik jarayonlari va sharoitlari to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan. Shular bilan bir qatorda, mashina jihozlari, nasoslar va kompressorlar, ularning qurilmalari, ishlash qoidalari, hisoblash ishlari batafsil yoritib berilgan.

***A.A.КАРИМОВ, А.А.ШОКИРОВ, А.А.МУКОЛЬЯНЦ***

### ***АННОТАЦИЯ***

Учебное пособие «Основы гидравлики, насосы и компрессоры» подготовлено согласно учебной программы для студентов профессионального колледжа направления «Переработки нефти и газа, машины и оборудование» - 3522502, по направлению подготовки «Технология переработки нефти и газа».

В учебном пособии, впервые написанном на государственном языке, освещены основные понятия гидравлики, рассмотрено устройство и классификация машин и оборудования для переработки нефти и газа, области применения современной техники и технологии по переработкам нефти газа и их продуктов.

Подробно рассматриваются условия работы современных машин и оборудования, насосов и компрессоров их устройства и составные части.

***A.A.KARIMOV, A.A.SHOKIROV, A.A.MUKOLYANTS***

### ***ANNOTASIYA***

The manual « Bases of hydraulics, pumps and compressors » is prepared according to the curriculum for students of professional college of a direction « Oil refining and gas, the car and the equipment» -3522502, in a direction of preparation « Technology of oil refining and gas ».

In the manual for the first time written in a state language, the basic concepts of hydraulics are shined, the arrangement and classification of cars and the equipment for oil refining and gas, scopes of modern techniques and technology on oil refining gas and their products is considered.

Operating conditions of modern cars and the equipment, pumps and compressors of their arrangement and components are in detail considered.

***Kelajakda O'zbekiston yuksak darajada taraqqiy etgan iqtisodi bilangina emas, balki bilimdon, ma'naviy jihatdan etuk farzandlari bilan ham jahonni qoyil qilishi lozim.***

***I. Karimov***

### **So'z boshi**

Hozirgi davrda mustaqil Respublikamizning taraqqiyoti, uning uzoq va yaqin xorijiy mamlakatlar bilan keng ko'lamdagi aloqalarning rivojlanishi, kasb-hunar kollejlari va oliy o'quv yurtlarida hozirgi kun talabiga javob beradigan bilimdon, zamonaviy axborot texnologiyalari keng joriy etilayotgan jamiyatda etarli intellektual salohiyatga ega, fan yutuqlarini bevosita ishlab chiqarishda qo'llay oladigan malakali kadrlar tayyorlashni taqozo etadi. Bunday dolzarb muammoni hal etish uchun yangi pedagogik texnologiyalarni o'zida aks ettirgan o'quv qo'llanmalar va darsliklar yaratish zarur.

Ushbu qo'llanmada ona tabiatimizning eng oliy ne'matlaridan biri bo'lgan suyuqlik deb ataluvchi fizik jism haqida, uning hozirgi kungacha ma'lum bo'lgan qonuniyatlari hamda ularning qo'llanilishi haqida ma'lumotlar berilgan. Buyuk allomayu-olimlarimizning aytganlaridek, inson tabiatdan suyuqlikka tegishli bo'lgan juda ko'p nasalarni o'rganadi. Butun hayotimizda o'zgarayotgan qonun va qonuniyatlarni biz faqat ona tabiatdan o'rganamiz. Tabiat biz uchun noma'lum bo'lgan sirlarini to'laligicha o'zida saqlaydi.

Hozirgi davrda mustaqil yurtimizda suyuqliklarning nisbiy tinch holati va harakat qonuniyatlarini o'rgatuvchi fanning qo'llanilish sohasi kengayib borayotganligi sir emas, albatta. Er osti boyliklari, suv, o'simlik va hayvonot dunyosi hamda boshqa tabiiy zahiralari vatanimiz boyligidir, ulardan oqilona foydalanish zarur va ularni saqlash, muhofaza qilish yurtimiz yoshlarining qo'lidadir deb bejiz aytilmagan. Suv ham mana shu tabiiy boyliklarimiz qatoriga kirib, suyuqlik deb ataluvchi fizik jism ekanligi bizga ma'lum.

Yurtimiz istiqbolga erishgan kunlardan boshlab mamlakatimizda xalq xo'jaligining barcha sohalarida, suv xo'jaligi sohalarida va texnika sohalarida katta o'zgarishlar yuz bermoqda. Xususan texnika sohasida katta-katta zavodlar ishga tushirildi. Shuning uchun suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlarini o'rgatuvchi hamda bu qonunlarni texnikaning barcha sohalariga tadbiiq etish bilan shug'ullanuvchi fan gidravlika deb ataladi.

Shuningdek, gidravlika fani gidrotexnika, suv ta'minoti va kanalizatsiya, issiqlik texnikasi, neft mexanikasi kabi bir qancha fanlarning asoschilaridan hisoblanadi.

### **O'quvchilar ushbu fanni o'qib quyidagi bilimlarga ega bo'lishi kerak:**

O'quv materiallarini o'zlashtirish davomida o'quvchilar gidrostatika, gidrodinamikaning asosiy qonunlarini o'rganib, nasoslar, kompressorlar va vetilyatorlarning tuzilishi va ularning ishlash printsiplarini hamda har qanday gidravlik masalalarni echish va hayotga qo'llash bo'yicha etarli bilimga ega bo'lishlari kerak.

## **O'quvchilar ushbu fanni o'qib quyidagi ko'nikmalarga ega bo'ladilar:**

- zamonaviy neft gazni qayta ishlash zavodlaridagi nasos va kompressorlar tuzilishini va ishlatish qoidalarini, ularni tayyorlash, ishlatishga topshirishdagi texnik shartlarni;

- davlat standartlari talablariga javob beruvchi nasos va kompressorlarni hisoblash, tanlash, me'yorlari va texnik shartlarini, xavfsizlik texnikasi talablariga rioya qilishni, atrof muhitni muhofaza qilishni:

- bu fanni o'rganish uchun texnikaviy mexanika, materialshunoslik, konstruksion materiallar, matematika, fizika, standartlashtirish asoslari, neft va gazni qayta ishlash texnologiyasi fanlarini mukammal bilishi va uddalashi kerak.

## **Gidravlika asoslari**

Ushbu qo'llanmada gaz, kimyo sanoati, neftni qayta ishlash korxonalarini, qurilish, avtomobil yo'llari va qurilish mashinalari, foydali qazilmalar, tog'-kon ishi yo'nalishi turiga qarab, geologiya va gidrofizika, avtomatlashtirish va boshqaruv, qishloq xo'jaligi mexanizatsiyasi, elektromashinasozlik sohaslariga ixtisosli texnik va texnologlar tayyorlovchi o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi o'quvchilari uchun mo'ljallangan. Istisno tariqasida xuddi shu sohalardagi muxandis-texnik tayyorlovchi oliy o'quv yurti talabalarini, shuningdek, magistrlar, ilmiy izlanuvchi tadqiqotchilar ham foydalanishi mumkin.

Bundan tashqari bu qo'llanma yuqorida qayd etilgan sanoat korxonalarini xodimlarining amaliyotga qo'llashlari uchun foydalanishi mumkin. «Gidravlika asoslari, nasoslar va kompressorlar» fani o'qitiladigan oliy ta'lim tizimida ta'lim olayotgan talabalar ham foydalanishlari mumkin.

Ushbu qo'llanmada gidravlik hodisalarning fizik mohiyatini yoritish, gidravlika asoslari, qonunlarini amalga tadbiiq etish, gidravlik hisoblarni har xil sohalarga nisbatan qo'llash masalalari batafsil yoritilgan.

O'quv qo'llanmadan foydalanuvchilar kasb-hunar kollejlariining o'quvchilari bo'lganiligi sababli aksariyat ta'riflar nihoyatda soddalashtirilgan, ba'zi ta'riflarda esa matematik usullardan foydalanilgan.

Ushbu qo'llanmada qo'llanilgan ma'lumotlar, jadvallar, hisob-kitob uchun berilgan masalalar Xalqaro (SI) sistemada berilgan va boshqa sistemalarga o'tish yo'llari ko'rsatilgan.

Qo'llanma so'ngida beriladigan adabiyotlar kasb-hunar kollejlariining o'quvchilariga, oliy ta'lim muassasalari talabalariga ushbu kursni yanada chuqurroq o'rganishiga va ajratilgan mustaqil soatlar bo'yicha berilgan topshiriqlarga kerakli savol-javoblarni topishga yordam beradi.

# 1. GIDRAVLIKA

## 1.1. KIRISH

Suyuqliklar, ularning muvozanat hamda harakat qonunlarini o'rganuvchi va bu qonunlarning muxandislik amaliyotiga tadbiiq etish bilan shug'ullanuvchi fan *gidravlika* deb yuritiladi.

Gidravlika fani, suyuqliklarda kuchlarning tarqalishi, ularning suyuqlik harakati davomida o'zgarib borish qonunlarini, turli xil qurilmalar va mashinalarni hisoblash hamda loyihalashga tadbiiq etish bilan shug'ullanadi.

Gidravlika so'zi yunoncha so'z bo'lib υδωρ (xyudor) - suv va αυλοξ (aulos) - quvur so'zlaridan olingan.

Gidravlika suyuqlik harakatining soddalashtirilgan sxemalarini o'rganish asosida o'z xulosalarini chiqaradi va odatda nazariy tenglamalarga emperik koeffitsientlar kiritib, ularni tajribalar o'tkazish yo'li bilan aniqlaydi.

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

Gidravlika bilan gidromexanika fanlari o'zaro yaqinlashib bir-birini to'ldiruvchi fanlardir.

Gidravlika fani ikki qismdan iborat: gidrostatika va gidrodinamika. Gidrostatika qismida suyuqliklarning tinch holati va bu holatdagi suyuqlik qonunlari o'rganiladi. Gidrodinamika qismida suyuqliklarning harakat paytidagi gidrodinamik elementlarining o'zgarish qonunlari o'rganiladi. Bunda suyuqlikning har xil nuqtalaridagi tezlik va bosimlarning vaqt o'tish bilan ularning miqdorlari har xil bo'ladi.

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

Gidravlikada suyuqliklar ikki guruhga, tomchilanuvchi suyuqliklar va gazsimon suyuqliklarga bo'linadi.

Tomchilanuvchi suyuqliklarga suv, spirt, neft, simob, turli moylar va tabiatda uchraydigan boshqa tomchilanuvchi suyuqliklar misol bo'ladi.

Suyuqliklar gazlar (havo) bilan ma'lum chegara bo'yicha ajralishi mumkin. Bu chegaraga erkin sirt deb yuritiladi. Masalan, suyuqlik ochiq idishda bo'lsa, suyuqlikning erkin sirti havo bilan chegaralangan bo'ladi.

***Ideal va real suyuqliklar.*** Gidravlika fanida nazariy tadqiqotlarni soddalashtirish maqsadida ideal suyuqliklardan foydalaniladi.

***Ideal suyuqlik*** deb, bosim va harorat ta'sirida o'z hajmini mutlaqo o'zgartirmaydigan yoki mutlaqo siqilmaydigan, o'zgarimas zichlikka ega bo'lgan va ichki ishqalanish kuchi mavjud bo'lmagan suyuqlikka aytiladi. Aslida har qanday suyuqlik bosim yoki harorat ta'sirida o'z hajmini bir oz bo'lsada, o'zgartiradi va bunday suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchlari mavjud bo'ladi. Tinch holatdagi suyuqliklarda urinma kuchlanish bo'lmaydi.

***Real suyuqlik*** zarrachalari harakatchan deb qaralsada, ular cho'zilish va siljish kuchlariga qarshilik ko'rsatadilar. Real suyuqliklarning harakati o'rganilayotganda ichki

ishqalanish kuchi va qovushqoqligini etiborga olish shart, chunki qovushqoqlik harakatdagi real suyuqliklarning asosiy xossasi hisoblanadi. Harakatdagi suyuqliklarda esa urinma kuchlanish bo'ladi, bunday suyuqlikning ichida ixtiyoriy ikki qatlam bir-biriga nisbatan harakatda bo'lganda, sathlar orasida ishqalanish kuchi paydo bo'ladi, natijada ichki urinma kuchlar muvozanatlashadi.

**Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar.** Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar *ichki* va *tashqi* kuchlarga bo'linadi.

Ichki kuchlar suyuqliklarning o'zaro ta'siri natijasida vujudga keladi.

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

**Ichki kuchlar** siljituvchi kuchlarga qarshilik sifatida namoyon bo'ladi va ichki ishqalanish kuchi deyiladi. Tashqi kuchni yuza va hajm bo'yicha ta'sir qiluvchi kuchlar sifatida ko'rish mumkin. Shu sababli suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar yuza bo'yicha yoki hajmi bo'yicha ta'sir qilishiga qarab yuzaki va massa kuchlarga bo'linadi.

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

**Massa kuchlar** – qaralayotgan suyuqlik hajmining har bir zarrasiga ta'sir qiladi va uning massasiga proporsional bo'ladi. Massa kuchlariga og'irlik va inertsiya kuchlari kiradi.

«Gidravlika asoslari, nasoslar va kompressorlar» amaliyotga oid shunday fanki, bu fan suyuqliklarni tinch holati va harakat qonunlari, sanoatda qo'llanadigan nasoslar, kompressorlar va ventilyatorlarning tuzilishi va ularning ishlash jarayonlarni gidravlika qonuniyatlari haqida tushunchalar beradi.

Gidravlikaning amaliyotdagi ahamiyati juda katta, chunki u texnikaning juda ko'p sohalarini qamrab olib gidravlika, gidrotexnika, gidravlik mashinalar, gidravlik uzatmalar, suv ta'minoti, kanalizatsiya, quritish va sug'orish ishlarida hamda suv transportida keng qo'llaniladi.

Gidravlikaning qo'llaniladigan yana bir sohasi O'zbekistonda rivojlanib borayotgan neft-gaz sohasi bo'lib, bunda neft mahsulotlarini bir erdan ikkinchi erga ko'chirishda va uzatishda ham qo'llaniladi. O'zbekiston bo'ylab yo'l qurilishi nihoyatda avj olayotgan hozirgi kunda gidravlik qurilish mashinalarining ahamiyati juda kattadir.

Juda qadim, ya'ni texnika taraqqiy qilmagan zamonlarda ham odamzod suyuqlikdan foydalangan, ya'ni sug'orish ishlari, erni quritish usullari, suyuqlikni ko'p bo'lmasada 3-4 metrga ko'tarish (charxpalak) usullari qo'llanilgan. Jumladan, xitoyda sug'orish kanallaridan foydalangan, suyuqlikni yuqoriga ko'tarish ishlari rivojlangan. Ko'pchilik davlatlarda suvni er ostidan olib o'tishda sopol quvurlar qo'llanilgan. Gidravlikaga oid daslabki qonunga 2250 yil muqaddam asos solingan. Jumladan, daslabki qonunlardan biri Arximed qonunida jismlarning muvozanat qonunlari ta'riflandi.

Bundan 1000 yillar ilgari O'rta Osiyo davlatlari, Turon davlatlarida gidravlika fani rivojlanib bordi. O'zbekistonda etilib chiqqan ulug' allomalar gidravlika sohasida buyuk ishlarni yaratdi. Muhammad Ahmad ibn Farg'oniy Nil (Afrika) daryosi suvlarini

taqsimlash bo'yicha katta ishlarni amalga oshirdi. Abu Rayhon Beruniy er osti sizot suvlarini bir-biriga ulab katta anhor suvi paydo qilib, shaharni suv bilan ta'minladi. Abu Ali ibn Sino suv va suyuqliklarning xossalarini o'rganish uchun katta hissa qo'shdi.

XVI-XVII asrlardan boshlab gidravlika sohasida katta o'zgarishlar sodir bo'ldi. Taraqqiyot davrida Leonardo da Vinchi (mashhur rassom), Galileo Galiley (astronom), Paskal va Nyutonlarning izlanishlari samarasi o'laroq, gidravlikaning fan sifatida shakllanishiga o'z hissalarini qo'shishdi. Nazariy mexanikaning bir bo'lagi bo'lib nazariy gidromexanika ham paydo bo'ldi. XVII-XVIII asrda esa mexaniklar va matematiklar Leonid Eyler, Daniel Bernulli va Lagranjlar yordamida gidravlikaning asosiy qonunlari tushunchasi va gidromexanikaning asosiy tenglamalari paydo bo'ldi. Ushbu izlanishlar asosan nazariy harakterda bo'lib, suyuqliklarning fizik xossalarini ba'zi cheklanishlar bilan o'rganishib, tajribada ushbu qiymatlar ancha farq qilardi.

XIX asrdan boshlab olimlar amaliyotni nazariyaga yaqinlashtirishga intilishdi. Bu sohada Shezi, Darsi, Buesineska, Veysbax, N.E.Jukovskiylar ishlari ta'sirida gidravlika ham nazariy ham amaliy ahamiyatga ega fan bo'lib jamlandi.

XX asrga kelib, L.Prandtl ishlari ta'sirida nazariy va amaliyotdagi ko'p kamchiliklar tugatilib, empirik formulalardan yangi ilmiy asoslangan formulalar bunyod bo'ldi, koeffitsientlar aniq hisoblab chiqildi. 1835 yili A.A.Sablukov tomonidan markazdan qochma nasosni kashf etildi.

Zamonaviy gidravlika bu qo'llanmada qisqacha umumlashtirilgan, nazariyalar tajribalar bilan to'ldirilgan va juda keng sohalarda qo'llanilayotgan gidromexanikadir. Bu borada ko'pgina O'zbekiston olimlari X.A.Raxmatulin, D.Fayzullaev, Q.Sh.Latipov, A.A.Hamidov, A.O.Shokirov, A.Yu.Umarov, A.I.Umarov va boshqalarning ilmiy ishlari gidromexanika, hamda gidravlikada ma'lum darajada fanining rivojlanishiga olib keldi.

### 1.1.1. ASOSIY TUSHUNCHALAR VA QOIDALAR

Suyuq jismlar yoki suyuqliklar deb, shunday jismlarga aytamizki, ozgina bo'lsa ham kuch ta'sirida o'z shaklini engil o'zgartiruvchi jismlarga aytiladi. Suyuqlik oson harakatlanuvchan bo'ladi, o'z shaklini tez o'zgartiruvchi va har xil shakildagi idishlarni to'ldiruvchi jismlardir.

Tabiatda ikki xil suyuqliklar bo'ladi: tomchilanuvchi va gazsimon.

Tomchilanuvchi suyuqliklar atrofimizda uchraydigan, har kuni ko'rib turgan suyuqliklarimiz: suv, neft, spirt va kislota suyuq holatdagi gazlardir. Gazsimon suyuqliklar tomchilovchi suyuqliklardan farqli o'laroq katta siqilish darajasiga ega, bosim oshgan sari gaz ko'proq siqilib, suyuqlikka aylanadi. Tomchilovchi suyuqliklar quvurlarda harakatlanganda ozmi ko'pmi qarshiliklarga uchraydi, lekin siqilish darajasi kam. Tomchilanuvchi suyuqlik cho'zilish qarshiligiga uchramaydi, lekin uning yuzasi, yuza tortish kuchlanishiga ega.

Tomchilanuvchi suyuqliklar harakat chog'ida yopishqoqligi (qovushqoqligi) tufayli katta qarshiliklarga ega, shuning uchun ichki ishqalanish kuchlari to'g'ri hisobga olinganda suyuqlik o'z istimolchisiga etib boradi va kerakli miqdorda bo'ladi.

Nazariy xulosalarni engillashtirish va soddalashtirish uchun suyuqliklarni ideal va real guruhlariga bo'linadi. Ideal suyuqliklar absolyut kengaymaydi, absolyut



toraymaydi va yopishqoqlikka ega emas. Bu suyuqlik hayoliy suyuqlikdir. Tabiatda esa faqat real suyuqliklar uchraydi. Real suyuqliklar temperaturaga va bosimga qarab oz miqdorda kengayadi va torayadi. Yopishqoqlik (qovushqoqlik) qiymatiga qarab ko'p yoki oz miqdorda suyuqlik harakatiga qarshilik ko'rsatadi.

## 1.2. SUYUQLIKLARNING ASOSIY FIZIK XOSSALARI

**Solishtirma og'irlilik.** Suyuqlik og'irligining hajmiga nisbati solishtirma og'irlilik deb ataladi va grekcha  $\gamma$  harfi bilan belgilanadi.

Ta'rifga asosan:

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

bu erda,  $W$ - suyuqlik hajmi,  $m^3$ ;  
 $G$ - suyuqlik og'irligi, N.

Solishtirma og'irlilikning SI sistemasida birligi

$$[\gamma] = \frac{[G]}{[W]}, \left[ \frac{H}{i^3} \right].$$

Zichlik va solishtirma og'irlilik o'rtasidagi bog'liqlik

$$\gamma = \rho \cdot g, \quad (1.2)$$

bu erda ;  $g$  – erkin tushish tezlanishi,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

**Zichlik.** Suyuqlikning zichligi deb, suyuqlik massasining hajmiga nisbatiga aytiladi va  $\rho$  harfi bilan belgilanadi

$$\rho = \frac{m}{W}, \quad (1.3)$$

bu erda,  $m$ - suyuqlik massasi.

Zichlikning o'lchov birligi quyidagicha:

$$[\rho] = \frac{[m]}{[W]} = \frac{kg}{m^3}$$

Avval aytilganidek, real suyuqliklar temperatura ta'sirida va bosim ta'sirida oz miqdorda bo'lsada ham kengayadi va torayadi. Bu qiymatlar juda ham katta bo'lmaganligi uchun yo'l qurilish mashinalarida ishlatiladigan suyuqliklarning kengayishi va torayishida hisobga olinmaydi.

### ASOSIY O'LCHAMLAR VA ULARNING O'LCHOV BIRLIKLARI

Hozirgi zamonda fanda qo'llaniladigan birliklar sistemasi xalqaro fizik, texnik va sistemadan tashqari birliklardir.

Xalqaro birlik butun dunyoda asosiy hisoblanadi va uni qisqacha SI (Internatsional sistema) deb yuritiladi.

Xalqaro sistemada asosiy o'lchamlar: uzunlik [m], massa [kg] va vaqt [s., sek].

Texnik sistemada asosiy o'lchamlar: uzunlik [m], og'irlik [H] va vaqt [s, cek] belgilangan.

O'lchamlarni belgilash: uzunlik [L], massa [M], og'irlik [G,P] va vaqt [T].

Fizik (SGS) sistemada uzunlik [sm], massa [g], vaqt [s] larda o'lchanadi.

1.1 - jadval

**Ayrim suyuqliklarning zichligi va solishtirma og'irligining temperaturaga bog'liqligi**

Suyuqliklar	Temperatura $t, ^\circ\text{S}$	Zichlik $\rho, \text{ kg/m}^3$	Solishtirma og'irlik $\gamma, \text{ n/m}^3$
Suv	0	999,8	999,8-9,81=9808
	4	1000,0	9810
	10	999,75	9807
	20	998,26	9792
	40	992,35	9734,9
	60	983,38	9646,9
	80	971,94	9534,7
	100	958,65	9404,3
Benzin		700 ÷ 720	6867 ÷ 7063
Bitum		930 ÷ 950	9123 ÷ 9319
Kerosin		820 ÷ 830	8044 ÷ 8142
Oddiy mazut		890 ÷ 920	8730 ÷ 9025
Qora mazut		930 ÷ 940	9123 ÷ 9221
Neft-engil		850 ÷ 880	8338 ÷ 8632
Neft-o'rtacha		880 ÷ 900	8632 ÷ 8829
Neft-og'ir		920 ÷ 930	9025 ÷ 9123
Moylovchi suyuqliklar (moylar)		890 ÷ 920	8730 ÷ 9025
Solyarka moyi		880 ÷ 890	8632 ÷ 8730

1.2 -jadval

**Ayrim gazlarning solishtirma og'irligi va zichligining o'zaro bog'liqligi**

Suyuqliklar	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{ kg/m}^3$	$\gamma, \text{ n/m}^3$
Havo	20	1,293	12,68
Kislorod	20	1429	14,02
Azot	20	1251	12,27
Vodorod	20	0,0898	0,873
Uglekislot (So <sub>2</sub> )	20	1,977	19,39
Atsetilen	20	1,171	11,48
Etilen	20	1,260	12,36
Metan	20	0,717	7,033
Geliy	20	0,1785	1,751
Ammiak	20	0,771	7,46

### 1.2.1. SOLISHTIRMA HAJM

Solishtirma hajm – bu massa birligi egallagan hajmdir.

$v = \frac{W}{m}$  - bu qiymat, zichlik qiymatining teskarisidir.

$$v = \frac{I}{\rho}; \quad v_{suv} = \frac{1}{1000} \frac{I^3}{kg}; \quad (1.4)$$

Ba’zida solishtirma hajm deb – og’irlik egallagan hajmga ham aytaladi.

$$v = \frac{W}{G} = \frac{I}{\gamma} = \frac{1}{9810} \frac{M^3}{H} \quad - \text{ suvning solishtirma hajmi.}$$

### SIQILUVCHANLIK

Siqiluvchanlik, suyuqlikning siqilish koeffitsienti bilan harakterlanadi. Siqilish koeffitsienti deb - suyuqlik yuzasidagi bosimni

1 atm-ga oshirilganda hajmning o’zgarishiga aytiladi.

$$\beta_p = \frac{I}{W} \frac{\Delta W}{\Delta \rho}, \quad \left[ \frac{M^2}{H} \right]; \quad (1.5)$$

Bu erda:  $W$  -boshlang’ich hajm.  $\Delta W$  -hajm o’zgarishi.  $\Delta \rho$  -bosim o’zgarishi.

*1.3 -jadval*

#### Suyuqliklarning siqilish koeffitsienti qiymatlari berilgan

Suyuqliklar	$\beta_p, \frac{M^2}{H};$	Suyuqliklar	$\beta_p, \frac{M^2}{H};$
Suv	$475 \cdot 10^{-8}$	Efir	$110 \cdot 10^{-7}$
Neft	$750 \cdot 10^{-8}$	Simob	$30 \cdot 10^{-8}$
Benzin	$920 \cdot 10^{-8}$		

### TEMPERATURADAN KENGAYISH

Suyuqlik hajmining temperaturadan o’zgarishini temperaturadan kengayish koeffitsienti harakterlaydi va quyidagicha ta’riflanadi: Suyuqlik temperaturasini 1°S-ga oshirilganda, suyuqlikning kengayishini ko’rsatuvchi qiymat

$$\beta_T = \frac{I}{W} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta t} \left[ \frac{I}{^{\circ}C} \right]; \quad (1.6)$$

Bu erda:  $W$  -boshlang’ich hajm.  $\Delta W$  -suyuqlikning kengayish qiymati (hajmi),  $\Delta t$  -temperaturalar farqi.

Suv uchun temperaturasi 10 dan 20° S gacha va 10<sup>5</sup> Pa bosimda

$$\beta_T = 0,00015 \frac{I}{^{\circ}C};$$

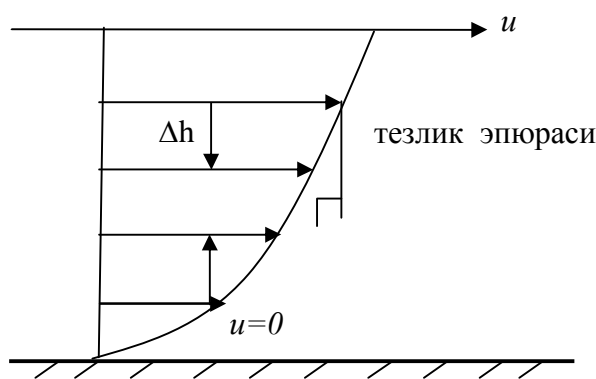
Ayrim holatlarda suyuqlik zichligi oshishiga qarab temperaturadan kengayish koeffitsientining o'zgarishini hisobga olinadi. Bunday holat quyidagi 1.4- jadvalda berilgan:

1.4 -jadval

Suyuqlik zichligi, $\text{kg/m}^3$ $t=15^0$	700	800	850	900	920
Temperaturadan kengayish koeffitsienti $\beta_t$	0,00082	0,00077	0,00072	0,00064	0,00060

### 1.3. SUYUQLIKLARDAGI ISHQALANISH UCHUN N'YUTON QONUNI

Yopishqoqlik yoki ichki ishqalanish deb 1.1-rasmda - harakatlanayotgan suyuqlik qatlamlarining bir-biri harakatiga qarshilik ko'rsatish qobiliyatiga aytiladi.



1.1-rasm. Tezlik epyurasi

Suyuqlik quvurda harakatlanayotganda uning markazida tezligi eng katta bo'ladi, quvur devoriga yaqinlashgach esa suyuqlik tezligi kamayib, 0-qiymatgacha yaqinlashishi mumkin. Bu hodisaga Isaak N'yuton gipoteza yaratdi va uni N.P. Petrov nazariyaga aylantirdi.

$$T = \mu \cdot F \cdot \frac{\delta u}{\delta h};$$

Bu erda  $F$  -quvurning ko'ndalang kesim yuzasi,  $[M^2]$

$\delta u$  - qatlamlar tezliklari orasidagi farq,  $\left[\frac{M}{S}\right]$ .

$\delta h$  - qatlamlar orasidagi farq,  $[M]$ .

$\mu_{suyk}$  - suyuqlik yopishqoqligini harakterlovchi dinamik yopishqoqlik koeffitsienti:

$$\mu = \frac{T}{F \cdot \frac{\delta u}{\delta h}} \left[ \frac{H}{M^2 \cdot \frac{M}{M \cdot s}} \right] = \left[ \frac{H \cdot sek}{M^2} \right]; \quad (1.7)$$

$\frac{\delta u}{\delta h}$  -ni tezlik gradienti deb ham aytiladi, qancha suyuqlik quyuq yoki yopishqoq bo'lsa, bu qiymat shuncha katta bo'ladi,  $\mu$  -o'lchamlari.

SI sistemasida -  $\left[ \frac{H \cdot S}{M^2} \right]$ , texnik sistemada -  $\left[ \frac{kgk \cdot S}{M^2} \right]$ , fizik sistemada -  $\left[ \frac{dina \cdot s}{sm^2} \right]$ .

Suyuqliklar qovushqoqligi (yopishqoqligi) dinamik yopishqoqlik koeffitsientidan tashqari kinematik yopishqoqlik koeffitsienti bilan ham ifodalanadi.

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho} = \left[ \frac{m^2}{s} \right]^2, \quad \hat{e} \hat{e} \left[ \frac{sm^2}{s} \right]; \quad \nu = \frac{\mu}{\rho}; \quad (1.8)$$

$\vartheta$  - o'lchamlari.

1 g/sm·s dinamik yopishqoqlik 1 puazga teng.

1 sm<sup>2</sup>/s kinematik yopishqoqlik 1 stoksga teng.

1.5 -jadval

**Ba'zi bir suyuqliklarning dinamik va kinematik yopishqoqliklari qiymati quyidagiga teng**

№	Suyuqliklar	$t^0 C$	$\mu \cdot \frac{H/S}{M^2}$	$\vartheta = \frac{M^2}{s}$
1	Suv	0	00,1784	$178 \cdot 10^{-6}$
2		4	0,157	$157 \cdot 10^{-6}$
3		10	0,131	$131 \cdot 10^{-6}$
4		20	0,101	$101 \cdot 10^{-6}$
5		40	0,066	$66 \cdot 10^{-6}$
6		60	0,048	$48 \cdot 10^{-6}$
7		80	0,037	$37 \cdot 10^{-6}$
8		100	0,029	$29,5 \cdot 10^{-6}$
9	<b>Benzin</b>	15	0,063	$84 \cdot 10^{-6}$
10	<b>Kerosin</b>	15	0,216	$240 \cdot 10^{-6}$
11	<b>Mazut</b>	20	0,475	$500 \cdot 10^{-6}$
12	<b>Mashina moyi</b>	50	2,16	$2700 \cdot 10^{-6}$
13	<b>Neft - engil</b>	15	0,64	$810 \cdot 10^{-6}$
14	<b>Neft o'rtacha</b>	15	1,23	$1450 \cdot 10^{-6}$
15	<b>Neft og'ir</b>	20	1,054	$1110 \cdot 10^{-6}$
16	<b>Solyarka moyi</b>	50	0,25	$280 \cdot 10^{-6}$

Suyuqliklar yopishqoqligi viskozimetr asbobi yordamida o'lchanadi.

**1.3.1 MASALALAR**

1. Neftning zichligi  $\rho = 860 \frac{kg}{m^3}$  berilgan. Ushbu suyuqlik zichligini texnik va fizik o'lchamlarda toping.

2. Suyuqlik (benzin)ning solishtirma og'irligi  $\gamma = 720 \frac{kgk}{m^3}$  bo'lsa, SI va fizik o'lchamlarda shu suyuqlikning zichliklarini 3 ta sistemada aniqlang.

3. Dinamik yopishqoqlik koeffitsienti suv uchun  $4^0 c$  da

$$\mu_{texn} = 1,598 \cdot 10^{-4} \left[ \frac{kgk \cdot s}{I^2} \right]$$

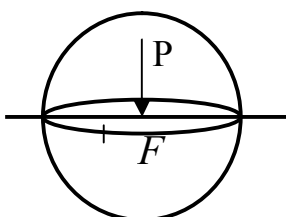
SI da fizik o'lchamlarda  $\mu$  -qiymatini aniqlang.

4. Neftning kinematik yopishqoqlik koeffitsienti  $\mathcal{G} = 0,4 \text{ sm}^2/\text{s}$  va solishtirma og'irligi  $\gamma = 900 \text{ kgk}/\text{m}^3$  bo'lsa, shu suyuqlik uchun dinamik yopishqoqlik koeffitsienti barcha sistemalarda topilsin.

5. Quvur uzunligi 1000 m, diametri 1 metr bo'lib, suv bilan to'ldirilgan idishda bosim 5 atm, havo temperaturasi  $10^\circ\text{S}$ . Ushbu suyuqlikni  $5^\circ\text{S}$  ga isitilganda, idish ichida bosim qanchaga oshadi? Foydalanish uchun:  $\beta_p = 1/21000 \text{ [m}^2/\text{n]}$ ;  $\beta_t = 0,000014$ ;

#### 1.4. GIDROSTATIK BOSIM, UNING XOSSALARI VA O'LCHASH BIRLIKLARI

Gidrostatika, gidravlikaning shunday bo'limiga aytiladiki, bunda suyuqlikning muvozanat qonunlari o'rganiladi (1.2-rasmda).



1.2-rasm.

$D_{urt} = \frac{\Delta P}{\Delta F}$  nisbati yuza birligiga qo'yilgan kuch o'rtacha gidrostatik bosim deb yuritiladi.

Bu erda,  $\Delta R, [N]$  - suyuqlik yuzasiga qo'yilgan kuch yoki og'irlik;  $\Delta F, [m^2]$  -  $\Delta R$  kuch qo'yilgan yuza.

Idishning har xil balandliklarida bosim har xil va u qo'yilgan yuza qiymatiga ham bog'liq.

Haqiqiy gidrostatik bosim oddiy qilib, gidrostatik bosim deb ataladi.

$$D = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \left[ \frac{\Delta P}{\Delta F} \right] \quad (1.9)$$

Gidrostatik bosim quyidagi o'lchamga ega.  $|P| = \left[ \frac{P}{L^2} \right]$ ; Bosim; SI sistemasida  $\left[ \frac{H}{M^2} \right]$ ; texnik sistemada  $\left[ \frac{kgk}{I^2} \right]$ ; SGS fizik sistemada  $\left[ \frac{dina}{sm^2} \right]$ ;

$1 \frac{I}{I^2} = 1 Pa$  - Paskal,  $98100 \frac{H}{M^2}$  - bosim 1 barga teng.  $1 \frac{kgk}{sm^2}$  - 1 texnik atmosferaga teng deb yuritiladi.

Barcha sistemalarda o'lchamlar bir-biri bilan quyidagicha bog'liq.

$1 atm = 1 kgk / sm^2 = 0,98 bar = 0,98 \cdot 10^5 Pa = 0,98 \cdot 10^5 dina / sm^2 = 10000 kgk / m^2 = 10 m$ . suv ustuni = 0,76 m simob ustuni.

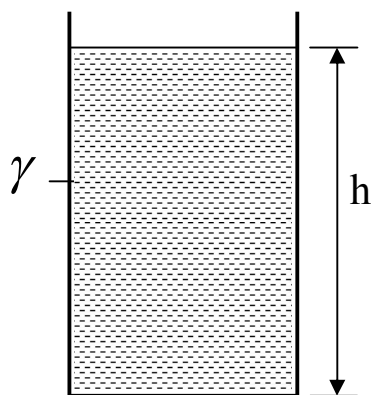
Atmosfera bosimi dengiz sathidan balandlik qiymatiga qarab kamayadi ( $\frac{kgk}{sm^2}$ ).

0-m	- 1,033	500m	- 0,970
100m	- 1,020	1000m	- 0,920.
200m	- 1,010	2000m	- 0,810

Gidravlikada suyuqlikning idish tagiga bo'lgan bosimi suyuqlik balandligiga to'g'ri proporsional

$$P = \gamma h ; \quad (1.10)$$

Bu erda,  $\gamma$  - suyuqlik turiga bog'liq qiymat, yoki solishtirma og'irlik.



1.3-rasm.

$$\gamma_{suv} = 9810 \frac{H}{M^3} ; \quad \gamma_{benzin} = 7800 \frac{I}{I^3} ;$$

$$\lambda_{j_2} SO_4 = 25000 \frac{H}{M^3} ;$$

$$\gamma_{simob} = 9810 \cdot 13,6 = 133416 \frac{I}{I^3}$$

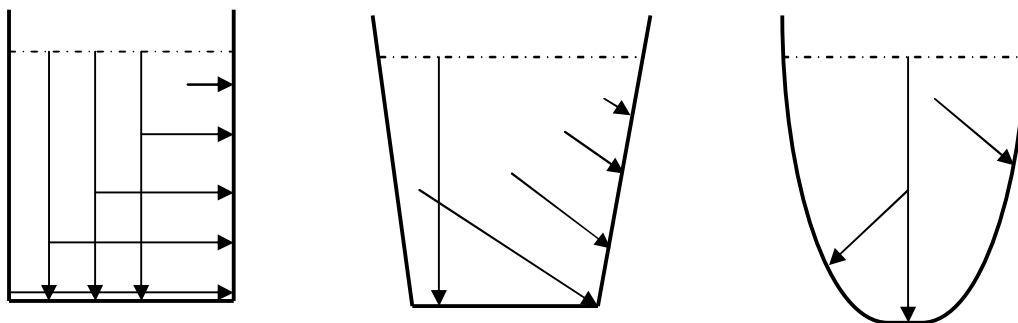
Gidrostatik bosim deb – (1.3-rasmda) suyuqlik ichida paydo bo'ladigan kuchlanishga aytiladi, ya'ni  $P = \gamma h$ ;  $h$  – ortgan sari kuchlanish ortib boradi.

Gidrostatik bosimni nuqtadagi bosim deb ham yuritiladi.

#### 1.4.1. GIDROSTATIK BOSIMNING XOSSALARI

Nuqtadagi bosim yoki gidrostatik bosim ikkita xossaga ega.

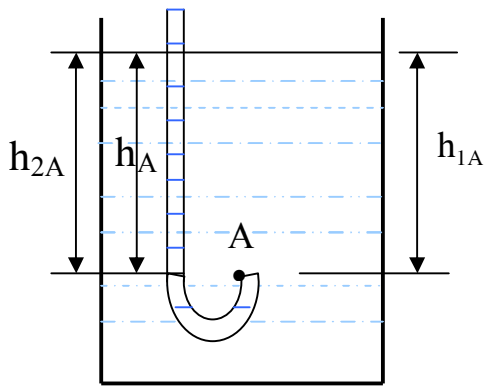
I.-suyuqlik o'zi ta'sir qilayotgan yuzaga doimo normal yo'nalib siquvchi kuch hisoblanadi. Bu kuch doimo ichki tomonga yo'nalgan bo'ladi.



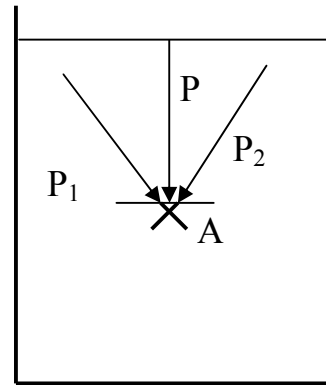
1.4-rasm. Har xil shakildagi idishlar berilgan

Istalgan formadagi (1.4-rasmda) idishlar yuzasiga bosim normal yoki perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi. Shar yoki tsilindrik idishlarda bosim yo'nalishini topish uchun, shu devorga urinma o'tkazilib, bosim urinmaga normal- perpendikulyar yo'nalgan deb olinadi.

II-istalgan nuqtadagi bosim (1.5-rasmda) qiymati barcha tomonga bir xil qiymatda bo'ladi.  $P = \gamma h_{1A} = \gamma h_{2A} = \gamma h_A$ .



Yoki

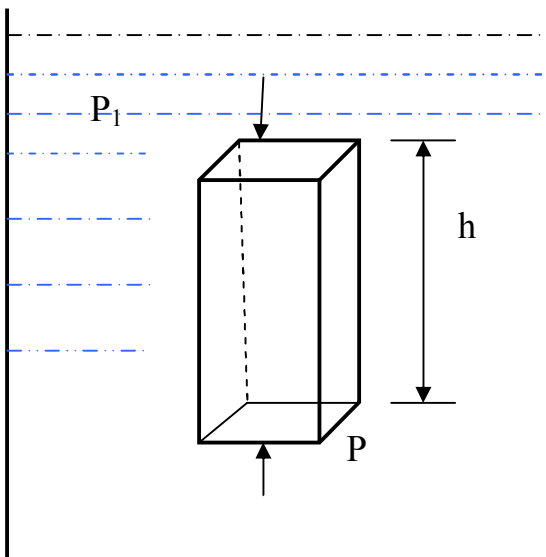


1.5-rasm

Suyuqlikga tushirilgan prizmatik jism kesimi  $\Delta F$  va balandligi  $h$ . Shu jismga ta'sir qiluvchi kuchlarni vertikal o'qqa proektsiyasi muvozanat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$P\Delta F = P_1\Delta F + \rho gh\Delta F; \text{ hosil qilamiz.}$$

Bu erda  $R_1$ —prizmaning (1.6-rasm) yuzasiga qo'yilgan bosim,  $R$  - prizmaning tagiga ta'sir etuvchi bosim,  $\rho gh\Delta F$  - suyuqlik og'irligining bosimi.



1.6-rasm. Arximed qonuniga chizma

Tenglamaning ikki tomonidan  $\Delta F$  ni qisqartirib yuborsak

$$R = R_1 + \rho gh = R_1 + \gamma h; \quad (1.11)$$

Agar prizmaning yuqori qismi havo bilan tutashganligini inobatga olinsa, u holda quyidagi tenglama hosil bo'ladi.

Ushbu  $P = P_0 + \gamma h$  - tenglama gidrostatikaning asosiy formulasi deyiladi. Idishdagi gorizantal bo'yicha barcha nuqtalarda bosim bir xil qiymatga ega bo'ladi. Bu tenglamada  $R$  nuqtadagi to'liq bosim yoki absolyut bosim deyiladi.

$$D_{abs} = D_0 + \gamma h. \quad (1.12)$$

1.6-jadval

Bosim qiymatining har xil o'lchov sistemalarida bir-biriga mutanosibligi quyidagicha

Birliklar	Pa	Bar	kgk/sm <sup>2</sup>	mm.sim.ust	mm.suv.us t
1 Pa	1	10 <sup>-5</sup>	1,02•10 <sup>-5</sup>	7,5•10 <sup>-3</sup>	0,102
1 Bar	10 <sup>5</sup>	1	1,02	7,5•10 <sup>-2</sup>	10000
1 kGs/sm <sup>2</sup>	9,81•10 <sup>3</sup>	0,981	1	760	10000
1 mm.sim.ust	133	1,33•10 <sup>3</sup>	1,36•10 <sup>-3</sup>	1	13,6
1 mm.suv.ust	9,81	9,81•10 <sup>-3</sup>	1•10 <sup>-4</sup>	0,070	1

Agar idish ochiq bo'lsa, u holda  $R_0 = R_{atm}$  ga teng bo'ladi, ya'ni

$$P_{abs} = P_{atm} + \gamma h \quad (1.13)$$



## 1.5. BOSIM O'LCHASH ASBOBLARI. PASKAL QONUNI

Bosim o'lchash asboblarini 2 guruhga ajratiladi. Bular suyuqlik bilan ishlaydigan va mexanik asboblar.

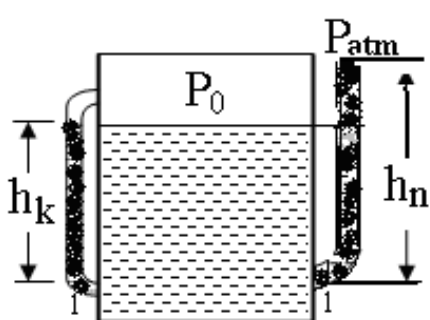
1. Suyuqlik bilan ishlaydigan bosim o'lchash asboblariga quyidagilar kiradi:

a) P'ezometr. b)  $U$  - simon manometrlar. v) Differentsial manometrlar. g) Chashkali (idishli) manometrlar. d) Mikromanometrlar. e) Vakuummeterlar.

2. Mexanik asboblar: a) Prujinali manometr. b) Membranali manometr.

Endi texnikada ko'p ishlatiladigan manometrlarning ba'zi birlari bilan tanishamiz.

I. P'ezometrlar. P'ezometrlar deb, diametri 1sm gacha bo'lgan (1.7-rasmda) shisha naychalarga aytiladi.



1.7-rasm.

$h_p$ -p'ezometr balandligi.  $h_k$ -kuzatuv oynasidagi suyuqlik balandligi bo'lib, idishdagi suyuqlik balandligini ko'rish uchun ishlatiladi.

P'ezometr balandligi  $h_p$ -ma'lum bo'lsa, idish ichidagi ortiqcha bosim quyidagiga teng

$$R_{ort} = \rho g h_n. \quad (1.14)$$

1-1 kesimi chap va o'ng tomonlarida bosimlar bir-biriga teng, ya'ni

$$R_0 + \gamma h_k = R_{atm} + \gamma h_p \quad (1.15)$$

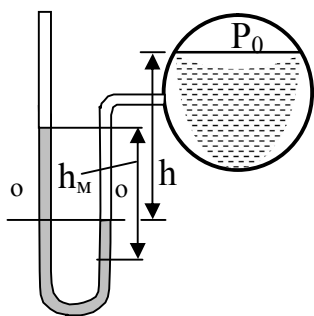
bu formuladan  $h_i = h_i = \frac{P_0 - P_{atm}}{\gamma} + h_k$  ga teng bo'ladi.

Ochiq idishlarda esa  $P_{ort} = \gamma h_n$  ga teng. Bu formuladan  $h_i = \frac{P_{ort}}{\gamma}$  kelib chiqadi,

$R_{ort}$  qancha ko'p bo'lsa, p'ezometr balandligi ham shuncha katta bo'ladi.

II.  $U$  - simon manometrlar (1.8- rasm ).

P'ezometr yordamida bosimni 0,1-0,2 atm-gacha o'lchash mumkin. Undan yuqori bosimlar esa  $U$  - simon manometrlarda o'lchanadi.



1.8-rasm.  $U$  - simon manometrlar

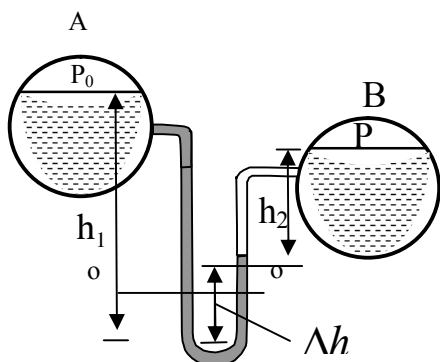
$U$ - simon manometrlar og'ir suyuqlik bilan, ya'ni simob bilan to'ldiriladi. Simob orqali o'lchanganda  $l_{atm} = 760\text{mm}$  simob ustuniga teng  $R_m = \gamma h_m$ . Idish ichidagi bosim  $R_0$  oshsa, simob chap tomondagi shishada ko'tarilib, o'ng tomondagi shishada pastga tushadi.

Shu balandliklar farqi  $h_m$  bilan belgilanadi.

$P_{ort} = \gamma h_m$ .  $h_m = 0,76$  m bo'lsa, truba ichida 1 atm bosim bo'ladi.

$$P_{avs} = P_0 + \gamma h_m \quad (1.16)$$

### III. Differentsial manometr



1.9-rasm. Differentsial manometr

Differentsial manometrlar (1.9-rasmda) ikki idishdagi bosimlar farqini o'lchash uchun mo'ljallangan.

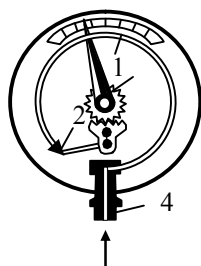
Bunda  $U$  - simon manometr simob bilan to'ldiriladi, u holda  $D_{orto} = \gamma_s \Delta h$  simobning solishtirma og'irligi.

$\Delta h$ -simob ustunlari orasidagi farq.

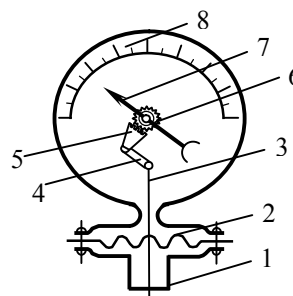
IV. Mikromanometrlar - juda kichik bosimlarni aniq o'lchash uchun qo'llaniladi.

V. Vakuummetrlar (1.10 - rasmda)  $U$  - simon manometrlar tuzilishi singari bo'lib, quvurlardagi va idishlardagi havoning siyraklanishini, ya'ni vakuumni o'lchaydi.

VI. Mexanik manometrlar (1.11-rasmda). Mexanik manometrlar juda katta qiymatdagi bosimlarni ham o'lchay oladi. Strelkalar ko'rsatishiga qarab, bosim qiymati shkaladan olinadi. Bunda bosim qiymati qancha katta bo'lsa, prujina shuncha katta ochilib, bosim qiymati shkalada namoyon bo'ladi.



1.10 - rasm. Prujinali manometr.



1.11 - rasm. Membranali manometr.

Bosim oshgan sari prujina qattiqlasha borib, manometrlar himoyali qilib tayyorlanadi.

#### 1.5.1. BOSIM TURLARI

Bosim qiymatiga qarab ular bir necha turlarga bo'linadi.

1. Atmosfera bosimi – bu atrofimizni qurshab olgan normal havo bosimidir.

Atmosfera bosimi -  $R_{atm}$  bilan belgilanadi va u quyidagiga teng.

$$1_{atm} = 1 \frac{kgk}{sm^2} = 0,98bar = 0,98 \cdot 10^5 Pa = 9,8 \frac{dina}{sm^2} = 10000 \frac{kgk}{m^2} = 98100 \frac{I}{I^2} = 10m \text{ suv ustuni}$$

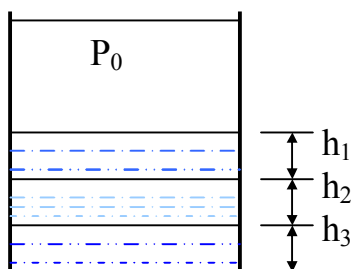
va 760 mm simob ustunidir.

Atmosfera bosimi barometr asbobi yordamida o'lchanadi. Atmosfera bosimi shamolning tez yoki sekinligiga, havo o'zgarishiga qarab o'zgarib turuvchi qiymat hisoblanadi.

2. Absolyut bosim deganda avvalgi mavzularda yoritilganidek, to'liq bosimni tushunamiz. Agar idish ichida bir xil suyuqlik bo'lsa, u holda

$$R_{abs} = R_0 + \gamma h .$$

Agar idishda bir-biri bilan aralashmaydigan bir necha xil suyuqlik bo'lsa, u holda (1.12-rasm).



1.12-rasm.

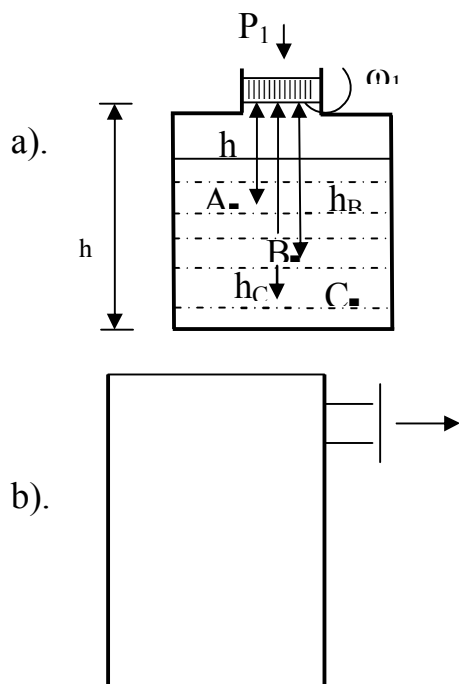
ya'ni  $D_{ort} = D_{\dot{A}\dot{A}\dot{N}} - D_{\dot{a}tm}$ ; Agar idish yopiq bo'lsa, u holda

$$D_{irt} = D_{abs} - D_{\dot{a}tm} = D + \gamma h - P_{\dot{a}tm} ;$$

Idish usti ochiq bo'lsa, u holda  $P_{ort} = P_{ABC} - P_{\dot{a}tm} = P_{\dot{a}tm} + \gamma h - P_{\dot{a}tm} = \gamma h$ , ya'ni ortiqcha bosim suyuqlik ustunining bosimidir. Daryo, dengizlar chuqurligini bilsak, uning har bir metr chuqurligini ortiqcha bosim orqali aniqlanadi.

4. Vakuummetr bosimi. Idish ichidagi havosi so'rib olinsa, u holda idish ichida  $1_{amM}$  dan past bosim hosil bo'ladi. Vakuummetr bosimi deb -  $1_{\dot{a}tm}$  bosimga etmagan bosimga aytiladi, ya'ni  $D_{vak} = D_{\dot{a}tm} - D_{abs}$ .

Idishga biror bir suyuqlik solib uning yuzasidan porshen bilan bossak, u holda suyuqlik yuzasida bosim paydo bo'ladi.



1.13, a-b-rasmlar.

Idish tagiga bo'lgan to'liq bosim

$R_{abs} = R_0 + \gamma h = R_1 / \omega_1 + \gamma h$ ; bo'ladi bu erda  $R_0$  - tashqi bosim. Tegishli no'qtalardagi bosim 1.13, a-rasmda,

$$R_{absA} = R_0 + \gamma h_A;$$

$$R_{absV} = R_0 + \gamma h_V;$$

$$R_{absS} = R_0 + \gamma h_S;$$

formular bilan ifodalanadi .

Bu hodisa Paskal qonuni bilan ifodalanadi 113, b-rasmda.

Havosi so'rib olingan sari  $P_{ABC}$  - kamaya boradi, vakuummetr bosimi esa oshib, oxiri  $1_{amM}$  vakuummetr bosimga teng bo'ladi. Misol uchun;

$$P_{vak} = 1_{amM} - 0,8_{amM} = 0,2_{amM} \text{ bosimi}$$

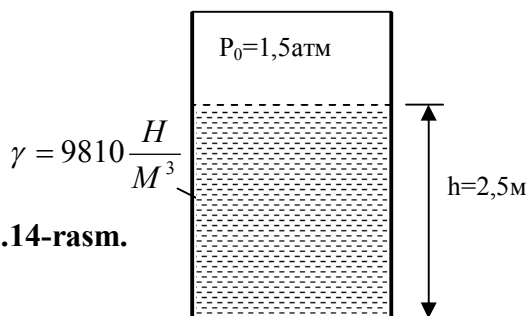
$$P_{vak} = 1_{amM} - 0,4_{amM} = 0,6_{amM} \text{ bosimi}$$

$$P_{vak} = 1_{amM} - 0_{amM} = 1,0_{amM} \text{ bosimi}$$

Vakuum yordamida chuqurlikdagi suyuqliklar tepaga ko'tariladi va vakuummetr bosimi  $1_{atm}$  ga tenglashganda, suyuqlikni 10 metrgacha tepaga ko'tarish mumkin (suv uchun).

Barcha nasoslar vakuum hosil qilib, suyuqliklarni tepaga so'rib tortib olish xossasiga ega. Agar nasos pasportida (xarakteristikasida)  $D_a = 0,5_{atm}$  bo'lsa, suyuqlik 5 metrgacha ko'tariladi va hakozi.

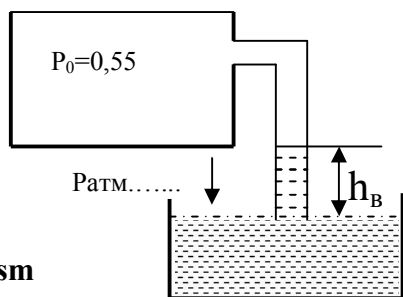
**Masala.**



1.14-rasm.

Idishdagi suyuqlik chuqurligi  $h=2,5$  m. Suyuqlik sathidagi bosim  $R_0=1,5$  atm bo'lsa. Absolyut va ortiqcha bosimlari SI sistemada (1.14-rasm) topilsin.

**Masala.**



1.15-rasm

Idish ichidagi to'liq bosim  $P_a = P_0 = 0,55$  atm. Agar pastdagi idishga birinchi maratoba suv, ikkinchi maratoba simob solinsa,  $h_v$  1.15-rasmda – topilsin.  $\gamma_1$  – cyb  $R_{vak} = R_{atm} - R_{abs}$ .

$\gamma_2$  – cymob  $l_{atm} = 98100 \text{ n/m}^2$ ;  
 $h_v = R_{vak} / \gamma_1$ ,  $h_v = R_{abs} / \gamma_2$ .

**Masala.**

Uch xil suyuqlik uchun suyuqlik chuqurligi  $h=?$  topilsin. Agar suyuqlik yuzasidagi bosim.  $R_{ort} = R_{man} = 0,8_{atm}$ .  $N_1=?$ ;  $H_2=?$ ;  $H_3=?$ ;

- 1 suyuqlik: suv  $\gamma=9810 \text{ n/m}^3$ ;
- 2 suyuqlik: simob  $\gamma=13600 \text{ kGs/m}^3$ ;
- 3 suyuqlik: spirt  $\gamma=84366 \text{ dina/sm}^2$ .

**Masala.**

Yopiq idish yuzasidagi absolyut bosim 0,6 atm. ikki xil suyuqlik uchun vakuummetr bosimi qiymati topilsin.

- Agar; a) Suv  $\gamma=9810 \text{ n/m}^2$ .
- b) Simob  $\gamma=133416 \text{ n/m}^3$ .

**Masala.**

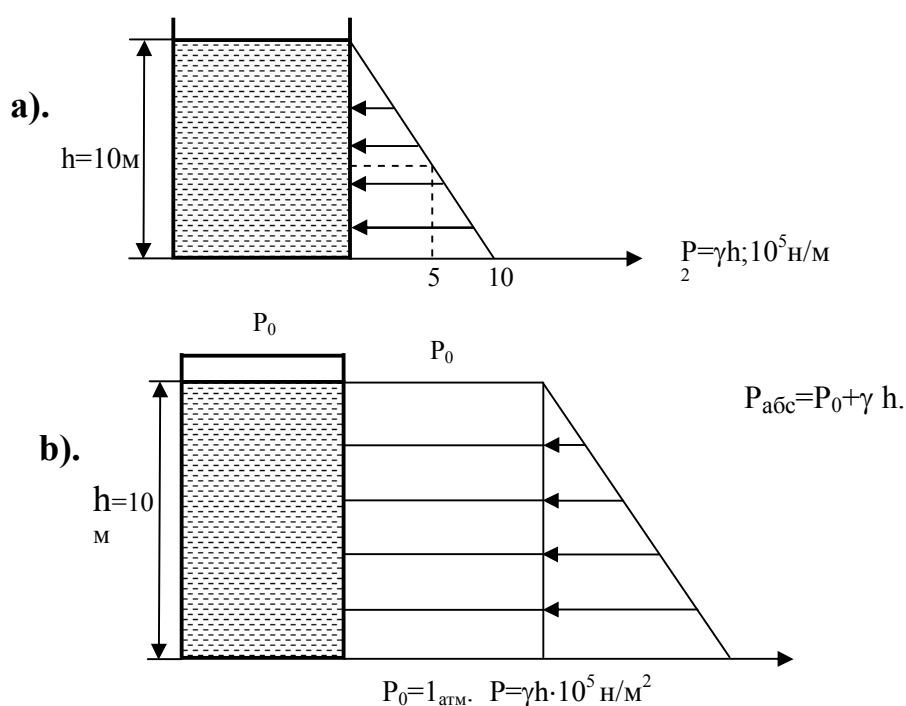
Idishning chuqurligi 85m eritma bilan to'ldirilgan  $\rho_{eritma} = 1250 \text{ kg/m}^3$ . Idish tagiga bo'lgan ortiqcha bosim topilsin  $R_{ort}=?$

Paskal qonuni bo'yicha yopiq idishdagi suyuqlik yuzasiga berilgan bosim  $P_0 = P_1/\omega$  suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil ta'sir etadi.  $R_0$ -suyuqlik yuzasidagi bosim barcha nuqtalarga bir xil uzatiladi. Aksariyat gidromashinalar Paskal qonuni asosida ishlaydi. Bunga gidropress, domkratlar, gidroakkumulyatorlar, hajmiy yuritma, hajmiy gidrouzatmalarning ishlash printsipini misol keltirish mumkin.

## 1.5.2. GIDROSTATIK BOSIM EPYURALARI

Gidrostatik bosimning xossalaridan bizga ma'lumki, u idish devorining tuzilishiga qarab har bir nuqtalarda normal yoki perpendikulyar bo'ladi, demak kanal, o'zan va daryolarda bosim epyurasi quyidagicha bo'ladi.

Gidrostatik bosim epyurasi deb, idishning ichida har bir nuqtada bosim qiymatini chizmalarda ko'rsatishga aytamiz (1.16, a-b-rasmlarda). Bosim epyurasini chizish uchun formulaga etibor beramiz  $R=\gamma h$ .  $h$ -ga qiymatlar bersak, bosim oshib boradi. Bosim va balandlik bir-biriga to'g'ri proporsional. Demak, bosim epyurasini chizish uchun 2ta nuqtada bosimni hisoblaymiz:  $h=0$ . suyuqlik sirtida  $R=0$  bosim ham yo'q;  $h=10m$  olsak,  $R=\gamma h=9810 \cdot 10=98100 \text{ n/m}^2$ . Bu qiymatlarni aniq masshtabda chizsak, u holda bosim epyurasi paydo bo'ladi.



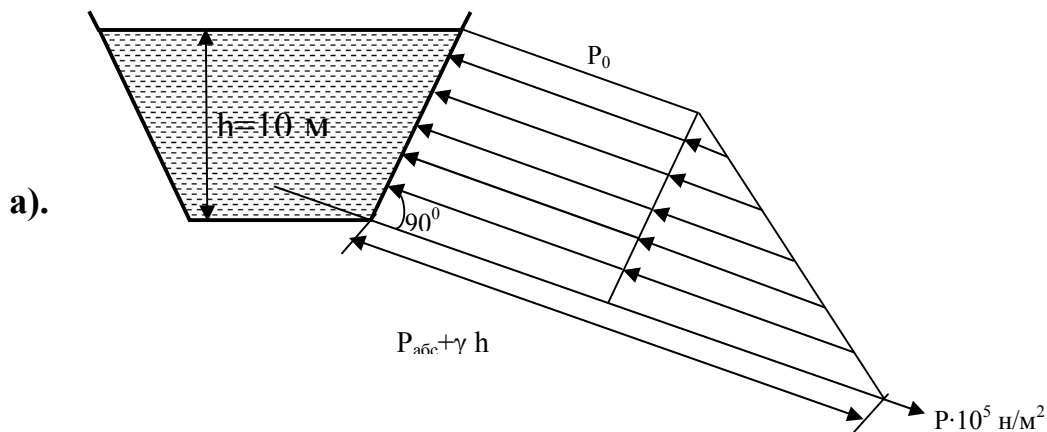
1.16, a-b-rasmlar. Bosim epyurasi

Bu epyuralardan foydalanib istalgan chuqurlikdagi bosim qiymatini topish mumkin bo'ladi. Masalan;  $h=5m$  bo'lsa, 5 m dan epyura chizig'iga tug'ri chiziq o'tkazib, so'ngra pastga yo'naltiramiz,  $h=5m$ ,  $R=\gamma h=9810 \cdot 5=49050 \text{ n/m}^2$ .  $h=50m$  bulsa,

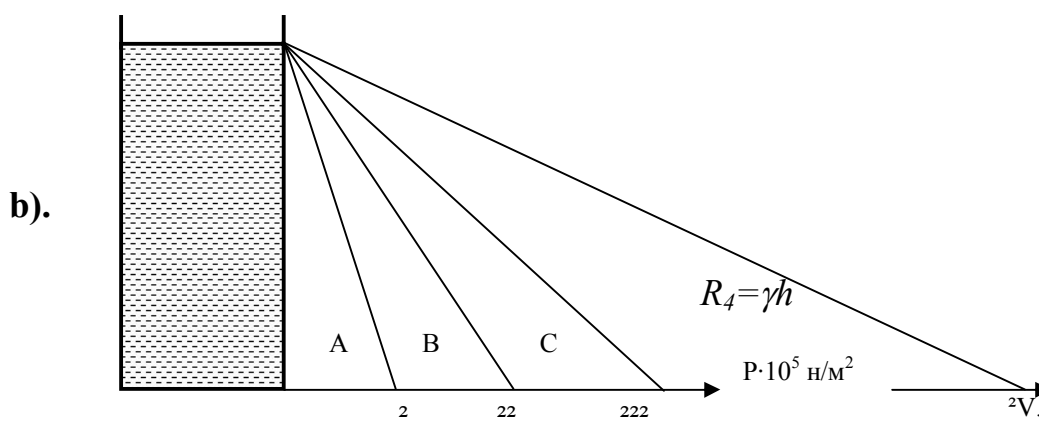
$$P = \gamma h = 9810 \cdot 50 = 490500 \text{ n/m}^2; h = 500 \text{ m,}$$

$$\text{bo'lsa } P = \gamma h = 9810 \cdot 500 = 4905000 \text{ n/m}^2$$

Oraliqdagi qiymatlarni ham istalgan chuqurlikka bosim qiymatini epyuradan foydalanib (1.18, a-b-rasmlarda) topsa bo'ladi. Agar idish devorlari qiya bo'lsa, bosim epyurasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi.



Eng engil suyuqlik kam bosim hosil qilib, og'irligi oshgan sari bosim oshadi.



1.18, a-b-rasmlar.

$R_1 = \gamma h_A$  - efir suyuqligi.  $R_2 = \gamma h_V$  - oddiy suv.  $R_3 = \gamma h_S$  - sulfat kislotasi.  
 $R_4 = \gamma h$  - simob olsak, bosim suvga nisbatan 13,6 marta kattalashadi.

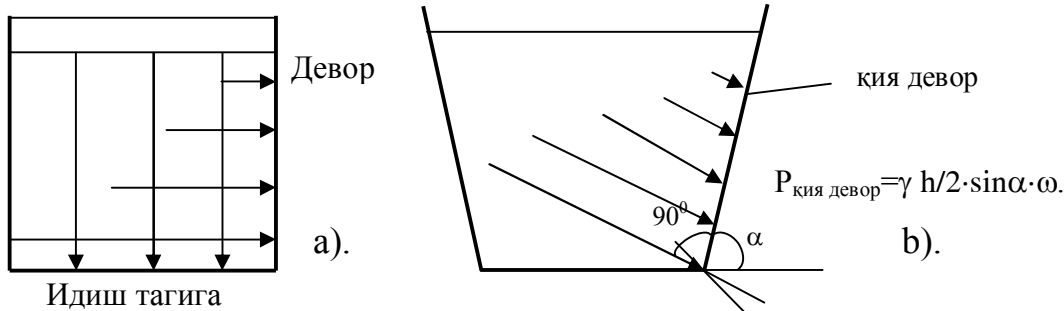
### 1.5.3. GIDROSTATIK BOSIM KUCHI

Yana bir marta bosim formulasi  $P = \frac{P}{\omega}$  dan foydalansak, bu erdan  $R$ -gidrostatik bosim kuchini topamiz,  $R = r \cdot \omega = \gamma h \cdot \omega$ ; Idish tagi dumaloq shaklda bo'lsa,  $\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \pi r^2$  deb olamiz. Idish tagi to'rtburchak shaklda bo'lsa,  $\omega = a \cdot v$ ; Agar to'rtburchakning tomonlari teng bo'lsa, u holda  $\omega = a \cdot a = a^2$  bo'ladi.

Gidrostatik bosim kuchining devorga ta'siri aniqlansin. Idish devorlariga bosim kuchi, xuddi bosim epyurasi kabi chuqurlik ortgan sari gidrostatik bosim kuchi ham ortib boradi. Shuning uchun gidrostatik bosim kuchi idish devoriga nisbatan olganda, (1.19, a-b-rasmlarda) idish tug'ri turt burchak shakilda bo'lsa, taxminan 2 baravar kam bo'ladi.

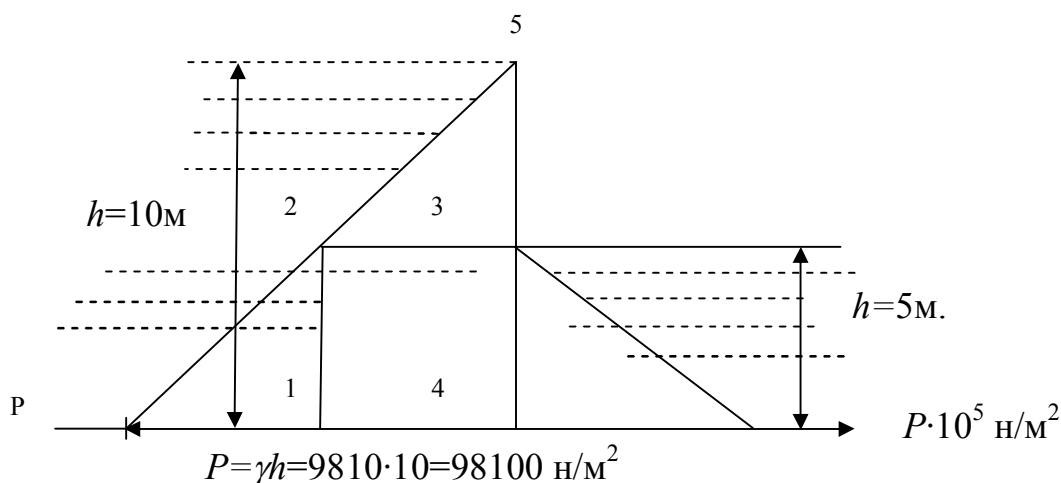
$$D_{devor} = \gamma \frac{h}{2} \cdot \omega ; \quad (1.17)$$

Agar idish devori qiya bo'lsa, suyuqlik miqdori oshadi va u qiyalik darajasi sinα ga bog'liq bo'ladi.



1.19, a-b-rasmlar.

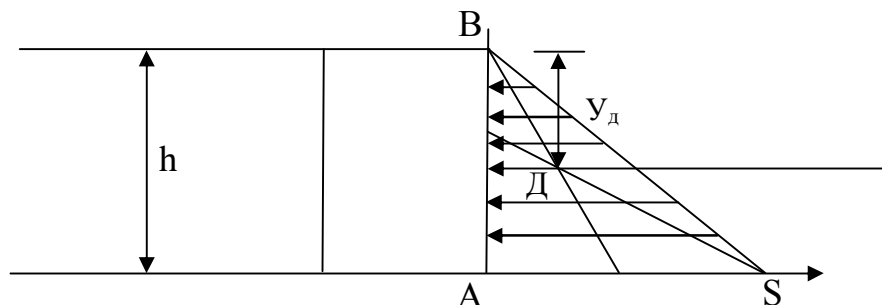
Suyuqlik yo'li to'silgan bo'lsa va ikki tomonidan suyuqlik bosim kuchi ta'sir qilayotgan bo'lsa (1.20-rasmda).



Bosim kuchi 1 - 2 - 5 - 3 - 4 - 1 qirqim yuzasiga ta'sir qiladi.  $D_1 = \gamma h_1 \omega_1$ ;  $D_2 = \gamma h_2 \cdot \omega_2$ ; Teng ta'sir qiluvchi kuch  $R = R_1 - R_2$ .

#### 1.5.4. GIDROSTATIK BOSIM KUCHI QO'YILADIGAN MASOFA

Idish devorlari muvozanatda turishi uchun, devorlarga teskari tomonidan gidrostatik bosim kuchiga teng kuch qo'yiladi. Kuch shunday balandlikda yoki chuqurlikda qo'yilishi kerakki, bu nuqtaning tepasidagi kuchlar yig'indisi nuqtadan pastdagi kuchlar yig'indisiga tenglashsin. Bu nuqtani uchburchak bosim epyurasi orqali aniqlaymiz (1.21-rasmda).



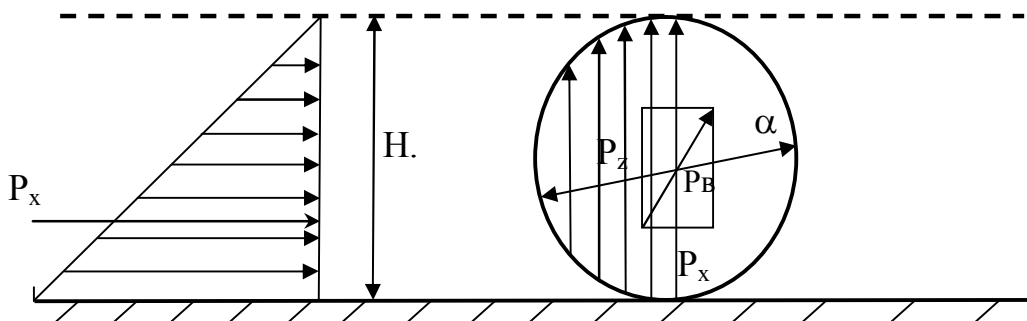
1.21-rasm.

ABS to'g'ri tomonli uchburchakni  $\vartheta$  va  $S$  burchaklari ikkiga bo'linadi va uchrashgan joyi  $D$  kuch qo'yilish nuqtasi bo'ladi. Uchburchak burchaklarini 2 ga bo'lib,

ularni uchrashuv nuqtasi  $D$  ni topamiz, u umumiy balandlik  $N$  ning  $2/3$  n qismiga teng ekan, kuch qo'yilish nuqtasi balandligini  $U_D$  deb belgilaymiz. Demak  $U_D = 2/3 \cdot 15 = 10m$  da kuch qo'yilishi kerak ekan.

### 1.5.5. DUMALOQ QUVURLAR UCHUN SUYUQLIK BOSIMI EPYURASI VA KUCHI

Tinch turgan idish yuzasi tekis to'siq bo'lmay xuddi tsisternalarga o'xshash bo'lsa, u holda bosim epyurasi 2 xil ko'rinishga va bosim kuchi 2 xil yo'nalishga ega (1.22-rasmda) bo'ladi.



1.22-rasm.

Bunda idishga qo'yilgan kuchlar gorizontaal va vertikal kuchlarga bo'linib, ular qiymati yig'indilarining kvadratini ildizdan chiqarilganiga teng.  $P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$ ; bu erda  $R_x$ -gorizontaal gidrostatik bosim kuchi  $P_x = \frac{\gamma h \cdot \omega}{2} = \frac{1}{2} \gamma R \cdot R \cdot B$ ; bu erda  $R$ -radius,  $V$ -tsisterna kengligi;  $R_z$ -vertikal yuzaga ta'sir qiluvchi gidrostatik bosim kuchi  $P_z = \frac{1}{4} \gamma \pi R^2 \cdot B$ ; orqali topamiz.

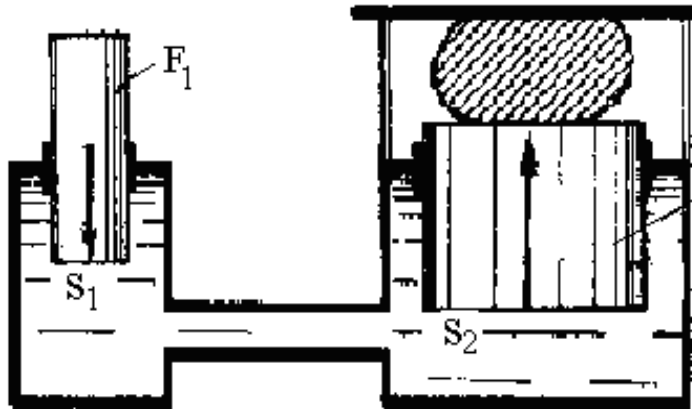
### 1.6. GIDROSTATIK MASHINALAR. ARXIMED QONUNI

Mashinasozlik amaliyotida ko'pgina hollarda, bosimni uzatishda suyuqliklardan foydalaniladi. Bunday printsipda ishlatiladigan uskunalari – *gidravlik mashinalar* deyiladi. Gidravlik presslar (1.24-rasm), multiplikatorlar (1.25-rasm), gidravlik mashinalar boshqaruv sistemalari, ko'targichlar, domkratlar shular jumlasiga kiradi.

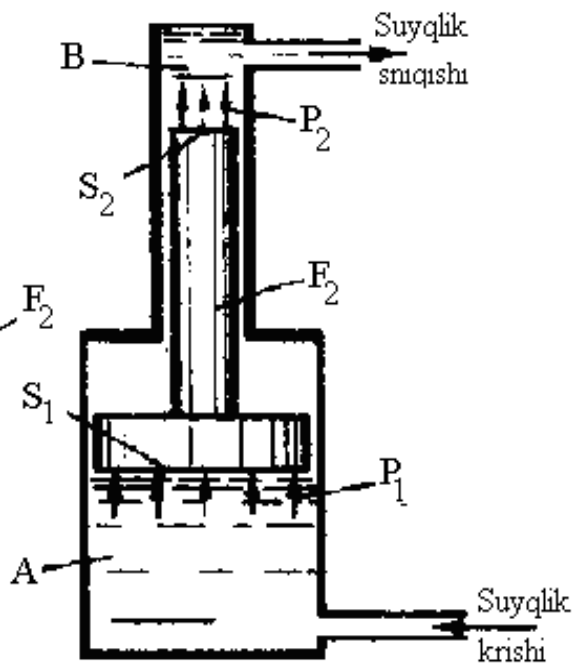
Har xil konstruksiyaga ega bo'lgan va turli yo'nalishlarda ishlatiladigan bu mashinalarda, asosan, bir xil ifodaga asoslangan qonuniyatdan foydalaniladi. Suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasiga uzatilgan tashqi bosim - uning boshqa hamma nuqtalariga o'zgarmsdan uzatiladi.

Yuqorida qayd etilgan mashinalarning ayrimlari bilan tanishamiz gidravlik press tasvirlangan. Yuqorida qayd etilgan qoidaga asosan  $S_1$  yuzali  $F_1$  porshenga  $R_1$  kuch qo'yilsa,  $S_2$  yuzali  $F_2$  porshen quyidagi kuch bilan yuqoriga ta'sir etadi.





1.24-rasm. Gidravlik press



1.25-rasm. Multiplikator

$$P_2 = P_1 \frac{S_2}{S_1} \quad (1.18)$$

chunki,

$$\frac{P_1}{S_1} = \frac{P_2}{S_2} = p \quad (1.19)$$

Bu asbob yordamida  $R_1$  kuch ( $S_2 : S_1$ ) marta oshiriladi. Amaliy hisoblarda qurilmaning harakatchan qismlari ishqalanishi ham hisobga olinadi.

1.25-rasmda esa multiplikator tasvirlangan. Agar  $A$  kamerada  $r_1$  bo'lsa,  $V$  kameradagi  $r_2$  bosim ajratilsa, quyidagi shart bajarilishi kerak:

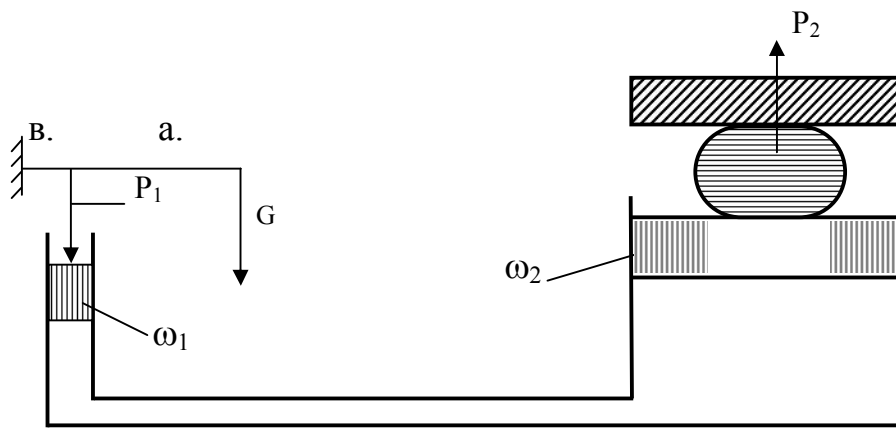
$$P_2 S_2 = P_1 S_1 \quad (1.20)$$

bunga asosan,

$$P_2 = P_1 \frac{S_1}{S_2} \quad (1.21)$$

qurilma yordamida bosim ( $S_1 : S_2$ ) marotaba oshiriladi.

Gidrostatikaning asosiy qonunlari asosida ishlaydigan mashinalar gidrostatik mashinalar deyiladi. Masalan, sanoat korxonalarining biror sohasi yo'qki, unda gidropresslar ishlamaydigan bo'lsa. Katta va kichik hajmdagi suyuq metallni presslash yordamida har-xil detallar tayyorlanadi. Avtomobil sanoatida ishlatiladigan (1.26-rasmda) gidropresslar yordamida mashinaning 80% qismi tayyorlanadi. Gidropresslar juda kichik kuch yordamida ham katta kuchlar hosil qiladi.



1.26-rasm. Hidroresslarning ishlash printsiplari oyid chizma.

Kichik porshenda katta bosim hosil qilish oson  $p_1 = \frac{P_1}{\omega_1}$  - dan  $\omega_1$ -ni qancha kichiklashtirsak, bosim kuchi shunchaga ortadi.  $r_1$ -bosim qiymati ikkinchi porshen tagiga qiymati o'zgarmay etib boradi, ya'ni bunda  $r_1 = r_2$  (Paskal qonuni) shuning uchun

$$\frac{P_1}{\omega_1} = \frac{P_2}{\omega_2}; \text{ bu erdan } P_2 = \frac{P_1 \cdot \omega_2}{\omega_1}; \quad (1.22)$$

Demak,  $R_2$  – kuch  $R_1$  – kuchga nisbatan  $\omega_2/\omega_1$  – nisbati miqdorida ko'p, ya'ni  $\omega_2$  ni oshirib,  $\omega_1$  – kamaytirsak,  $R_2$  kuch ham oshib boradi. Avtomobil sohasida ishlatiladigan gidroress 600 000 kg-lik kuch hosil qila oladi.

Gidroressning ikkinchi porsheni usti ochiq holda bo'lsa, u holda bunday mashinalar gidroress emas, balki gidrostatik ko'targichga aylanadi. Suyuqlik domkralari shunga asoslangan.

**Masala.**

Diametri  $d=1$  m. bo'lgan dumaloq qopqoq uchun gidrostatik bosim kuchi topilsin.  $\rho_{suv}=1000 \text{ kg/m}^3$ .

**Masala.**

Idish tagiga bo'lgan ortiqcha bosim topilsin, agar suyuqlik balandligi  $h=5$  m. bo'lsa, suyuqlik yuzasida esa  $R_0=0,5 \text{ kGk/sm}^2$  bosim bor.  $D_{\text{a\u0430\u0430}} = D_0 + \gamma h$  dan foydalanib.

**Masala.**

Agar quduqdagi suyuqlik balandligi 85 m., suyuqlikning zichligi  $\rho=1250 \text{ kg/m}^3$  bo'lsa, idish tagiga bo'lgan ortiqcha bosim topilsin.

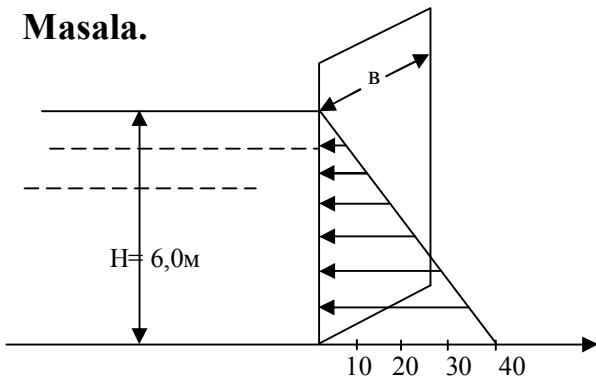
**Masala.**

Metall ponton diametri 4 m. bo'lib, suyuqlikning yuzasiga yuk qo'yilganidan keyin – 0,6 m. ga cho'kdi qo'yilgan yuk og'irligi topilsin.

**Masala.**

Agar absolyut bosim suyuqlik yuzasida 0,8 atm bo'lsa, vakuummetrik bosim balandligi topilsin (1.27-rasmda).  $R_{vak}=R_{atm}-R_{abs}$ .

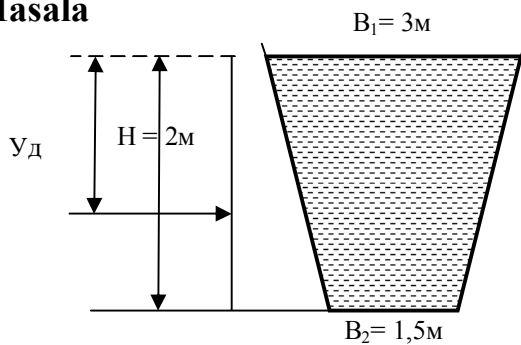
**Masala.**



1.27-rasm.

1. Kanal yo'li to'siq bilan berkitilgan. Shu to'siqqa va shu yuzaga nisbatan bosim epyurasi chizilsin va gidrostatik bosim kuchi aniqlansin. Epyura chizish uchun  $R = \gamma h$  gidrostatik bosim kuchi  $R = \gamma N \cdot \omega$ ;  $v$  - to'siq kengligi

**Masala**

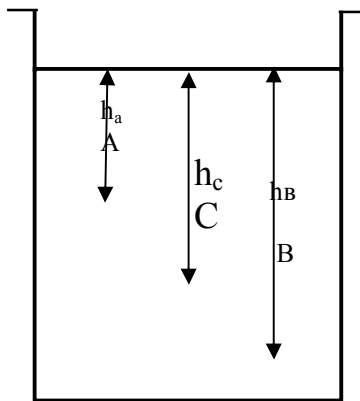


1.28-rasm.

Trapezoidal kanal uchun gidrostatik bosim kuchi aniqlansin kanal kengligi trapetsiya hamda trapetsiya yuzasi (1.28-rasmda)  $\omega = N(V_1 + V_2)/2$ ;  $\gamma = 9810 \text{ n/m}^2$

Gidrostatik bosim kuchi  $R = \gamma N \omega$ ;  
Kuch qo'yilish nuqtasi  $U_D$ .  $U_D = 2/3 N$ ;

**Masala**



1.29-rasm.

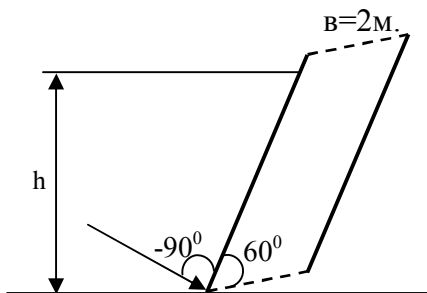
A, V va S nuqtalardagi gidrostatik bosim yoki ortiqcha bosim (1.29-rasmda) topilsin.

$$D_a = g h_a ;$$

$$D_s = g h_s ;$$

$$D_{\hat{a}} = g h_{\hat{a}} .$$

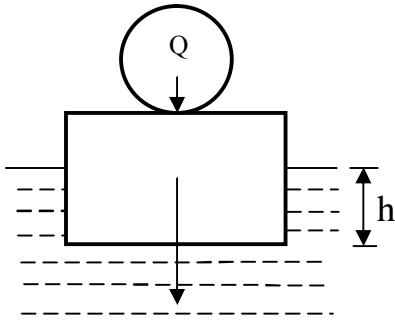
**Masala**



1.30-rasm.

Suyuqlik yo'lidagi to'siq to'g'ri to'rtburchak shaklida. U erga nisbatan qiya  $60^\circ$  da joylashgan. Agar suyuqlik balandligi  $h = 3 \text{ m}$  bo'lsa, gidrostatik bosim kuchi va uning qo'yilish nuqtasini topilsin.  $D_{kush} = g h_{mark} \cdot \omega$ ;  $\omega = e \cdot h / \sin x$ ;  $h_{mar} = h/2$ ;  $U_d$ -kuch (1.30-rasmda) qo'yiladigan nuqta  $U_d = 2/3$ ;  $h/\sin \alpha$ ;  $2h/3 \sin \alpha$ .

## Masala



1.31-rasm.

$$P_z = \gamma h \cdot \omega = 9810 \cdot 320h; \quad h = P_z / \gamma 10 = 8 \cdot 10^6 / 9810 \cdot 320 = 2,55m.$$

Ponton hajmi  $W = V \cdot L \cdot h$  -?

Daryo yuk tashish uchun ponton qo'llaniladi, pontonning o'z og'irligi

$$G = 1 \cdot 10^6 \text{ ustidagi yuk } Q = 7 \cdot 10^6 \text{ N, yig'indi } R_z = G + Q = 1 \cdot 10^6 + 7 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^3 \text{ kN.}$$

Shu ponton siqib chiqargan suv hajmini (1.31-rasm) toping? Ponton uzunligi  $L = 20m$ .

Kengligi  $V = 16m$ . Cho'kkan balandligi  $h$ .

Yuzasi  $\omega = V \cdot L$ . Hajmi  $W = B \cdot L \cdot h = 16 \cdot 20$ ,  $h = 320$  m.

## 1.7. JISMLARNI SUYUQLIKDA SUZISHI. SUZUVCHANLIK. NISBIY TINCHLIK. ARXIMED QONUNI

Agar ixtiyoriy  $G$  suyuqlik ichiga tushirilgan jism og'irligi  $P$  ko'tarish kuchidan  $P = \gamma W$  kichik, ya'ni  $G > P$  bo'lsa, u holda jism suyuqlik yuzasiga qalqib chiqadi. Agar  $G < P$  bo'lsa, jism suyuqlikka cho'kadi.

$$G = P = \gamma W \quad (1.34)$$

bo'lsa, jism suyuqlik ichida muallaq holda suzib yuradi.

Agar jism suyuqlik sirtida suzib yursa, bunda suv yuzasida suzish deyiladi. Aksincha esa suv osti suzish deyiladi.

Bunda har ikkala holatda ham ko'tarish kuchi  $R$  jism og'irligiga teng bo'lishi kerak.

$$P = G$$

Agar jism butun hajm bo'yicha  $W_1$  bir jinsli (masalan, g'ola) hajmiy og'irligi  $\gamma_1$  bo'lib, suyuqlikda  $\gamma$  hajmiy og'irlik bilan suzib yursa, suv ustida

$$\text{suzishi uchun} \quad \gamma_1 W_1 = \gamma W \quad (1.35)$$

$$\text{bundan} \quad \frac{W}{W_1} = \frac{\gamma_1}{\gamma} \quad (1.37)$$

Suv ustida suzishi uchun esa  $W_1 = W$ , chunonchi  $\gamma_1 = \gamma$ .

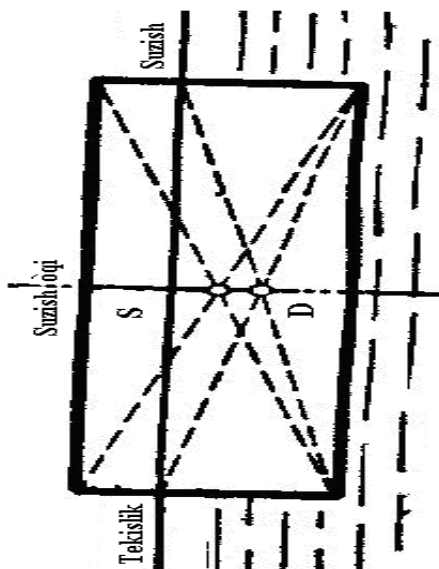
Bir jinsli jismlarning suv sirtida suzib yurishi holatidagi jismning botishini aniqlashda qo'llaniladi.

Suzib yuruvchi jismlarning cho'kishi deganda jism namlangan sirtining eng quyi nuqtasining botishi tushuniladi.

Suzib yuruvchi jismni kesib o'tuvchi suyuqlik yuzasining erkin sirtiga suzish sirti tekisligi deyiladi.

Suzib yuruvchi jism yon sirtining suzish tekisligi bilan kesishish chizig'iga vater chizig'i deyiladi.

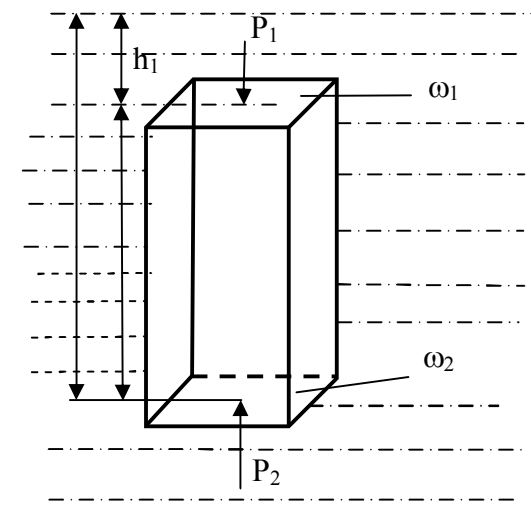
Jismning og'irlik markazi  $S$  dan va suvning sig'im markazi  $D$  dan o'tuvchi chiziqqa suzish o'qi deyiladi (1.32-rasm).



1.32-rasm. Suzish o'qi va Vater chizirlari

Vater chizirlar bilan chegaralangan maydonning og'irlik markazi orqali o'tuvchi bo'ylama chiziqqa vater chizig'i maydonning bo'ylama o'qi deyiladi. Bo'ylama o'qqa perpendikulyar yo'nalishdagi shu nuqtadan o'tuvchi gorizontaal chiziqqa vater chizig'i maydonning ko'ndalang o'qi deyiladi. Agar suv ostida yoki suv sirtida suzayotgan jism muvozanatda bo'lsa, u holda suzish vertikal holatda bo'lishi kerak. Kelgusida faqat simmetrik jismlarning suzishini ko'rib chiqamiz.

### 1.7.1 Arximed qonuni



1.33-rasm. Arximed qonuniga doir chizma

Jism biror suyuqlikka tushirilsa, jismni ko'taruvchi, tepaga intiltiruvchi kuch paydo bo'lib, jismni suyuqlik yuzasiga olib chiqishga harakat qiladi. Bu ko'taruvchi kuch Arximed kuchi bo'lib, Arximed qonuni (gipotezasi) (1.33-rasmda) qo'yidagicha ta'riflanadi: Suyuqlikka botirilgan jism o'zining hajmiga teng suyuqlikni siqib chiqaradi va jismga siqib chiqaruvchi kuch ta'sir qilib, bu kuchning kattaligi cho'ktirilgan jism siqib chiqargan suyuqlik hajmining og'irligiga teng.

$$D_{Arx} = D_2 - D_1 = \gamma h_2 \omega_2 - \gamma h_1 \cdot \omega_1 ; \quad \omega_1 = \omega_2 \text{ bo'lgan uchun}$$

$$\gamma \omega (h_2 - h_1) = \gamma \omega H = \gamma W \quad (1.23)$$

Demak,  $D_{A\delta\delta} = \gamma W$  [n] – jism og'irligi yoki suyuqlikka botirilgan jism qancha katta bo'lsa, ko'taruvchi kuch, ya'ni Arximed kuchi ham shuncha katta bo'ladi. Daryo, dengiz va okeanlarda 500000 tonnagacha yuk tashuvchi kemalar harakatlanib, ularning ishlash printsiipi, ya'ni suzishi Arximed qonuniga asoslangan bo'ladi.

Arximed qonuni yopiq va ochiq idishlar uchun ham to'g'ri.

Agar jism yarim cho'kkan holda cuzib yursa, botirilgan jism hajmining og'irligiga teng bo'ladi. Jismlarning suyuqlik sirtiga qalqib chiqishi yoki suyuqlik ichida suzib yurishi yuqorida qayd etilgan kuchlar nisbati bilan aniqlangan.

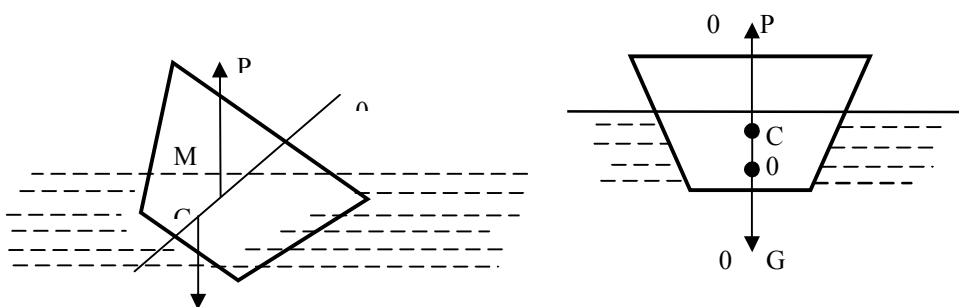
1. Agar  $\gamma_s$  suyuqlik  $>$   $\gamma_j$  jism bo'lsa, ko'taruvchi kuch musbat bo'ladi, bunda jism yuqoriga qalqib chiqadi.

2. Agar  $\gamma_s = \gamma_j$  bo'lsa,  $R_{Arx} = 0$  bo'lib, jism suyuqlik ichida suzib yuradi.

3. Agar  $\gamma_s < \gamma_j$  bo'lsa,  $R_{Arx}$  manfiy, ya'ni jism pastga yo'nalgan bo'ladi, ya'ni jism cho'kadi.

Suzuvchanlik bo'yicha qo'yidagi tushunchalar mavjud:

- 1) Suzish tekisligi – jismni kesib o'tuvchi erkin sath.
- 2) Vater chizig'i – suzish tekisligi bilan jism sirtining kesishish chizig'i.
- 3) Suzayotgan jismning og'irlik markazi –  $S$  nuqta.
- 4) Suzish o'qi – suzayotgan jism normal holatida uning o'rtasidan o'tgan 0-0 o'qi.
- 5) Metamarkaz – jismning qiya (1.34-rasm) holatida teng ta'sir etuvchi bosim kuchi yo'nalishining suzish o'qi bilan kesishish nuqtasi ( $M$ ).



1-34-rasm. Jismni suzuvchanlikka o'yid chizma

Tinch turgan suyuqlikdagi suzib yuruvchi jism muvozanati to'g'risidagi masala – jismning suzuvchanligi hamda uning suvga sho'ng'imag tura olish qobiliyatini o'rganish orqali echiladi.

1. Muayyan kuch ta'siri ostida jismning suzishi – jismning suzuvchanligini bildiradi. Masalan, kemalar suzuvchanlik zahirasi ega bo'lishi kerak. Suzuvchanlik zahirasi deb, kemanding suv ustidagi qismi hajmidagi suv og'irligiga teng bo'lgan qo'shimcha og'irlik tushuniladi.

2. Egiluvchanlik – ya'ni, jismning suyuqlikda egilgandan keyin dastlabki holatiga qaytish xususiyati tushuniladi.

Jismning sirti ixtiyoriy to'g'ri chiziqning faqat ikki nuqtasida kesishadi deb qaraylik (1.7.5.-rasm).

Jismning sirtini koordinata tekisligiga parallel bo'lgan vertikal tekisliklar yordamida elementar maydonchalarga bo'laylik.

U holda  $d\omega'$  va  $d\omega''$  maydonchalarga ta'sir qiluvchi elementar bosim o'qlarning vertikal proektsiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$(dP')_z = p'd\omega' \cos(dP', Z) = p'd\omega'_z \quad (1.26)$$

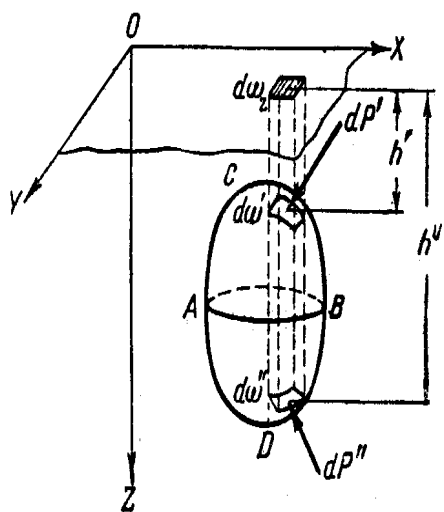
$$(dP'')_z = p''d\omega'' \cos(dP'', Z) = p''d\omega''_z \quad (1.27)$$

bu erda  $p'$  va  $p''$  -  $d\omega'$  va  $d\omega''$  maydonlar og'irlik markazlaridagi bosim.

$$p' = \gamma h' \text{ va } p'' = \gamma h'' \quad (1.28)$$

bundan

$$dP'_z = \gamma h' d\omega'_z; \quad dP''_z = -\gamma h'' d\omega''_z \quad (1.29)$$



1.35-rasm. Arximed qonunini nazariy jixatdan tushintirishga oyid chizma

Arximed qonunini qo'llashga bog'liq bo'lgan masalalar asosan, Eyler, admiral S.O.Makarov (1848-1904 yillar), akademik A.N.Krilov (1963-1945) va boshqalarning kemalar nazariyasiga bag'ishlangan ishlarida o'z aksini topgan. 1.35-rasmda Arximed qonuni suyuqlik ichidagi jism sirtiga suyuqlikning bosim kuchini aniqlashda qo'llaniladi. Arximed qonuni umumta'lim maktab kursida quyidagicha keltiriladi: har qanday qattiq jism suyuqlikka botirilganda o'zining hajmiga teng miqdorda suyuqlikni siqib chiqaradi va bu suyuqlikka siqib chiqarilgan suv hajmiga teng pastdan yuqoriga yo'nalgan kuch ta'sir etadi.

Bundan jismning sirtidagi bosimning  $0z$  o'qidagi proektsiyasi

$$P_z = \gamma \int_{\omega'_z} h' d\omega'_z - \gamma \int_{\omega''_z} h'' d\omega''_z = -\gamma(W'' - W') = -\gamma W \quad (1.30)$$

Bunda,  $W$  – jism siqib chiqargan suyuqlik hajmi;

$W'$  va  $W''$  - prizmalarning hajmi;

$P_z$  kuchini – ko'tarish kuchi deb ataymiz.

Elementar bosimning qolgan ikkita o'qdagi proektsiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$P_x = \gamma \int_{\omega'_x} h' d\omega'_x - \gamma \int_{\omega''_x} h'' d\omega''_x = 0 \quad (1.31)$$

$$P_y = \gamma \int_{\omega'_y} h' d\omega'_y - \gamma \int_{\omega''_y} h'' d\omega''_y = 0 \quad (1.32)$$

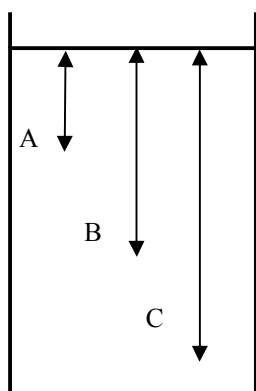
Bunda,  $h' = h''$   $d\omega'_x = d\omega''_x$   $d\omega'_y = d\omega''_y$ , natijada quyidagi xulosaga kelamiz:

Aziz o'quvchilar, yuqorida keltirilgandek Arximed qonuni o'rta maktabdan sizlarga ma'lum: har qanday qattiq jism suyuqlikka botirilganda o'zining og'irligiga teng miqdorda suyuqlikni siqib chiqaradi.

$$P = \gamma W \quad (1.33)$$

bu erda,  $\gamma$  - suyuqlikning hajmiy og'irligi;  $W$  – siqib chiqarilgan suyuqlik hajmi.

## 1.8. SUYUQLIKLARNI IDISH DEVORIDAGI BOSIMI

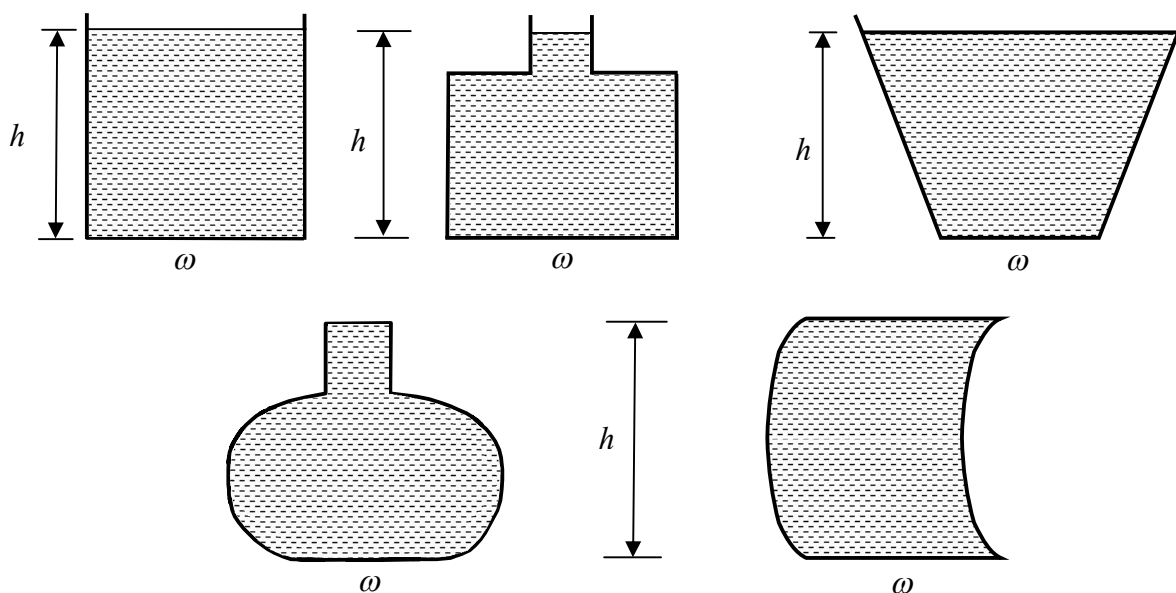


1.36-rasm

Biror idish ichidagi suyuqlik balandligi  $h$  bo'lsa,  $A, V, S$  nuqtalardagi balandliklar  $h_A, h_V, h_S$  bo'ladi. Ushbu nuqtalardagi bosimlar ham har xil,  $R_A < R_V < R_S$ .  $P_A = \gamma h_A$ ,  $P_B = \gamma h_B$ ,  $P_C = \gamma h_C$ . Suyuqlikning erkin sirtidagi bosim  $R_0$ . Suyuqlik tubidagi bosim kuchini qarab ko'ramiz.  $P = \frac{P}{\omega}$  formulasidan foydalanib,  $P = p \cdot \omega$  ekanligini 1.36-rasmda ko'ramiz.

Idish ichidagi suyuqlikning umumiy og'irligi  $P = \gamma h \omega$  [n] da o'lchanadi.

Barcha nuqtalardagi bosim kuchlarini ko'rib chiqamiz.  $P = \gamma h \omega$ ;  $P_A = \gamma h \omega$ ;  $P_B = \gamma h \omega$ ;  $P_C = \gamma h \omega$ . Endi har xil shakldagi idishlarning tagiga bo'layotgan og'irlik kuchini 1.37-rasmda ko'ramiz.



1.37-rasm.  $\omega$  - idish tagi yuzalariga teng

Barcha idishlarda suyuqlik hajmi har xil, lekin  $R$  kuchi barcha idishlarda bir xil. Chunki  $P_1 = \gamma h \omega$ ,  $P_2 = \gamma h \omega$ ,  $P_3 = \gamma h \omega$ . Demak keltirilgan formulalar bo'yicha barcha idishlarda bosim kuchlari bir xil. Mana shu holatga g'ayritabiiylik deyiladi  $P = \gamma h \omega$ ;

Gidravlikada suyuqlik to'ldirilgan idishdagi bosim uning shakliga bog'liq bo'lmay, suyuqlikning balandligi  $-h$  ga va suyuqlik turi, ya'ni suyuqlikning solishtirma og'irligi  $-\gamma$  ga bog'liq, ya'ni  $R = \gamma h$ .



### 1.8.1. YASSI QIYA SIRTGA TA'SIR ETUVCHI GIDRAVLIK BOSIM KUCHINI ANIQLASH USULLARI

Faraz qilaylik, ma'lum qiyalikka ega bo'lgan tekis sirtli, devorli ( $OM$ ) ochiq idish suyuqlik bilan to'ldirilgan (1.38, a-rasm).  $Ox$  va  $Oz$  koordinatalar sistemasining o'qlarini belgilab olamiz.  $Ox$  o'qini rasm tekisligiga tik yo'nalishda (1.38, b-rasm) qabul qilamiz.

$OM$  devorda ixtiyoriy ko'rinishga ega bo'lgan  $S$  yuzani tanlab olamiz. Hidrostatik bosimning birinchi xossasiga asosan, bu yuzaga ta'sir etuvchi bosimlar unga tik yo'nalgan bo'ladi, demak, ixtiyoriy ko'rinishdagi  $S$  yuzaga ega bo'lgan shaklga ta'sir etuvchi to'liq gidrostatik bosim kuchi ham  $P_A$  bu yuzaga tik yo'nalgan bo'ladi. Bu kuchning kattaligini topish uchun shaklda ixtiyoriy  $m$  nuqtani tanlab olib, uning chuqurligi  $h$  va koordinatasini esa  $z$  deb qabul qilamiz. Bunda,

$$h = z \sin \theta \quad (1.38)$$

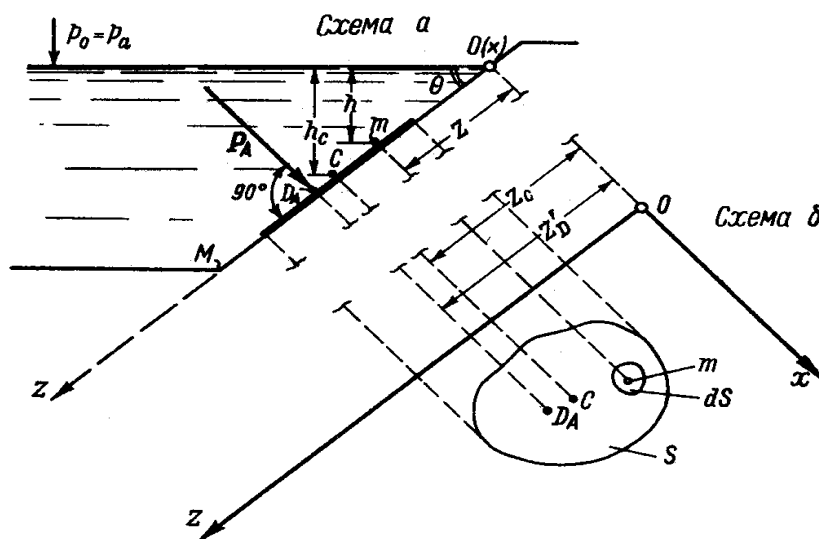
bunda,  $\theta$  - idish yon devori qiyaligi.

$m$  - nuqta atrofidagi  $dS$  yuzaga

$$dP_A = p_a dS \quad (1.39)$$

kuch ta'sir etadi yoki (1.39) ga asosan:

$$dP_A = (p_a + \gamma h) dS = p_a dS + \gamma h dS = p_a dS + \gamma z \sin \theta dS \quad (1.40)$$



1.38, a-b-rasmlar. Yassi qiya sirtga ta'sir etuvchi suyuqlik bosimi

Bu ifodani butun  $S$  yuzaga bo'ylab integrallaymiz.

$$P_A = p_a \int_S dS + \gamma \sin \theta \int_S z dS \quad (1.41)$$

Bundan:

$$\int_S dS = S ; \quad \int_S z dS = (St)_{Ox} = z_C S \quad (1.42)$$

bunda,  $(St)_{Ox}$  — tekis shaklning  $Ox$  o'qqa nisbatan statik momenti;

$z_C$  — shaklning og'irlik markazi koordinatasi.

(4.5) ifodani hisobga olib, (4.4) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$P_A = p_a S + \gamma S z_C \sin \theta \quad (1.43)$$

yoki

$$z_C \sin \theta = h_C \quad \text{bo'lganligi uchun}$$

$$P_A = P_a S + \gamma h_C S \quad (1.44)$$

yoki

$$\boxed{P_A = (P_a + \gamma h_C) S} \quad (1.45)$$

bunda,  $h_C$  - og'irlik markazi chuqurligi.

(4.8) ifodani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$R_A = R_a + R \quad (1.46)$$

bunda,  $R_a$  - atmosfera bosimi ta'siri ostidagi gidrostatik bosim kuchi.

$$R_a = r_a S \quad (1.47)$$

bunda,  $R$  - atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan (og'irlik) bosim hisobiga paydo bo'ladigan gidrostatik bosim kuchi.

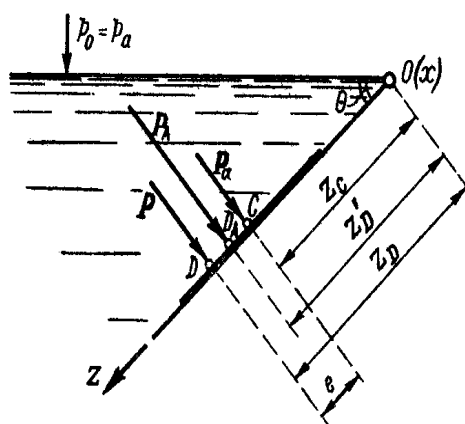
$$R = \gamma h_S S = r_S S \quad (1.48)$$

Xulosa qilish mumkinki, gidrostatik bosim kuchi ta'sir etayotgan shakl yuzasi kattaligini shu shakl og'irlik markaziga ta'sir etuvchi gidrostatik bosim miqdori ko'paytmasiga teng.

Endi bu kuchning qo'yilish nuqtasini aniqlaymiz:

yuqorida ta'kidlanganidek,  $R_A$  - to'liq gidrostatik bosim kuchi  $R_a$  va  $R$  kuchlar yig'indisiga teng.

$R_A$  - gidrostatik bosim kuchining qo'yilish nuqtasi shaklning og'irlik markazi bilan ustma-ust tushadi.  $R$  kuchniki esa, undan pastda, aytaylik,  $D$  nuqtada joylashgan bo'ladi.  $R_a$  kuchning qo'yilish nuqtasi esa bu ikala nuqtaning o'rtasida bo'ladi (1.39-rasm). Bu  $D$  nuqtani topish uchun  $R_a$  va  $R$  kuchlarning geometrik yig'indisini topamiz. Shundan keyin  $D_A$  nuqtani topishga imkoniyat yaraladi. Buning uchun quyidagi qoidadan foydalana-miz.



1.39-rasm. Gidrostatik bosim kuchi markazi

$pds$  kuchlarning  $Ox$  o'qqa nisbatan momentlar yig'indisi  $R$  kuchning shu o'qqa nisbatan momentlar yig'indisiga teng.

Demak,

$$\int_S (pdS)z = Pz_D \quad (1.49)$$

deb yozish mumkin yoki

$$\int_S (\gamma h dS)z = (\gamma h_C S)z_D \quad (1.50)$$

To'liq ifodalasak,

$$\int_S (\gamma \sin \theta z dS) z = (\gamma \sin \theta z_C S) z_D \quad (1.51)$$

bundan,

$$z_D = \frac{\int_S z^2 dS}{S z_C} = \frac{I_{0x}}{(St)_{0x}} \quad (1.52)$$

Bunda  $0x$  o'qqa nisbatan tekis shakl inertsiya momenti

$$I_{0x} = \int_S z^2 dS \quad (1.53)$$

$$(St)_{0x} = S z_C \quad (1.54)$$

Tekis shaklning statik momenti (1.54) ifodani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$z_D = \frac{I_{0x}}{(St)_{0x}} = \frac{I_C + S z_C^2}{S z_C} = z_C + \frac{I_C}{S z_C} \quad (1.55)$$

yoki

$$e = \frac{I_C}{(St)_{0x}} = \frac{I_C}{S z_C} \quad (1.56)$$

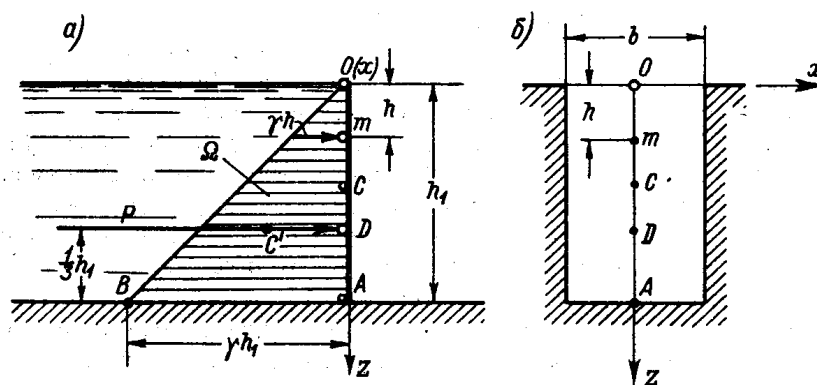
bunda,  $e$  – ekstsentrisitet deyiladi.

Kuchning qo'yilish koordinatasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$z_D = z_C + e \quad (1.57)$$

Buning uchun  $OA$  ko'rinishdagi  $b$  kenglikka ega bo'lgan shaklni qabul qilamiz (1.40, a-rasmda). Bunda atmosfera bosimi hisobiga paydo bo'ladigan gidrostatik bosim kuchini hisobga olmasak, faqat og'irlik hisobiga ta'sir etuvchi gidrostatik bosim kuchini qarashga to'g'ri keladi. Ixtiyoriy  $h$  nuqdagi chuqurlikda bosim mavjud bo'ladi.

$$r = \gamma h \quad (1.58)$$



1.40-rasm. To'g'ri burchakli vertikal sirti tekis jismga bir tomonlama gidrostatik bosim ta'siri

$O$  nuqtada esa bu bosim

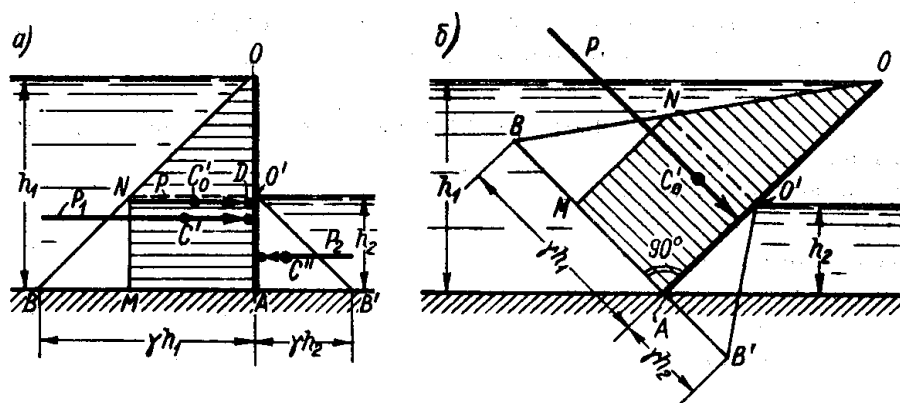
$$r = 0$$

ga teng buladi.  $h$  chuqurlikda esa

$$p = \gamma h \quad (1.58)$$

ga teng bo'ladi.

$\gamma h_1$  kattalikni  $OA$  devorga tik yo'nalishda qo'ysak (1.40, b-rasmda),  $V$  nuqta paydo bo'ladi. Buni  $O$  nuqta bilan tutashtirsak,  $OAV$  uchburchak paydo bo'ladi. Natijada olingan bu uchburchak *gidrostatik bosim epyurasi* deb ataladi. 1.41, a-b-rasmlar. Bu epyura gidrostatik bosimning chuqurlik o'zgarishi bilan o'zgarishini ko'rsatadi.



1.41-rasm. To'g'ri burchakli tekis shakllarning bosim epyurasi

a) vertikal shakl;

b) qiya shakl.

Shu uchburchak yuzasini  $b$  qalinligiga ko'paytmasi  $R$  kuch kattaligini beradi

$$P = \frac{1}{2} h_1^2 \gamma b \quad (1.59)$$

$R$  kuch  $OA$  devorga tik yo'nalgan bo'lib, gidrostatik bosim epyurasi og'irlik markazidan o'tadi. Agar to'siqning ikkala tomonida suyuqlik mavjud bo'lsa, gidrostatik bosimlar farqi aniqlanib, ularning og'irlik markazidan gidrostatik bosim kuchining teng ta'sir etuvchisi o'tadi. 1.41, a-b-rasmlarda  $OAMN$  trapetsiyaning og'irlik markazidan o'tadi.

## 1.8.2. EGRI SIRT KO'RINISHIDAGI YUZAGA TA'SIR ETUVCHI GIDROSTATIK BOSIM KUCHI

Ko'picha texnikada va neft xo'jaliklarida, gaz taqsimotida neft va gazlarning sarfini boshqarishda egri sirtli ventillardan yoki jumraklardan foydalaniladi.

Egri sirtlarni hisoblashda quyidagilarga alohida e'tibor beramiz.

Ma'lumki garizantal tashkil etuvchi kuch,

$$D_o = \delta_N \omega = \frac{\gamma h^2}{2} b. \quad (1.60)$$

Vertikal tashkil etuvchisi  $R_z$  – shu sirtning bosim tanasidagi suyuqlik og'irligiga teng:

$$P_z = G_{\delta m} = \gamma W_{\delta m} = \gamma S_{\delta m} b \quad (1.61)$$

bu erda:  $\gamma$  - suyuqlikning hajmiy og'irligi;

$h$  – suyuqlik chuqurligi;

$W_{\text{om}}$  - bosim tanasining hajmi;

$S_{\text{om}}$  - bosim tanasining yuzasi.

*Bosim tanasi* deb, egri sirt va uning tutash chiziqlaridan suv sathiga tushirilgan vertikal tekisliklar hamda suv sathi bilan chegaralangan hajmga aytiladi.

Egri sirtga ta'sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi bu ikkala tashkil etuvchilarning geometrik yig'indisidan iborat:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} \quad (1.62)$$

Kuchning gorizontal o'qqa nisbatan qiyaligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\alpha = \arctg \frac{P_z}{P_x} \quad (1.63)$$

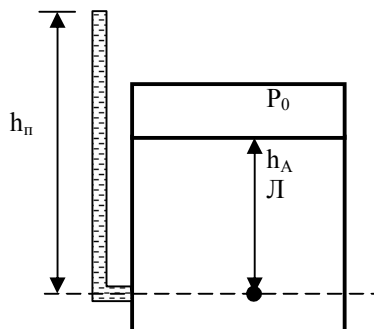
Egri sirtga ta'sir etuvchi gorizontal bosim kuchi ta'sir chizig'i uning ikkala tashkil etuvchini kesishish nuqtasi va sirtning egrilik nuqtasidan o'tadi.

Demak, yuqorida bayon etilgan fikrlarga asosan, egri sirtlarga ta'sir etuvchi gidrostatik bosim kuchini aniqlashda egri sirtning bosim tanasi muhim rol o'ynaydi. Shu sababli uni qurish qoidasi quyidagi tartibda amalga oshiriladi.

- egri sirtning tutash nuqtalari topiladi;
- tanlangan nuqtalardan suv sathigacha yoki sath davomigacha vertikal chiziqlar o'tkaziladi;
- egri sirt – vertikal chiziqlar va sath bilan chegaralangan yuza bosim tanasi yuzasi bo'ladi;
- agar bosim tanasida suv mavjud bo'lsa, u *musbat bosim tanasi* deyiladi va vertikal tashkil etuvchi gidrostatik bosim kuchi pastga yo'nalgan bo'ladi, aks holda, *manfiy bosim tanasi* deyiladi hamda kuch yuqoriga yo'nalgan bo'ladi.
- gidrostatik bosim kuchi – vertikal tashkil etuvchisi, shu sirt bosim tanasining og'irlik tanasidan o'tadi.

### 1.8.3. SUYUQLIKLARNI IDISH DEVORIDAGI BOSIMIGA DOIR MASALALAR

#### Masala

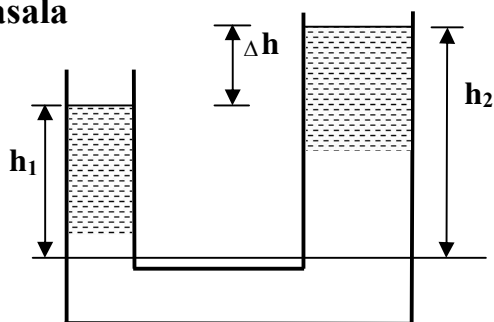


1.42-rasm.

Yopiq idish neft bilan to'ldirilgan. Suyuqlik yuzasidagi bosim  $R_0=2,5$  ata idish ichidagi suyuqlik balandligi ma'lum bo'lsa,  $h_A=3m$ , p'ezometrik balandlik  $A$  nuqta uchun 1.42-rasmda topilsin.

$$R_A = (R_0 + \gamma h_A) - R_{ATM}; \quad \gamma_{neft} = 7600 \text{ n/m}^2; \quad h_n = R_A / \gamma$$

**Masala**

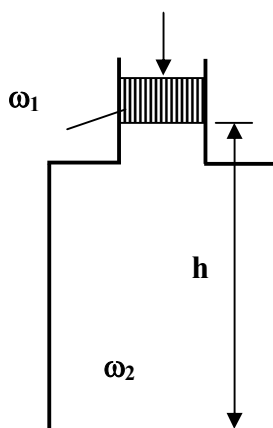


1.43-rasm

Har xil diametrlarga ega bo'lgan tutash idishlarda, idish usti ochiq bo'lsa, suyuqlik turlari  $\gamma_1=25000 \text{ n/m}^2$ ;  $\gamma_2=9810 \text{ n/m}^2$  bo'lib, ikkinchi idishda  $h_2=3 \text{ m}$  berilgan bo'lsa, birinchi idishdagi  $h_1$  va suyuqliklar balandliklari farqi -  $(\Delta h)$  1.43-rasmda topilsin.

$$D_{atm} + \gamma_1 h_2 = D_{atm} + \gamma_2 h_2$$

**Masala**



1.44-rasm.

Idish suv bilan to'ldirilgan umumiy balandligi  $h=3 \text{ m}$ . Suyuqlik yuzasidagi diametri  $\omega=30 \text{ sm}$ . porshenga  $100 \text{ kGs}$  kuch qo'yilgan.

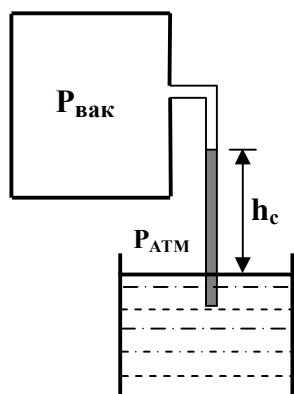
1.44-rasmda idish tagiga bo'lgan to'liq gidrostatik bosim kuchi topilsin, agar idish tagi yuzasi  $\omega_2=300 \text{ sm}^2$  bo'lsa.

Idish tagidagi bosim  $R=R_0 + \gamma h = R_1/\omega_1 + \gamma h$ ; Idish tagiga gidrostatik bosim kuchi  $R = \rho \cdot \omega_2 = (R_1/\omega_1 + \gamma h) \cdot \omega_2$ ;

**Masala.**

Gidropress tuzilishidan foydalanib,  $R_2$  kuch topilsin. Katta porshen diametri  $D=0,75 \text{ m}$ . Richakga  $G=10 \text{ kGs}$  kuch qo'yilgan bo'lsa, birinchi porshen yuzasi  $\omega_1=0,02 \text{ m}^2$  va richaklar elkalari nisbati  $a/v=5$  dan foydalanib,  $R_1/Q=a/v$ ;  $R_1=Qa/v$ ; Hosil bo'lgan bosim  $R_1=R_2/\omega_1$ ; Ikkinchi porshendan uzatilayotgan bosim  $R_1=R_2$  bo'lgani uchun,  $R_1/\omega_1=R_2/\omega_2$ ;  $R_2=R_2 \cdot \omega_2/\omega_1$ ;

**Masala**

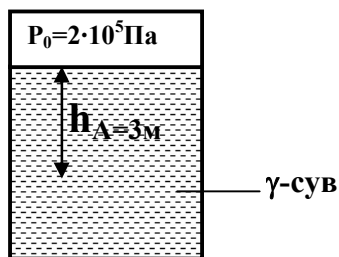


1.45-rasm

Idish ichida  $R_{vak}=75000 \text{ n/m}^2$  vakuum bosimi mavjud. Ochiq idishga p'ezometr tushurilgan bo'lib, vakuum ta'sirida ma'lum bir balandlikga ko'tariladi.

Muvozanat shartidan foydalanib,  $h_{suv}$ -balandligi 1.44-rasmda topilsin  $h_{suv}=R_v/\gamma_s$ .

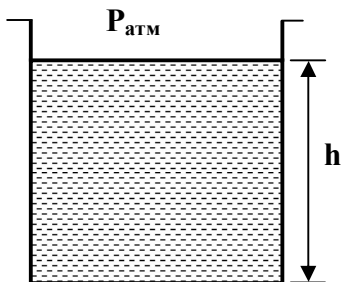
**Masala**



1.46-rasm.

Yopiq idishda berilganlardan foydalanib, absolyut bosimni va ortiqcha bosimni 1.46-rasmda aniqlang.

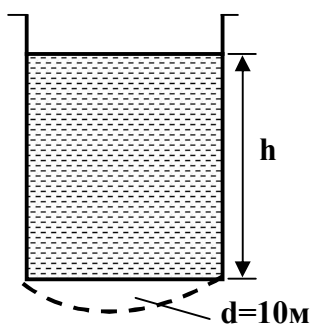
**Masala**



1.47-rasm.

Oddiy usti ochiq idishda suvning balandligi  $h=5m$ . Suvning solishtirma og'irligi  $\gamma_{suv}=9810n/m^3$   $R_0=R_{atm}=98100n/m^2$  ligi ma'lum bo'lsa, idish tagiga nisbatan absolyut bosim  $R_{ABS}$  va ortiqcha bosim  $R_{ort}$  har xil o'lchamlarda 1.47-rasmda topilsin.

**Masala**



1.48-rasm.

Ushbu oddiy idish tsilindrik shaklda bo'lib, uning diametri  $d=10m$ . Idish tubiga bo'lgan gidrostatik bosim kuchi 148-rasmda topilsin. Bunda  $h=8m$ .

$$P = \rho \cdot \omega = \gamma h \omega = \gamma h \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad (1.64)$$

**1.8.4. NEFT VA NEFT MAHSULOTLARNI QOVUSHQOQLIGINI ANIQLASH**

Neft, gaz va neft mahsulotlarining asosiy fizik-texnik xossalari: zichlik, qovushqoqlik, o'z-o'zidan alanga olish, elektrlanish, zararli xususiyatlari, kritik harorat va kritik bosim, to'yingan bug' bosimi, portlash, yong'indan xavflilik va boshqalar kiradi. Bu xossalarni bilish neft- gaz va neft mahsulotlarini texnologik jarayonlarini to'g'ri tashkil qilishni taqozo etadi. Quyida ularning mazmuni bilan tanishib chiqamiz:

**Neft.** Qo'ng'ir rangli yonuvchan suyuqlik bo'lib, uning tarkibi  $S_5 \div S_{36}$  gacha bo'lgan turli sinf uglevodorod birikmalari hamda kislorod, azot, oltingugurt birikmalari aralashmasidan tashkil topgan. Neftning kimyoviy tarkibi, qazib olinayotgan konlarga bog'liq bo'lib, tarkibidagi moddalarning o'rtacha qiymatlari quyidagicha (foizda): uglerod 84-85; vodorod 12-14; kislorod 0,1-1,3; azot 0,02-1,7; oltingugurt 0,01-5,5.

**Zichlik.** Zichlik deganda hajm birligidagi moddaning (neft, neft mahsuloti, gaz) massasi tushiniladi.

$$\rho = \frac{m}{g} \quad kg/m^3 \quad (1.65)$$

bunda:  $m$ -massa,  $kg$ ;  $g$ -hajm,  $m^3$ .

Mahsulotlarni tashish va saqlash jarayonida neft va neft mahsulotlarining zichligi absolyut hamda nisbiy birliklarda ifodalanadi. Nisbiy zichlik quyidagicha bo'lgilanadi:  $\rho_{20}^4$  bu 20°S dagi neft yoki neft mahsuloti zichligini 4° S dagi suv zichligiga bo'lgan nisbati. Neft va neft mahsulotlarini 20° S dagi nisbiy zichlik ko'rsatkichlari 0,7 dan 1,07 gacha o'zgaradi.

Istalgan haroratdagi ( $t$ ) absolyut zichlik  $\rho_t$  bilan belgilanib uning qiymatini quyidagi ifoda bo'yicha aniqlash mumkin.

$$\rho_t = \rho_{20} - \xi(t - 20) \quad (1.66)$$

bunda:  $\rho_{20}$  neft yoki neft mahsulotining 20° S dagi absolyut zichligi, (laboratoriya tahliliga ko'ra aniqlanadi,  $kg/m^3$ );  $\xi$  -harorat koeffitsienti,  $kg/(m^3 \text{ } ^\circ S)$ ;  $\xi=1,825-0,001315\rho_{20}$

**Qovushqoqlik.** Mahsulotlarning oquvchanligi, surkaluvchanligini ifodalaydi. Qovushqoqlik ichki ishqalanish koeffitsienti ( $\mu$ ) yoki dinamik qovushqoqlik koeffitsienti bilan ifodalanadi.

Kinematik qovushqoqlik ( $\nu$ ) bu dinamik qovushqoqlikning tegishli haroratdagi suyuqlik va gazning zichligiga bo'lgan nisbati.

Kinematik qovushqoqlikning SI tizimidagi o'lchov birligi:

$$\mu / \rho = 1 \left( \frac{m^2}{s} \right) \quad (1.67)$$

1. 7-jadval

**Ayrim gazlar uchun kinematik qovushqoqlik koeffitsienti**

Gaz	$\nu \cdot 10^6, m^2/s$	Gaz	$\nu \cdot 10^6, m^2/s$
Azod	13,3	Kislorod	13,4
Ammiak	12,0	Metan	14,2
Argon	11,9	Uglerod oksidi	13,5
Atsetilen	8,23	Propan	3,70
Butan	25,8	Oltinugurt	7,62
Vodorod	93,5	Is gazi	7,00
Suv bug'i	11,1	Xlor	3,80
Havo	13,2	Etilen	7.50
Geliy	10,4		

1.8 –jadval

**Gazlar dinamik qovushqoqlik koeffitsientining harorat va bosimga bog'liqligi**

Gaz	Harorat, t °C	Bosim, $p \cdot 10^6, N/m^2$			
		5,07	10,1	30,4	81,0
Azot	0	5,07	10,1	30,4	81,0
	25	18,1	19,9	26,8	45,8
	75	20,5	21,5	26,6	41,6
Havo	0	18,2	19,7	28,6	-
	25	19,2	20,6	28,0	-
	100	22,4	23,4	28,1	-
Is gazi	40	48,8	48,8	-	-



**t=18 °C da suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti**

Modda	$\mu \cdot 10^3, (N \cdot k) / m^2$
Anilin	0,46
Atseton	0,0337
Benzol	0,0637
Suv	0,105
Glitserin	139,3
Kostor moyi	120,0
Mashina moyi (yumshoq)	11,3
Mashina moyi (og'ir)	66,0
Silindr tozalangan moyi (40 <sup>0</sup> )	1,109
Silindr moyi (to'q)	24,0
Pentan	0,0244
Simob	0,159
Oltinugurt uglerodi	0,0382
Etil spirti	0,122
Toluol	0,0613

**Suvning qovushqoqlik koeffitsientining haroratga bog'liqligi**

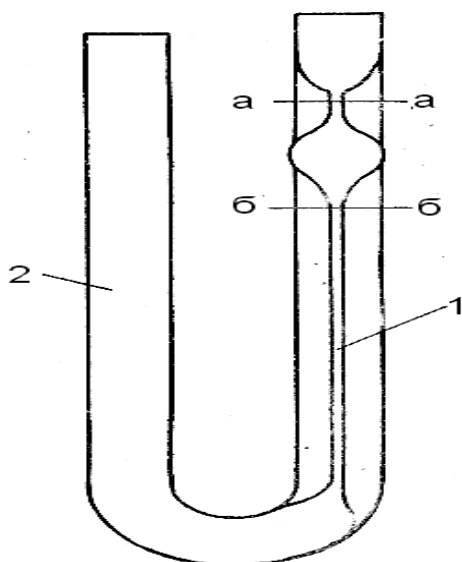
t, °C	$\mu \cdot 10^3, Pa \cdot s$	$\nu \cdot 10^6, m^2/s$
0	1,790	1,790
10	1,300	1,306
20	1,004	1,006
30	0,802	0,805
40	0,654	0,659
50	0,549	0,556
60	0,470	0,478
70	0,406	0,415
80	0,355	0,365
90	0,315	0,326
100	0,282	0,295

Neft va neft mahsulotlari ham boshqa suyuqliklar kabi kapillyar va Engler viskozometrlari yordamida o'lchanadi. Bu erda biz amaliyotda ko'p qullanayotgan vikazometrlarni ketirib o'tamiz.

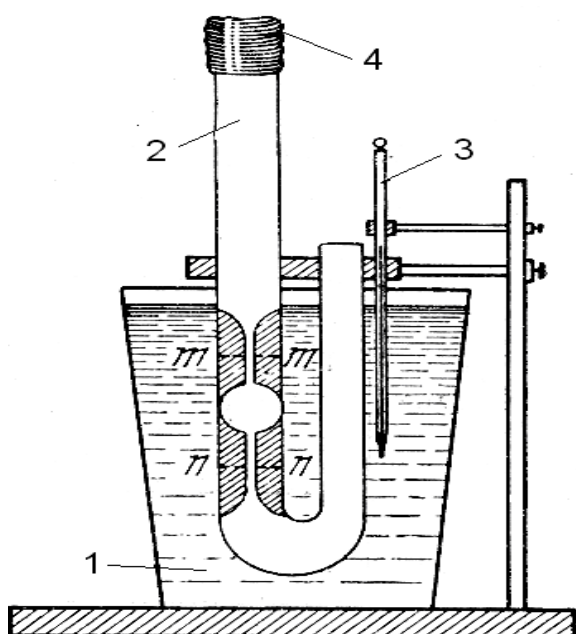
### **Kapillyar vizkozimetr yordamida dinamik qovushqoqlik koeffitsientini aniqlash** ***Qurilmaning bayoni***

Qurilmaning sxemasi 1.49-rasmda ko'rsatilgan.

Unda kapillyar viskozimetr quyidagi "U" shakldagi quvurchadan iborat. Uning bir tirsagiga kapillyar 1 mahkamlangan. Viskozimetr vertikal tekislikka mahkamlangan. Suyuqlik 2 viskozimetrning keng tirsagiga quyiladi. U suyuqlik kapillyarining yarim balandligigacha bo'lishi kerak.



1.49-rasm. Kapilyar viskozimetr



1.50-rasm. Kapilyar viskozimetrning ish jarayoni

Bu ilmoqchalar tekshiriladigan suyuqlik sathini bir hil ko'rsatib turadi. Naycha teshikchasi tayoqcha 5 yordamida berkitiladi. 1 va 2 orasidagi bo'shliq suv bilan to'latilini viskozimetr ichidagi suyuqlikning haroratini o'zgartirmas holda saqlash uchun ishlatiladi.

Tekshirishga oid suyuqlik harorati 6 termometr yordamida aniqlanadi. Shu viskozimer yordamida 200 sm<sup>3</sup> suyuqlikning oqib o'tish vaqti aniqlanadi, yoki shu hajmdagi toza suv va tekshirishga oid suyuqlikning oqib o'tish vaqtlari 20<sup>0</sup>S dagi nisbati

$\frac{T_c}{T_0}$  larning miqdori, ya'ni Engler gradusi  $\frac{T_c}{T_0} = E$  olinadi. Qovushqoqlik koeffitsienti  $\nu$  esa quyidagi formula orqali aniqlanadi:

Viskozimetrning katta tirsagidan havo berish yo'li bilan suyuqlikni a-a belgigacha ko'tariladi. So'ngra suyuqlik o'z ogirlik kuchi orqali pastga tusha boshlaydi. Suyuqlik a-a belgidan b-b belgigacha tushgandagi  $T_s$  vaqti aniqlanadi.

Suyuqlikning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

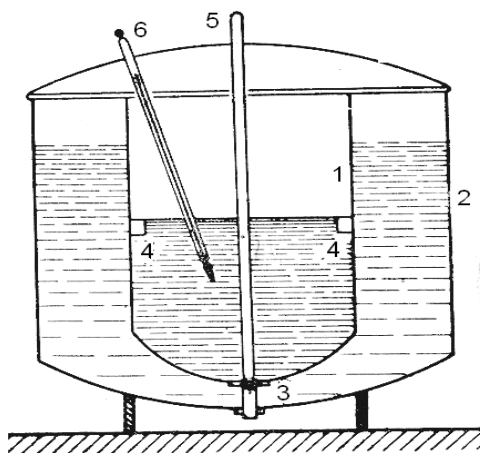
$$\mu_1 = \mu_0 \frac{T_1 \rho_1}{T_0 \rho_0} \quad (1.68)$$

bu erda  $T_0$ - distirlangan suvning oqish vaqti;  $\mu_0$ - distirlangan suvning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti, bo'lib, jadvallarda berilgan;  $\rho_1, \rho_0$ - tekshirishga oid suyuqlikning va distirlangan suyuqliklar zichligi.

### Qurilmaning bayoni

Kinematik qovushqoqlikni aniqlashda texnikada, amaliyotda ko'pincha Engler viskozimetridan foydalaniladi. Viskozimetr sxemasi 1.50-rasmda ko'rsatilgan.

U, konsentrik ravishda joylashgan 2 ta latun 1 va 2 idishlardan iborat. 1 idishning o'rta qismida sferik ravishda joylashgan taglik bo'lib unga 3 naycha kavsharlangan. Uning ichki yuzasida 3 ta ilmoqcha 4 bor.



1.51-rasm. Viskozimetr Engler sxemasi

1. Viskozimetr (1.51-rasmda) distirlangan suv bilan to'latiladi. Bunda ilmoqchalar uchlari shu suyuqlik bilan bir xil sathni – yuzani tashkil etadi.

2. Viskozimetr va idish oralig'ida suv quyilib uni  $20^{\circ}\text{S}$  da ushlab turiladi, ehtiyotkorlik bilan naycha teshikchasi tayoqcha yordamida ochilib  $200\text{ sm}^3$  toza suv oqib o'tish vaqti  $T_0$  aniqlanadi.

3. 1 nomerdagidek viskozimetr ichiga tekshirishga oid suyuqlik solinadi.

4.  $200\text{ sm}^3$  suyuqlikni vaqti  $T_s$  aniqlanadi.

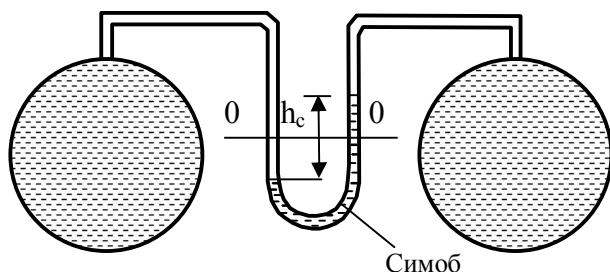
5.  $200\text{ sm}^3$  suyuqlik har xil haroratlarda tajribani 4-5 marta takrorlanadi.

1. Kinematik qovushqoqlik koeffitsienti

$$\nu = 0,0731E - \frac{1}{E}0,0631 \quad (1.70)$$

formula yordamida aniqlanadi.

### Neft mahsulotlariga ta'luqli masalalar



1.52-rasm. Differentsial manometr

1.52-rasmda. Differentsial manometrda simob manometri ko'rsatishi  $h_c=0,5\text{ m}$ . Agar simob solishtirma og'irligi  $\gamma_s=132945\text{ n/m}^2$ ; suyuqlik, neftning solishtirma og'irligi  $\gamma_n=810$  bo'lsa, ikki quvurlar A va V ichidagi bosimlar farqi topilsin.

$$\Delta P = h_c(\gamma_s - \gamma_n)$$

2. Uzunligi  $\ell = 4\text{ m}$  bo'lgan quvurdan harorati  $10^{\circ}\text{S}$  ( $\nu = 0,4\text{ sm}^2/\text{s}$ ) bo'lgan neft oqib o'tmoqda. Agar kesimlar orasidagi bosimlar farqi  $\Delta P = 1,5\text{ mPa}$  va neft sarfi,  $Q = 0,5\text{ l/s}$  bo'lsa, suyuqlikning harakat rejimini aniqlang.

3. Diametri  $d = 50\text{ mm}$  - li quvur orqali sarfi  $Q = 0,5\text{ l/s}$  bo'lgan benzin oqmoqda. Agar benzin harorati  $6^{\circ}\text{S}$  gacha o'zgarsa, suyuqlik harakat rejimi qanday o'zgaradi?

4. Diametri  $d = 100\text{ mm}$  bo'lgan quvurda suyuqlik laminar rejimda harakat qilmoqda. Agar quvur o'qidagi tezlik  $u_{\text{tax}} = 20\text{ sm/s}$  bo'lsa, tezlik taqsimotining grafigini chizing.

5. Laboratoriya xonasida diametri  $d = 25\text{ mm}$  bo'lgan quvurda tajribalar o'tkazilib quyidagi qiymatlar o'lchanadi: a) suvning harorati  $t = 10^{\circ}\text{S}$ , tezligi  $\nu = 20\text{ sm/s}$ ; b) benzin harorati  $20^{\circ}\text{S}$ , tezligi  $\nu = 25\text{ sm/s}$ ; v) neft harorati  $18^{\circ}\text{S}$ , tezligi  $\nu = 18\text{ sm/s}$ . Suyuqlikning harakat rejimlarini va sarfini aniqlang.

## 1.9. GIDRODINAMIKA ASOSLARI. SUYUQLIKLARNING HARAKAT TAVSIFI, ASOSIY KATTALIKLAR

Gidrodinamika gidravlikaning bir qismi bo'lib, unda suyuqliklarning harakat qonunlari va suyuqliklarning quvurlarda, kanal va anxorlardagi ko'zg'almas va ko'zg'aluvchi qattiq moddalar bilan bir-biriga bog'liqligini o'rganadigan fan. Bu qonuniyatlarni amaliyotda qo'llash bo'yicha bir qancha ishlar qilingan.

Suyuqlikning harakati, suyuqlik tezligi tushunchasi va har-xil chuqurlikdagi bosimlari bilan ifodalanadi.

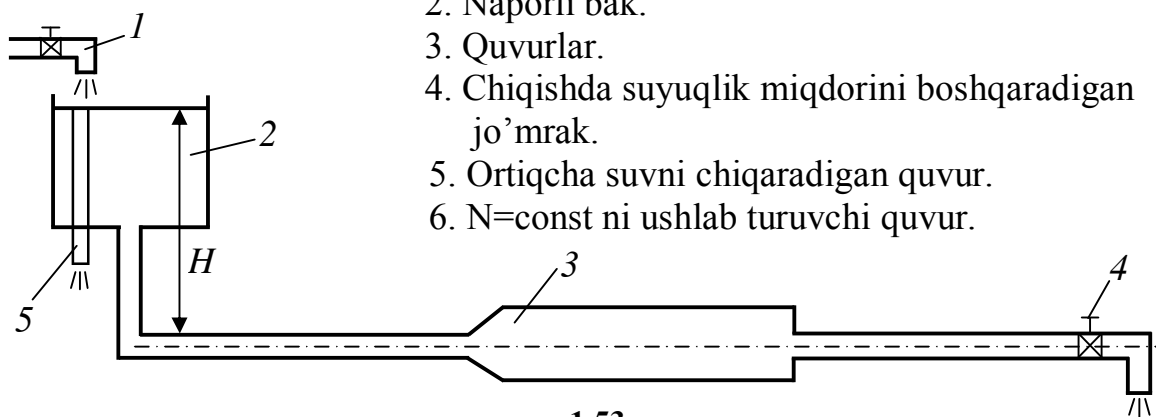
Suyuqlik oqimining chuqurligi, tezligi va nuqtalardagi bosim quvur tizimlarida va kanal, anxorlarning koordinatalariga  $X, Y$  va  $Z$  o'qlariga bog'liq.

Shu nuqtalardagi bosim va tezliklar ba'zida vaqtga ham bog'liq bo'lib turadi.

Shu sababli harakatlar 2 turga bo'linadi. Barqaror va beqaror. Barqaror harakat deb - gidrodinamik bosim va oqimlar tezligi istalgan nuqta uchun vaqt birligida o'zgarmas bo'lgan harakatlarga aytiladi, lekin bosim, balandlik va tezlik shu nuqtaning koordinatalariga ya'ni  $X, Y$  va  $Z$  o'qlariga bog'liq bo'ladi.

1.53-rasmda.

1. Suyuqlik bilan ta'minlanadigan jo'mrak.
2. Naporli bak.
3. Quvurlar.
4. Chiqishda suyuqlik miqdorini boshqaradigan jo'mrak.
5. Ortiqcha suvni chiqaradigan quvur.
6.  $N=const$  ni ushlab turuvchi quvur.



1.53-rasm.

Barqaror harakatda  $P = f(X; Y; Z; t)$  va  $\vartheta = f(X; Y; Z; t)$  lar faqat koordinatalariga bog'liq.

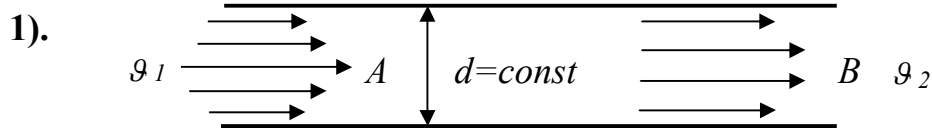
Barqaror harakatlar sanoat korxonalariga bir xil miqdorda suyuqlik (suv, eritma, neft, kislot, ishqor) etkazib berishga ochiq kanallarda esa suyuqlik balandligi o'zgarmay oqish paytiga to'g'ri keladi.

Beqaror harakatda quvurlarda, kanal va anxorlarda oqayotgan suv miqdori o'zgaruvchan bo'ladi. Demak, tezlik va bosim vaqtga bog'liq holda o'zgarib turadi.  $P = f(X; Y; Z; t); \vartheta = f(X; Y; Z; t)$ .

Quvurlarda oqayotgan suyuqlikni minglab mayda zarrachalar deb qarasaq, har bir mayda ulush elementar oqimcha deyiladi. Uning tezligini  $\vartheta$ -elementar oqimcha tezligi deb olinadi, ya'ni  $R = f(X; Y; Z)$   $\vartheta = f(X; Y; Z)$ .

Beqaror harakatlarga naporli bakdan oqayotgan suyuqlik harkati misol bo'ladi. Jumrak berk holda qarasaq  $N$ -idish ichidagi napor yoki  $h$ -balandlik o'zgaruvchan bo'lganda, kanallarda suvlar goh oshib-toshib, gohida oz miqdorda oqqanida bo'lib turadi. Bu harakatlar ko'pincha hisob-kitoblarga bo'ysunmaydi.

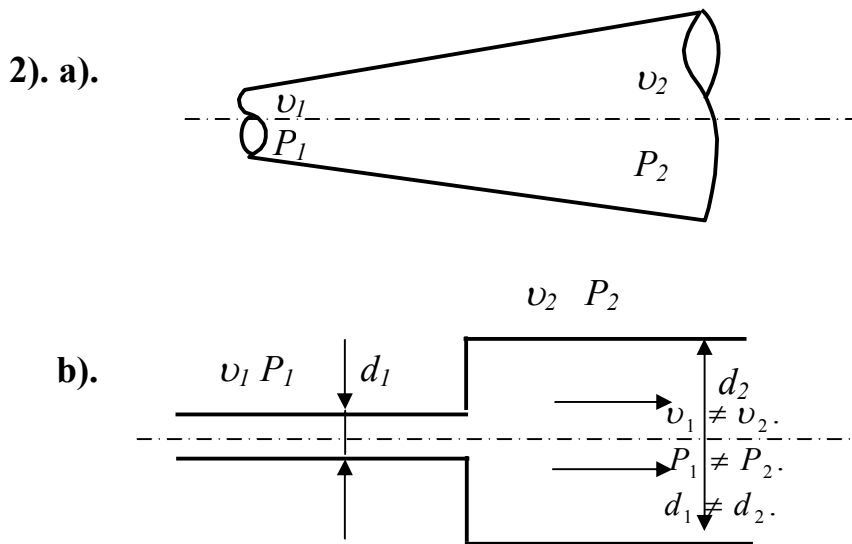
Barqaror harakatni 1)-chisi 1.54-rasmda harakatga bo'lamiz, ular tekis va notekis.



1.54-rasm.

Agar quvur tizimlarida diametri, quvur uzunligi davomida o'zgarmasa suyuqlik tekis harakat qiladi. Bunda biror o'q olib, uni o'rgansak  $g_1 = g_2$ ;  $P_1 = P_2$ ; elementar tezliklar hamda  $A$  va  $V$  nuqtalarda bosim qiymatlari ham teng bo'ladi.

Notekis harakatlar quvur diametrlari o'zgargan joylarda kuzatiladi.



1.55, a-b-rasm.

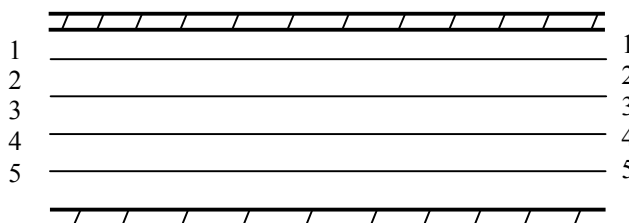
Suyuqlik harakati naporli (bosimli) yoki naporsiz (bosimsiz) bo'ladi. Agar quvur tizimlariga suyuqlik naporli bak (155, a-b rasm) yoki to'g'ridan-to'g'ri nasoslar yordamida berilsa, bunday suyuqlik harakatiga naporli harakat deyiladi. Bunda quvurning ichida bosim qiymati 5 atm.-dan 10atm.-gacha bo'ladi. Gidrouzatmalarda esa 100 ÷ 200 atm.-gacha bo'lishi mumkin. Bosim qancha katta bo'lsa, suyuqlik ham shuncha tez oqadi.

Naporsiz harakat esa faqat idishning qiyaligi tufayli suyuqlikning o'z og'irligi evaziga sodir bo'ladi. Bunga misol sifatida ochiq o'zanlar, ariq, anxor va kanallarda suyuqlik faqat qiyalik hisobiga harakatlanib, qiyalik qancha katta bo'lsa, suyuqlik shuncha tez harakatda bo'ladi. Naporsiz harakat kanalizatsiya quvur tizimlarida ham uchraydi. Bunda quvurlar to'lmasdan ham unda suyuqlik oqaveradi. Yomg'ir, jala suvlari kanalizatsiyaga tushganda quvur to'lib ham oqishi ham mumkin.

### 1.9.1. OQIMCHALI HARAKAT. OQIM CHIZIG'I, OQIM NAYCHASI VA OQIMCHA

Gidravlikada suyuqlik harakati qonuniyatlarining tabiatini eng to'liq va mukammal ifodalab beruvchi sxema suyuqlik oqimini elementar oqimchalardan iborat deb qarovchi sxema hisoblanadi.

Oqim chizig'i - suyuqlikning quvur ichida bosib o'tgan yo'li. Agar quvur (1.56-rasmda) gorizontol joylashgan bo'lsa, oqim chizig'i - to'g'ri chiziqlar bo'ladi.



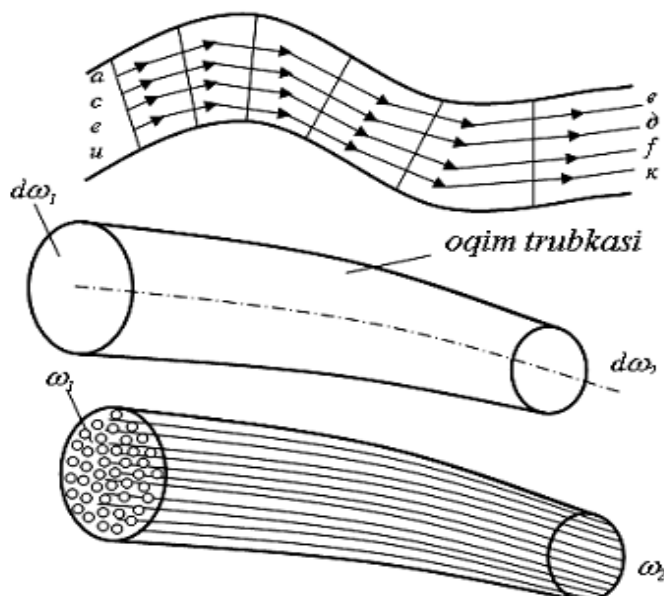
1.56-rasm. Oqim chizig'i

1, 2, 3, 4, 5 va hokazo chiziqlar quvur ichida minglab zarachalar, elementar oqimchalarga bo'linishi mumkin.

Agar quvur har-xil shaklda bo'lsa, oqim chizig'ini qurish uchun quvurning har 5:10 sm masofaga urinma chizib, shu urinmaga perpendikulyar chizsak, suyuqlik shu perpendikulyarga yana perpendikulyar yo'nalishda oqadi. Shu oqimchalarni birlashtirib oqim chizig'iga  $a-v$  paydo qilamiz. Shu  $a-v$  ga parallel bir necha oqim chizig'ini paydo qilamiz.  $a-v$ ,  $s-d$ ,  $e-f$ ;  $u-k$   $d\omega_1$ ,  $d\omega_2$ -elementar oqimchaning boshlanish va oxirgi nuqtasidagi yuza. Har bir oqim chizig'i atrofiga 5-6 - oqim chizig'ini parallel holda olib, ularni quvur uzunligi bo'ylab chizsak oqim naychasi paydo bo'ladi. Quvurning ichida (1.57-rasm) bunday oqim naychalardan o'nlab va yuzlab olishimiz mumkin.

$\omega_1$ ,  $\omega_2$ - har bir quvurning boshlanishi va oxirgi nuqtasidagi yuzalar, oqim naychasi ichidan oqib o'tgan suyuqlik elementar oqimcha deyiladi.

Quvur boshlanishida qancha elementar oqimchalar bo'lsa, quvur oxirida ham shuncha bo'ladi.



1.57-rasm. Suyuqlik zarrachalarining oqimcha chizig'i

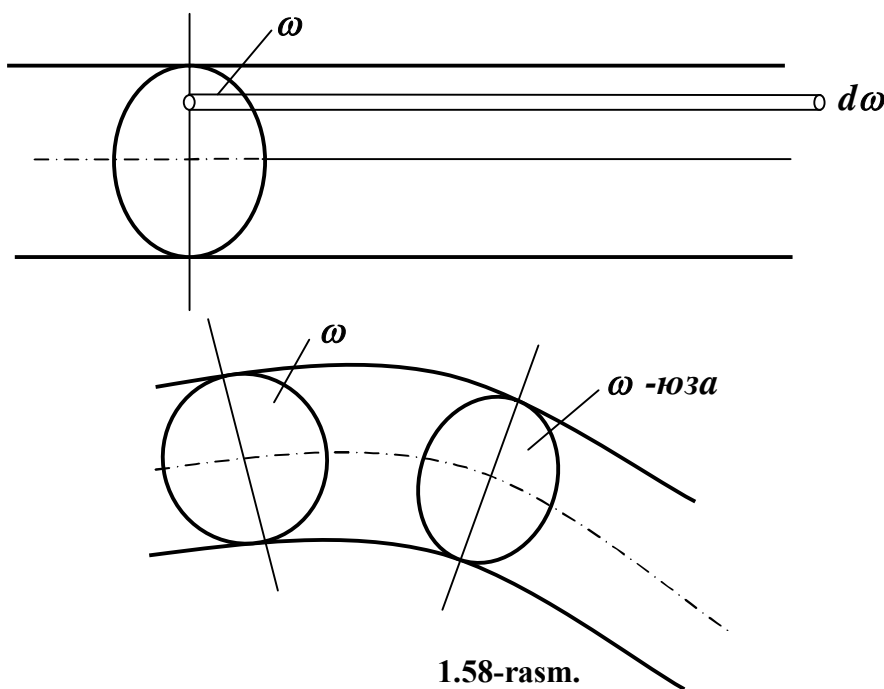
Ushbu oqimchalar bir-biriga aralashmaydi. Oqimchalar kichik bo'lgani uchun, uning har bir nuqtasida kesim yuzasida tezligi bir xil deyish mumkin.

### 1.9.2. OQIMNING GIDRAVLIK ELEMENTLARI.

#### 1) Jonli kesim

1.58-rasm. - harakat kesimi deb, shunday yuzaga aytamizki, uning har bir nuqtasida oqim chizig'i normal bo'ylab yo'nalgan bo'ladi.

$d\omega$  - elementar oqimcha yuzasi,  $\omega$  - to'la oqim yuzasi.



1.58-rasm.

Umumiy oqim yo'nalashiga normal bo'lgan oqimning ko'ndalang kesimi harakat kesimi deb ataladi va turli shakldagi quvurlar uchun quyidagicha bo'ladi:

a) Tsilindrik quvur uchun;

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4}$$

b)  $\frac{b}{a}$  - shakldagi quvur uchun;

$$\omega = a \cdot b$$

v)  $\frac{a}{a}$  - shakldagi quvur uchun;

$$\omega = \frac{a \cdot h}{2}$$

g) trapetsiya shakldagi quvur uchun;  
 $a, v$  lar asosi va eni;  $h$ -balandlik

$$\omega = h \cdot \frac{B + b}{2}$$

#### 2) Suyuqlik sarfi.

Vaqt birligi ichida quvurlardan, kanallardan, ya'ni oqimning ko'ndalang kesimidan oqib o'tgan suyuqlik miqdori suyuqlik sarfi deb ataladi va  $Q$  bilan belgilanadi. Suyuqlik sarfining o'lchov birliklari  $m^3/c$ ,  $cm^3/c$ ,  $l/c$ ,  $l/min$ . Elementar

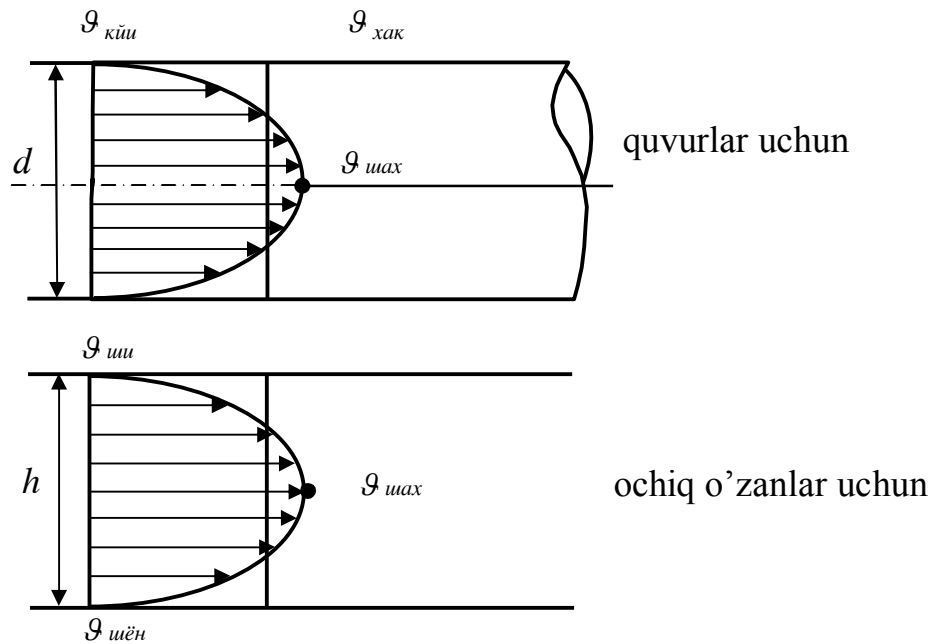
oqimcha uchun sarf –  $dq$  bilan belgilanadi. Ixtiyoriy elementar oqimcha uchun sarf  $dq = u \cdot d\omega$ ; Bu erda:  $\vartheta$  - zarrachalar tezlikgi,  $d\omega$  - elementar oqim yuzasi.

Quvurdan oqqan suyuqlikning to'liq sarfi  $Q = \int dqQ = \int u \cdot d\omega$ .

Integral natijasida  $Q = \vartheta \cdot \omega$ ;  $\vartheta = \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2 + \vartheta_3 + \vartheta_4 + \dots + \vartheta_n}{h}$  hosil bo'ladi;

$\upsilon$  - o'rtacha tezlik elementar tezliklar yig'indisining oqimchalar soniga bo'linganiga teng (1.59-rasmda).

**3). O'rtacha tezlik** - haqiqiy harakat vaqtidagi sarfga teng bo'lgan tezlik.



1.59-rasm.

**4). Ho'llanganlik perimetri.** (1.60-rasmlarda).

Oqim ko'dalang kesimini uni chegaralovchi devorlar bilan tutashtiruvchi chiziq perimetri ho'llanganlik perimetri deb ataladi.

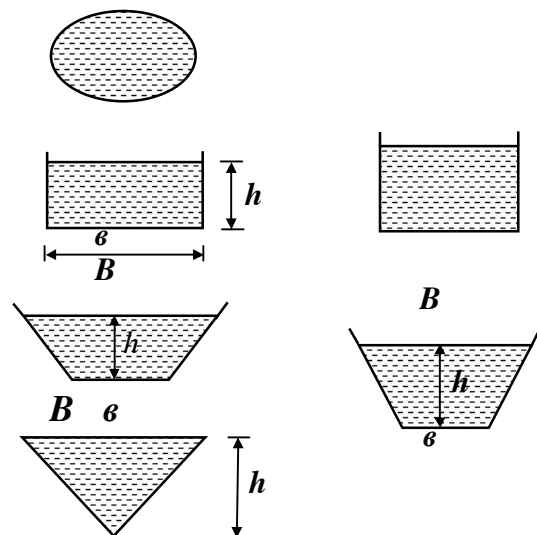
Belgisi  $\chi$ , - o'lchami [m].

$\chi$  tsilindr uchun  $= \pi d = 2\pi r$ ;

$\chi$  to'g'ri to'rtburchak uchun  $= 2h + b$ ;

$\chi$  trapetsiya uchun  $= b + 2h(\sqrt{1 + m^2})$ ,  
bu erda  $m$  - qiyalik

$\chi$   $\Delta$ -uchburchak uchun  $= 2h(\sqrt{1 + m^2})$ ;





5). **Gidravlik radius** – oqim harakati kesimi  $\omega$ -ning ho'llanganlik perimetri  $\chi$  - ga nisbatidir.

$$R = \frac{\omega}{\chi}; \quad R \text{ to'rtburchak uchun} = \frac{\epsilon \cdot h}{2h + \epsilon};$$

$$R \text{ trapetsiya uchun} = \frac{h(m \cdot h + \epsilon)}{\epsilon + 2h\sqrt{1 + m^2}};$$

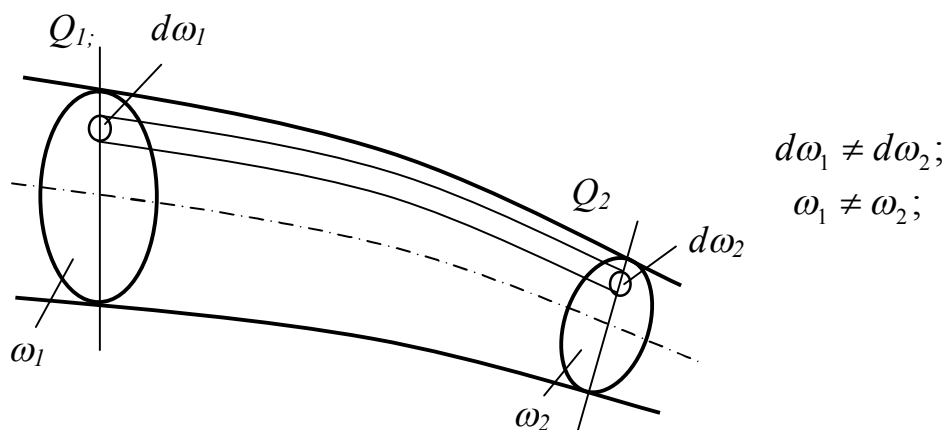
$$R \text{ uchburchak uchun} = \frac{mh^2}{2h\sqrt{1 + m^2}};$$

$$R \text{ tsilindrik quvur uchun} \omega = \frac{\pi d^2}{4}; \quad \pi d = \frac{d}{4} = \frac{r}{2};$$

### 1.9.3. ELEMENTAR OQIMCHA VA TO'LA OQIMCHA UCHUN UZLUKSIZLIK TENGLAMALARI

Ushbu holatda uzluksizlik tenglamasini sarf formulasidan topib yoziladi. Bunda harakat barqaror, ya'ni  $h = \text{const}$  bo'lgani uchun;  $Q_1 = Q_2$ ;  $dq_1 = dq_2$ ;

Elementar oqimchalarga nisbatan sarfni yozsak  $dq_1 = dq_2$ ;  $u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2$ ; Bundan elementar oqimcha uchun (1.60-rasmda)



1.60-rasm. Uzluksizlik tenglamasi oyid chizma

$$\frac{d\omega_1}{d\omega_2} = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad (1.71)$$

uzluksizlik tenglamasi  $Q = \int dq = \int u d\omega = \mathcal{G} \cdot \omega$ ; dan foydalanib  $Q_1 = Q_2$ ; ekanligini yozamiz, ya'ni

$$\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (1.72)$$

Ushbu hosil bo'lgan tenglama to'la oqim uchun uzluksizlik tenglamasi deyiladi. Agar birinchi tezlik  $\mathcal{G}_1$  berilsa,  $\mathcal{G}_2$  ni topish quyidagi formula orqali amalga

oshiriladi, ya'ni 
$$\varrho_2 = \frac{\varrho_1 \omega_1}{\omega_2}; \quad (1.73)$$

Agar biror yuza berilsa, ikkinchi yuzani ham oson topamiz,

$$\omega_1 = \frac{\varrho_2 \omega_2}{\varrho_1}; \quad (1.74)$$

Tezlik va yuzalar bir-biriga teskari proportsional. Tezlik oshsa, yuza kamayadi yoki aksincha yuza oshsa tezlik kamayadi.

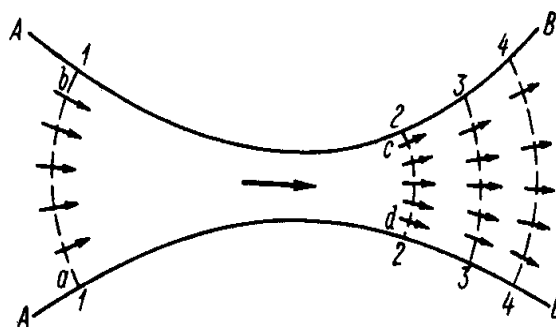
#### 1.9.4. SUYUQLIKNING BARQAROR HARAkatIDA UZLUKSIZLIK TENGLAMASI

1.61-rasmda ko'rsatilgan oqimni olib, undagi  $abcd$  bo'lakni ko'rib chiqamiz. Ushbu bo'lak  $AV$  sirt bilan chegaralangan bo'lib, undan tashqariga yoki ichkariga oqim kirmaydi. Bunda 1-1 va 2-2 kesimlarni belgilab olamiz.

$abcd$  bo'lakdan  $dt$  vaqtda 1-1 kesimga  $Q_1 dt$  hajmda suyuqlik kirib, 2-2 kesimdan  $Q_2 dt$  hajmda suyuqlik chiqib ketadi.

Bunda quyidagi holatlar hisobga olinadi:

- $abcd$  bo'lakka  $AV$  yon sirtidan suyuqlik kirmaydi, chunki  $AV$  sirt oqim chizig'i bilan tashkil topgan bo'lib, bu chiziq bo'ylab suyuqlik zarrachalari ketma-ket harakatlanadi;



1.61-rasm. (1.79) tenglamani keltirib chiqarishga doir chizma

- suyuqlik siqilmaydi;

- suyuqlik uzluksiz holatda harakatlanadi.

Yuqoridagi holatlarni hisobga olib quyidagicha yozish mumkin,

$$Q_1 dt = Q_2 dt \quad (1.75)$$

$$Q_1 = Q_2 \quad (1.76)$$

Xuddi shu tarzda boshqa kesimlarni ham yozish mumkin: 3.3, 4.4 va hokazo

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q = const \quad (1.77)$$

$$Q = const \quad (\text{oqim bo'ylab}) \quad (1.78)$$

(1.76) tenglamaga asoslanib, shunday xulosa qilish mumkin. Oqimning barqaror harakatida yon tomondan qo'shimcha suyuqlik miqdori qo'shilmasa, undagi sarf miqdori uzunlik bo'yicha o'zgarmaydi.

Oqim sekin va tez o'zgaruvchan holatda harakatlenganda esa oqimning uzluksizlik tenglamasini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

$$v_1\omega_1 = v_2\omega_2 = v_3\omega_3 = \dots = v\omega = \text{const} \quad (\text{oqim bo'ylab}) \quad (1.79)$$

$$\delta Q = u\delta\omega = \text{const} \quad (\text{oqimcha bo'ylab}) \quad (1.80)$$

Agar butun oqim o'rniga elementar oqimchalar to'plami ko'rilyotgan bo'lsa,

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{\delta\omega_2}{\delta\omega_1} \quad (1.81)$$

**Texnik gidrodinamika masalasining umumiy qo'yilishi.** Suyuqlik oqimining asosiy gidrodinamik karakteristikasi sifatida  $r$  – gidrodinamik bosimning skalyar kattaligi va zarrachaning harakat tezligining ( $g$ ) vektor kattaligini ko'rsatish mumkin. Suyuqlik harakatlanayotgan muhitning turli qo'zg'almas nuqtalarida bosim turli qiymatlarga ega bo'lishi bilan birgalikda, vaqtning turli qiymatlarida ixtiyoriy qo'zg'almas nuqtada bu kattalik turli qiymatlarga ega bo'lishi mumkin, ya'ni:

$$\begin{cases} \delta = f_1(x, y, z, t) \\ g_x = f_2(x, y, z, t) \\ g_y = f_3(x, y, z, t) \\ g_z = f_4(x, y, z, t) \end{cases} \quad (1.82)$$

bunda,  $g_x, g_y, g_z$  –zarracha tezlikning dekart koordinatalar sistemasidagi proektsiyalari.

Ma'lum bir  $t_1$  - vaqtdagi  $f_1, f_2, f_3, f_4$  funktsiyalar qiymatini bilish orqali bosimning skalyar maydoni va tezlikning vektor maydoni haqida ma'lumot olish imkoniyatini beradi. Shuning uchun matematik gidrodinamikada  $r$  va  $g$  kattaliklarni bilish asosiy masala hisoblanadi.

Masalaning bunday qo'yilishida  $f_1, f_2, f_3, f_4$  funktsiyalar qiymatini hisoblash shu darajada qiyin, xatto real suyuqlikni ideal suyuqlik deb faraz qilinganda ham, masalani hal qilib bo'lmaydi. Qolaversa amaliyotda bu masalani nihoyatda yuqori darajada hisoblashga extiyoj bo'lmaydi.

Shu sababli texnik gidrodinamikada (1.82) ifodadan foydalanilmasdan, balki gidravlik usullardan keng foydalaniladi. Gidravlik usul yordamida harakatlanayotgan

suyuqlik joylashgan muhitning ixtiyoriy qo'zg'almas nuqtasidagi bosimni va tezlikni aniqlash usuli oqimning o'rtacha va integral karakteristikalariga asoslangan. Shu usulga asoslanib tuzilgan asosiy tenglamalar quyidagilardir:

- suyuqlikning siqilmaslik va uzluksizlik gidravlik tenglamasi;
- real holatdagi "butun oqim" uchun kinetik energiyaning (Bernulli tenglamasi) gidravlik tenglamasi;
- real holatdagi suyuqlik uchun harakatlar soni gidravlik tenglamasi;
- suyuqlikning harakati paytida paydo bo'ladigan ishqalanish kuchlarining miqdorini baholash uchun empirik va yarim empirik ifodalar (Darsi va Veysbax ifodalari) dan foydalaniladi.

Tenglamalarning hadlarini aniqlab, ularning yordamida gidravlik hodisalarni tahlil qilish natijasida suyuqliklar mexanikasiga oid nihoyatda qiyin amaliy muammolarni hal qilish mumkin bo'lgan texnik nazariyani yaratish mumkin. Lekin ayrim masalalarning echimini topishda bu usullarni suyuqliklarning matematik mexanikasi bilan birgalikda qo'llanilishini ham ta'kidlash lozim.

**Gidrodinamikaning ikki xil masalasi.** Suyuqlikning harakati bilan tanishganda, asosan, ikki xil masalaning echimini topishga to'g'ri kelishi mumkin:

- tashqi masala, ya'ni, suyuqlik oqimi ma'lum bo'lib, suyuqlikning o'zi aylanib oqib o'tayotgan qattiq jismga ta'siri;
- ichki masala, suyuqlikka ta'sir etayotgan kuchlar (hajmiy, masalan, og'irlik kuchi) berilgan bo'lib, oqimning gidrodinamik karakteristikasi – bosim, tezlik va hokazolarni topish.

Suyuqlik harakatini kuzatishning ikki asosiy analitik usuli mavjud:

**Lagranj usuli.** Harakatlanayotgan suyuqlikda  $K$  sohani ajratib olib (1.62-rasm), qo'zg'almas  $0x$  va  $0z$  koordinata o'qlarini belgilaymiz. Boshlang'ich vaqtda kirish chegarasidan  $M_1, M_2, M_3$  harakatlanayotgan zarrachalarni ko'rib chiqamiz. Ularning boshlang'ich koordinatalarini  $x_0$  va  $z_0$  deb belgilab olamiz.

Demak,

$$\left. \begin{aligned} x &= f_1(x_0, z_0, t) \\ z &= f_2(x_0, z_0, t) \end{aligned} \right\} \quad (1.83)$$

Bu ifodalar yordamida har qanday belgilangan zarracha traektoriyasini aniqlashimiz mumkin. Endi zarrachaning  $dt$  vaqtda bosib o'tgan  $ds$  masofasini topishimiz mumkin. Bundan ixtiyoriy nuqtadagi tezlikni topish mumkin bo'ladi. Belgilab olingan sohda zarracha ma'lum yulini bosib o'tish uchun ketayotgan  $t$  vaqt davomida kuzatish mumkin.

Lagranj fikriga asosan, zarrachalar traektoriyalarining umumlashgan ko'rinishi orqali oqimni o'rganish mumkin. Ta'kidlash kerakki,  $x$  va  $z$  lar suyuqlik zarrachasining o'zgaruvchan koordinatalari bo'lib,  $dx$  va  $dz$  kattaliklar  $ds$  kattalik proektsiyalari sifatida qaralishi mumkin, ya'ni zarracha tezlik proektsiyalarining quyidagicha ifodalash mumkin:

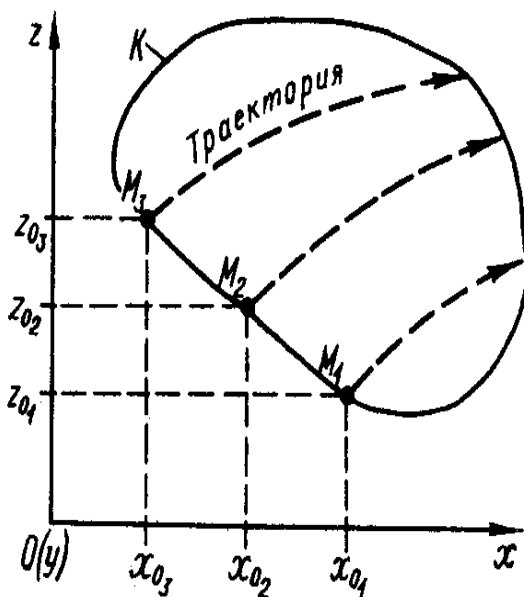
$$g_x = \frac{dx}{dt}; \quad g_z = \frac{dz}{dt}; \quad (1.84)$$

**Eyler usuli.** Faraz qilaylik, harakatlanayotgan suyuqlik bilan muhitning bir bo'lagini ajratib olish mumkin. Bu bo'lakni dekart koordinatalar sistemasiga joylashtirib, unda  $1, 2, 3, \dots$  nuqtalarni tanlab olamiz. Bunda,  $x, z$  – Lagranj usulidagi kabi, zarracha koordinatalari emas, balki, muhitning qo'zg'almas nuqtalaridir (1.63-rasm).  $t_1$  vaqt oralig'ini kuzatadigan bo'lsak,  $1$  nuqtada  $u_1(t_1)$ ,  $2$  nuqtada  $u_2(t_1)$  va hokazo tezliklarga ega bo'lgan zarrachalar mavjud bo'ladi.

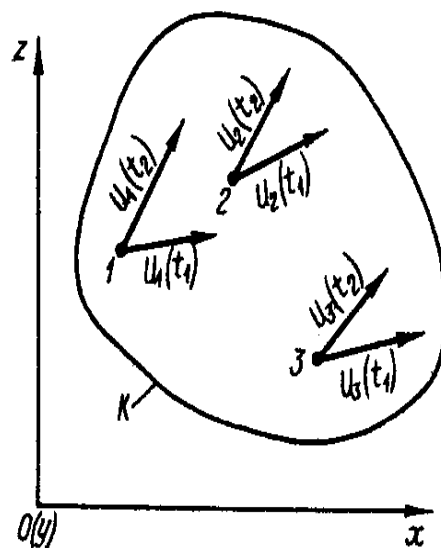
Ko'rinib quvurdagi,  $t_1$  vaqtda oqim – tezlik vektori maydonlari ko'rinishida ifodalanib, har qaysi vektorga ma'lum qo'zg'almas nuqta mos keladi. Ikkinchi boshqa vaqt oralig'ida  $1, 2, 3, \dots$  nuqtalar uchun  $u_1(t_2), u_2(t_2), u_3(t_2)$  va hokazo tezliklar maydoniga ega bo'lamiz.

Umuman, xulosa qilib aytishimiz mumkinki, oqim ma'lum vaqt oralig'ida muhitning qo'zg'almas nuqtalaridagi zarrachalarining tezlik maydonlari bilan ifodalanadi.  $t_1$  va  $t_2$  vaqt oraliqlariga mos keluvchi tezlik maydonlarini o'zaro taqqoslash bilan aytish mumkinki, oqim vaqt o'tishi bilan o'zgaradi.

Yuqorida ta'kidlanganidek,  $x$  va  $z$  koordinatalar, Eyler usuliga asosan, muhitning qo'zg'almas nuqtalari bo'lganligi sababli,  $dx$  va  $dz$  kattaliklarni  $ds$  kattalikning proektsiyalari sifatida qarash mumkin emas, balki, oddiy erkin vaziyatlar sifatida qabul qilinishi mumkin. Shu sababli (1.84) ifodani bunday vaziyatda qo'llab bo'lmaydi.



1.62-rasm. Lagranj usulining tasviri  
 $M_1, M_2, M_3$  – suyuqlik zarrachalari.



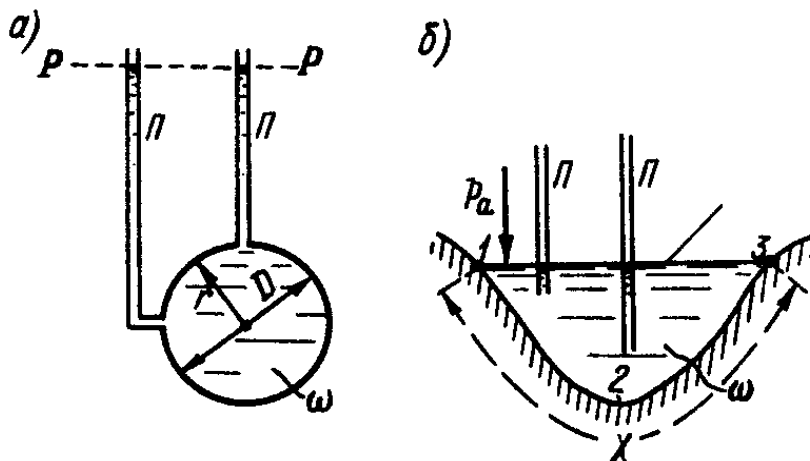
1.63-rasm. Eyler usulining tasviri  
 $1, 2, 3, \dots$  – muhitning qo'zg'almas nuqtalari.

**Suyuqlik harakatini tadbiq qilishning gidravlikada qo'llaniladigan usuli.** Lagranj usuli o'ziga xos murrakkabligi sababli amaliyotda keng qo'llanilmaydi. Bundan keyin asosan, Eyler usulidan foydalaniladi. Bunda, suyuqlik zarrachasi harakatini qaralayotgan nuqtadan o'tgunga qadar bo'lgan  $dt$  vaqt davomida kuzatamiz. Masalani bunday qo'yilishida muhitning har qanday nuqtasida joylashgan zarracha  $dt$  vaqt davomida tashkil etuvchilari  $dx$  va  $dz$  bo'lgan  $ds$  masofani bosib o'tadi, deb qabul

qilish mumkin. Shu sababli,  $\vartheta_x$  va  $\vartheta_z$  tezlik tashkil etuvchilarini aniqlashda boshqa ifodalardan foydalanish mumkin.

**Shunday qilib bosimli harakat** deganda, suyuqlik o'z harakati davomida har tomondan qattiq devorlar bilan chegaralanishi tushuniladi (1.65, a-rasm).

Agar, suyuqlik harakatida bir tomondan atmosfera bilan tutashgan bo'lsa, bunday harakat **bosimsiz harakat** deyiladi (1.65, b-rasm).



1.65-rasm. Bosimli (a) va bosimsiz (b) harakatlar.  
 $\chi$  - xo'llanganlik perimetri

**Oqim harakatdagi kesimining gidravlik elementlari.** Harakatdagi kesimning asosan uchta asosiy gidravlik elementi mavjud.

1.  $\omega$  - harakatdagi kesim yuzasi;
2.  $\chi$  - ho'llanganlik perimetri (1.65, b-rasm);
3. Gidravlik radius – harakatdagi kesim yuzasining ho'llanganlik perimetri kattaligiga nisbati bilan aniqlanadi.

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (1.85)$$

Bu kattalikning fizik ma'nosi – harakatdagi kesim shaklining suyuqlik harakatiga ta'sirini aniqlashga ko'maklashishidir.

Agar kesim aylana shaklida bo'lsa.

$$R = \frac{\pi D^2}{4\pi D} = \frac{D}{4} = \frac{r}{2} \quad (1.86)$$

bunda,  $D$  – aylana bosimli quvur diametri.

**Suyuqlik harakati turlarining tasnifi.**

1- tasnif:

a) potentsial harakat, ya'ni oniy kichik masofada suyuqlikni tashkil etuvchi zarrachalar to'g'ri aylanmasdan harakatlanadi;

b) aylanma harakat.

2 - tasnif:

- a) barqaror harakat, ya'ni statsionar (turg'un) harakat;
- b) beqaror harakat ya'ni nostatsionar (noturg'un) harakat.

3 - tasnif:

- a) tekis harakat;
- b) notekis harakat.

Bu harakat ham o'z navbatida quyidagicha tasniflanadi:

- a) sekin o'zgaruvchan harakat (harakatdagi kesim tekis deb qabul qilinadi);
- b) tez o'zgaruvchan harakat (harakatdagi kesim egri deb qabul qilinadi).

4 - tasnif:

- a) bosimli harakat (1.65, a-rasm);
- b) bosimsiz harakat (1.65, b-rasm).

5 - tasnif:

- a) laminar harakat;
- b) turbulent harakat.

6 - tasnif:

- a) tinch harakat;
- b) notinch harakat.

## 1.10. SUYUQLIKLARNING HARAKAT REJIMI. REYNOL'DS TAJRIBASI

Tabiatda ikki xil tartibli suyuqlik harakati mavjud. Laminar va turbulent harakat.

**Laminar harakat** vaqtida suyuqlik zarrachalari bir-biriga nisbatan qavat-qavat bo'lib joylashadi va suyuqlik harakati davrida ular bir qavatdan ikkinchi qavatga o'tmaydi.

Boshqacha qilib aytganda, suyuqlik zarrachalari oqimlar harakatiga ko'ndalang yo'nalishda harakatlanmaydi.

Amaliyotda laminar harakatni kuzatish uchun suyuqlik oqayotgan shisha trubaning boshlang'ich kesimiga shisha naycha orqali rangli suyuqlik yuborilsa, u holda suyuqlikda rang aralashmasdan to'g'ri chiziq bo'lib oqim ko'rinishida harakatlanadi (1.66- rasm).

Endi suyuqlikning tezligini oshirib borsak, harakat tartibi o'zgarishini kuzatash mumkin.

Oqim tezligi oshib ketishi natijasida zarrachalar bir qavatdan ikkinchi qavatga tez o'ta boshlaydi. Natijada suyuqlik harakatining tartibi tez o'zgaradi. Bunday harakat **turbulent harakat** deyiladi. Suyuqlik harakatining bu ikki tartibini ingliz olimi Osborn Reynol'ds tajribasida har tomonlama tekshirgan va natijalarini 1883 yilda e'lon qilgan. Suyuqlik harakatini tezlikning oqim o'lchamiga ko'paytmasining kinematik qovushqoqlik koeffitsientiga nisbatidan iborat o'lchovsiz miqdor harakterlaydi.

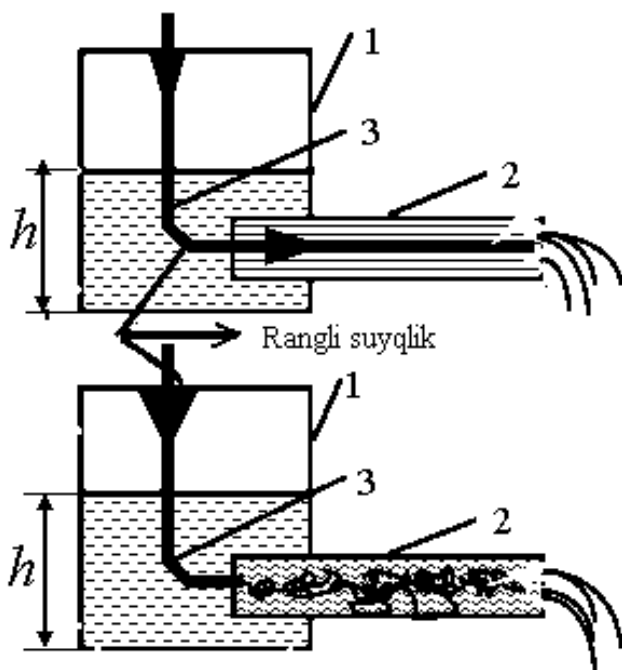
$$Re = \frac{\rho d v}{\mu} \quad (1.87)$$

Suyuqlik harakatining laminar harakatdan turbulent harakatga o'tishi Reynol'ds soni  $Re$  ning ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u Reynol'ds kritik soni deb atalib,  $Re_{kr}$  bilan belgilanadi. Bu son tsilindrik trubalar uchun  $Re = 2320$  ga teng bo'ladi.

## Suyuqlik harakatining tartiblari

Reynol'ds tajribasi 1883 y.

Zarralar yo'li to'g'ri chiziq va bir biriga parallel harakat qiladi



$$W_{o'r} = 0,5W_{max}$$

Zarralar ixtiyoriy ravishda suyuqlikda harakat qiladi

“Turbulentus”- aylanma harakat degani

1.66-rasm. Suyuqlikning ikki harakat tartibi

Bu miqdor Reynol'ds soni deb ataladi va quyidagicha ifodalaniladi:

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

$$Re = \frac{\varrho \cdot d_{\text{экв}}}{\nu} = \frac{4\varrho R}{\nu} \quad (1.88)$$

Bu erda,  $\varrho$  - o'rtacha tezlik;  $d$  - quvur diametri;  $R$  – gidravlik radius;  $\nu$  - kinematik qovushqoqlikning koeffitsienti (6.1–jadval)

$$\nu = \frac{\omega}{\chi} \quad (1.89)$$

Bu erda:  $\omega$  - oqim ko'ndalang kesim yuzasi;



$\chi$  - oqim ho'llanganlik perimetri.

Agar  $Re < Re_{kr} = 2320$  quvurdagi harakat rejimi - laminar.

Agar  $Re > Re_{kr} = 2320$  quvurdagi harakat rejimi - turbulent.

1.11 - jadval

### Kinematik qovushqoqlik koeffitsienti

$t$ °C	$\nu, \text{sm}^2/\text{s}$	$t$ °C	$\nu, \text{sm}^2/\text{s}$	$t$ °C	$\nu, \text{sm}^2/\text{s}$
0	0,0178	11	0,0127	24	0,009
1	0,0173	12	0,0124	26	0,0088
2	0,0167	13	0,0121	28	0,0084
3	0,0162	14	0,0117	30	0,0080
4	0,0156	15	0,0114	35	0,0073
5	0,0147	16	0,0112	40	0,0066
6	0,0142	17	0,0109	45	0,0060
7	0,0139	18	0,0106	50	0,0056
8	0,0135	19	0,0104	55	0,0052
9	0,0131	20	0,0101	60	0,0048
10	0,0127	22	0,00989		

Quyidagi 1.11-jadvalda turli xil temperaturalarda suv uchun kinematik qovushqoqlikning koeffitsientlari keltirilgan.

#### 1.10.1. SUYUQLIKNING LAMINAR HARAKATI. TEZLIKNING TSILINDRIK TRUBA KESIMI BO'YICHA TAQSIMLANISHI

Quvurlarda real suyuqliklar laminar harakat qilganda, uning oqimchalari bir-biriga parallel harakat qiladi. Quvur devorlari yopishib qolgan suyuqlik zarrachalari bilan qoplanadi. Quvur devorlarida yopishib qolgan suyuqlik zarrachalarining tezligi nolga teng bo'ladi.

Quvur devori sirtidagi qavatning tezligi 0 ga teng bo'lib, quvur o'qiga yaqinlashgan sari tezlik oshib boradi. Quvur o'qida, ya'ni markazida tezlik maksimal qiymatga ega bo'ladi. Quvur ichidagi ishqalanish kuchi Nyuton qonuni bilan quyidagicha ifodalanadi

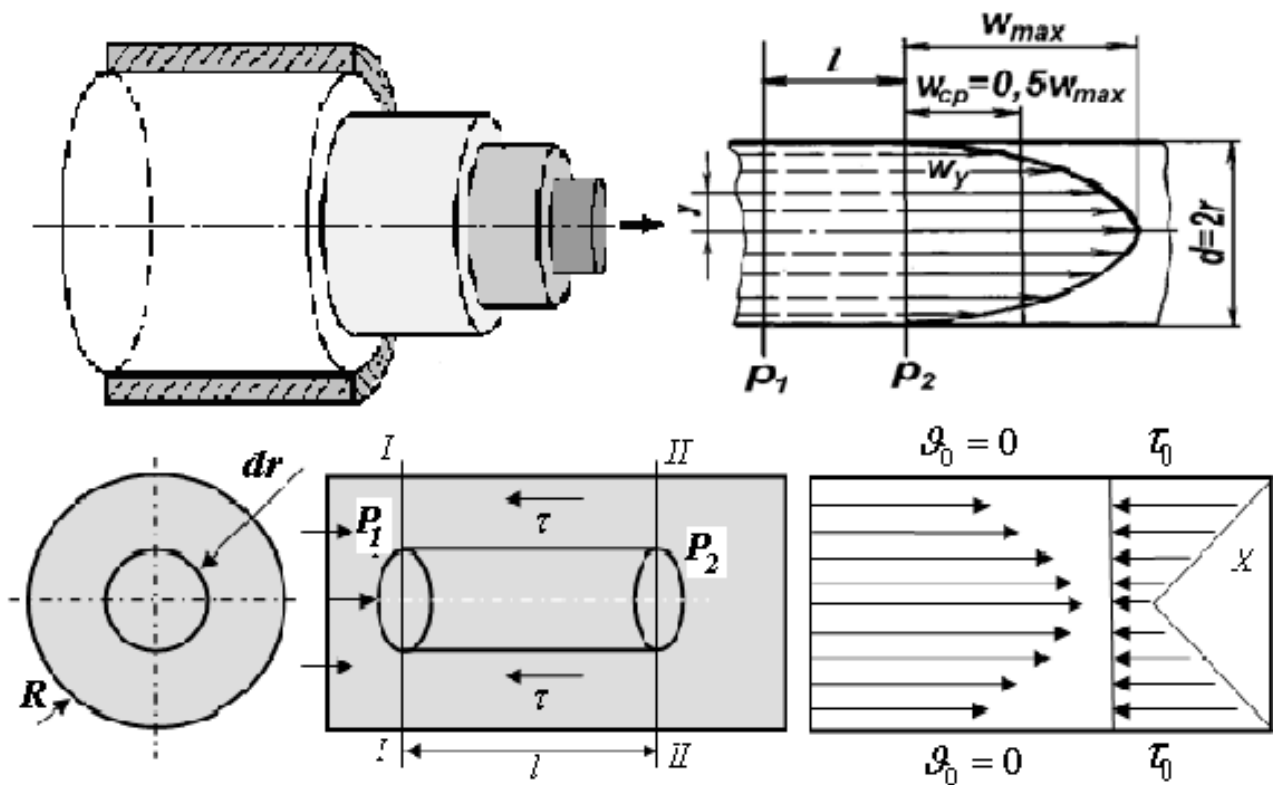
$$\tau = -\mu \frac{d\vartheta}{dr} \quad (1.90)$$

Laminar harakat tartibida tezlikning truba kesimi bo'yicha taqsimlanishini kuzatamiz. Buning uchun quvur ichida uzunligi  $L$  va radiuci  $R$  bo'lgan elementar naycha ajratib olib o'rganamiz (1.67-rasm).

1-1 - kesim uchun  $R_1$ ; 2-2 - kesim uchun  $R_2$ .

Ishqalanish kuchi  $T = \tau 2\pi r l = -\mu 2\pi r l \frac{d\vartheta}{dr}$  dan (1.90) iborat

$$\vartheta = -\frac{P_1 - P_2}{4\mu l} (r^2 - R^2) \quad (1.91)$$



1.67-rasm. Laminar harakatda tezlikning taqsimlanishi

Xulosa qilib aytish mumkinki, ya'ni tsilindrik quvurda laminar harakat tezligi ko'ndalang kesimda parabola qonuni bo'yicha taqsimlangan bo'lar ekan.

### 1.10.2. QUVUR UZUNLIGI BO'YICHA BOSIMNING PASAYISHI (PUAZEYL FORMULASI)

Quvurlarda oqayotgan suyuqlik energiyasining ishqalanishini engishiga sarflanishini tekshiraylik. Avval quvurning kesimi bo'yicha ishqalanish kuchining taqsimlanishini ko'ramiz. Buning uchun Nyuton qonuni formulasiga tezlik formulasini qo'yamiz. U vaqtda

$$\tau = -\mu \frac{d\vartheta}{dr} = \frac{P_1 - P_2}{2l} r \quad (1.92)$$

Gidravlik yo'qotish formulasiga uchun, quyidagi munosabatni olamiz

$$h_l = \frac{32 \mu l}{D^2} g \quad (1.93)$$

Laminar harakat tartibi uchun gidravlik yo'qotish koeffitsienti quyidagi ko'rinishga ega.

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (1.94)$$

Bu erda: - ishqalanish qarshiligi koeffitsienti deb yuritiladi

Energiyaning yo'qolishi va gidravlik nishablik uchun quyidagi Darsi-Veysbax formulasidan foydalanamiz

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} ; \quad J = \lambda \frac{1}{d} \frac{v^2}{2g} . \quad (1.95)$$

Demak, laminar harakat vaqtida quvurning uzunligi bo'yicha naporni (bosimni) pasayishi va gidravlik nishablik solishtirma kinetik energiyaga bog'liq ekan.

### 1.10.3. SUYUQLIKLARNING TURBULENT HARAkATI

Quvurlarda suyuqlikning har bir zarrasi juda murakkab egri chizikli traektoriya bo'yicha harakat qiladi. Turbulent harakat tabiatda va texnikada keng tarqalgan gidravlik hodisalar ichida eng murakkablari qatoriga kiradi. Harakatning bu tartibi ko'p tekshirishlarga qaramay umumlashgan nazariyasi haligacha yaratilmagan. Shu sababli hisoblashlarda tajriba natijalari va emperik formulalar yordamida ish yuritiladi.

Turbulent harakatning har bir zarrachasi juda ham murakkab egri chizikli traektoriya bo'yicha harakat qiladi va har qanday ikki zarrachaning traektoriyalari bir-biriga o'xshamaydi.

Turbulent harakat vaqtida A nuqtadan chiqqan birinchi zarracha murakkab egri-bugri chiziq bo'yicha B nuqtaga keladi. Ikkinchi zarracha esa birinchi zarrachaning traektoriyasidan tamomila boshqacha bo'lgan ikkinchi egri-bugri chiziq bo'yicha keladi. Uchunchi zarracha esa birinchi va ikkinchi zarrachalarning traektoriyalariga o'xshamagan uchunchi egri-bugri chiziq bo'yicha 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 B nuqta tomonga harakat qiladi.

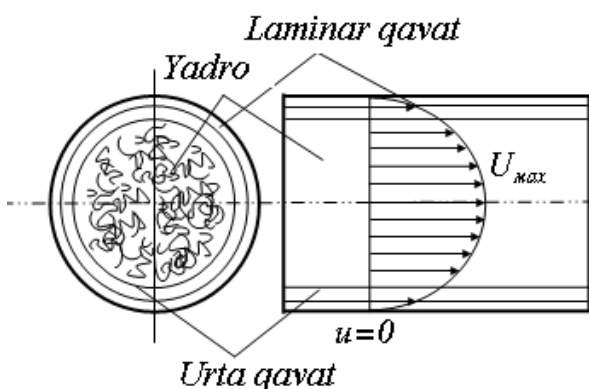
#### TURBULENT HARAkATDA KESIM BO'YICHA

##### TEZLIKNING TAQSIMLANISHI

Turbulent harakat vaqtida oqimning asosiy qismi uning yadrosi, ya'ni markaziy qismini tashkil qiladi. Yadroda suyuqlik turbulent harakat qilib, uning tezliklari yadro kesimi bo'yicha deyarli bir xil bo'ladi va markazdan truba devoriga yaqinlashgan sari biroz kamayib boradi. Devor yonidagi zarrachalar laminar harakat qiladi. Laminar harakat qilayotgan zarrachalar yupqa qavat ichida bo'lib, uni laminar qavat deb ataladi. Laminar qavat bilan yadro o'rtasida yana bir yupqa qavat bo'lib, uni o'rta qavat deb aytiladi.

Quvur ichidagi suyuqlikning harakatiga qarab 3 - bo'lakka bo'linadi.

Eng sekin qatlam:  $\delta_{\text{lam}}$  laminar chegara, ya'ni chegara qatlam deyiladi. Laminar harakatda  $v = 0$  teng ekanligi yuqorida ko'rib o'tilgan. Tezlik qiymati osha borgan sari laminar chegara qatlam ham harakatga kela boshlaydi



1.68-rasm. Oqimcha tezliklarni taqsimlanishi

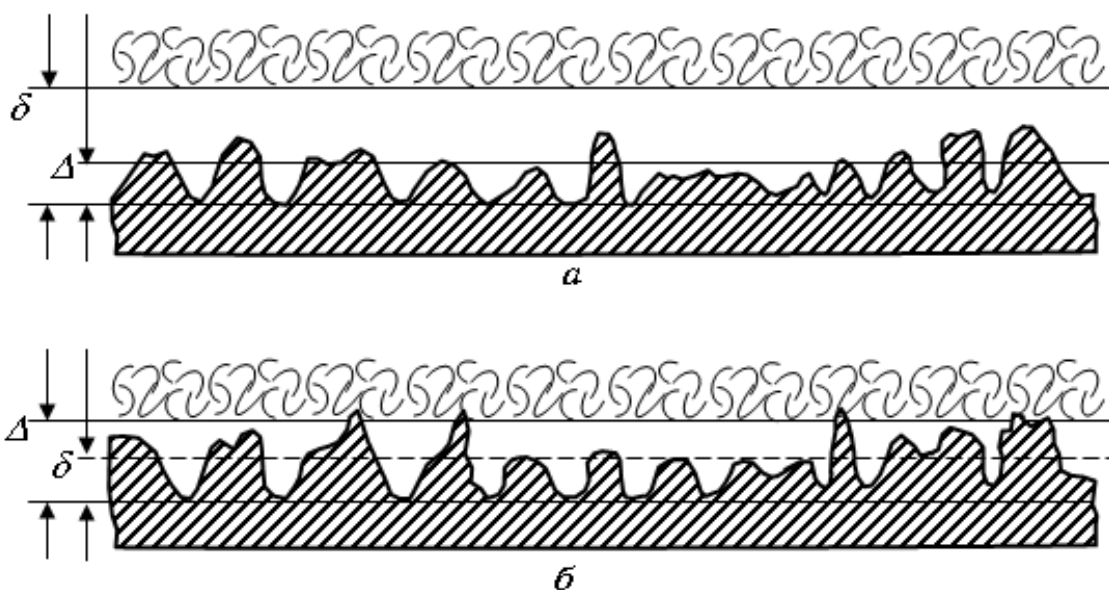
1.68-rasm. O'z navbatida uning qalinligi  $\delta$  - ham kamayib boradi. o'tkinchi qatlam - laminar qatlamdan turbulent harakatga o'tishdagi o'tkinchi qatlam hisoblanadi.

Yadro – ya'ni suyuqlikning barcha qatlamlarida harakat bir tekis desa ham bo'ladi. Eng katta tezlik esa – yadroda bo'ladi. O'rtacha tezlik maksimal qatlamning 0,75 foizini tashkil etadi, ya'ni  $v = 0,75 \cdot U_{i\delta\delta}$

Nihoyatda katta tezlikda suyuqlik oqayotganda koeffitsient 1 ga yaqinlashadi, ya'ni  $v = 1 \cdot U_{max}$  urbulent harakati davomida ishqalanish tufayli energiya yo'qolishi tezlikning ko'payadi. Keltirilgan  $h_{\omega(1-2)}$  - ni hisoblash, quvurlar va quvurlar sistemasini hisoblashda asosiy masalalardan biri hisoblanadi. Quvurlarda bosimning kamayishi ishqalanish qarshiligi va mahalliy qarshiliklarga bog'liq.

**Ishqalanish qarshiligi** - real suyuqliklarning ichki qarshiligiga bog'liq bo'lib, quvurlarning uzunligi va tezlik ortgan sari uning qiymati ham oshib boradi.

**Mahalliy qarshiliklar** - quvurlar shakli va formasi o'zgargan hollarda ham energiya yo'qolishi sodir bo'ladi. Energiyaning yo'qolishi ko'proq shakl o'zgargan sari uning qiymati oshib boradi va quvurning uzunligiga bog'liq energiya yo'qolishi ham inobatga olinadi. Quvurlar, kanallar va novlarning devorlari ma'lum darajada g'adir-budurlikka ega bo'ladi. Bu g'adir-budurlik kandy materiallardan tayyorlanganligi va qay darajada silliqlanganligi qiymatlariga qarab suyuqlik harakati qarshilikka uchraydi. G'adir-budurlik qiymatini (1.69-rasmda)  $\Delta$  bilan belgilanadi, bu absolyut g'adir-budir bo'ladi.



1.69-rasim. Quvurlar uchun nisbiy va absolyut g'adir-budirligni tushitirishga doyr chizma

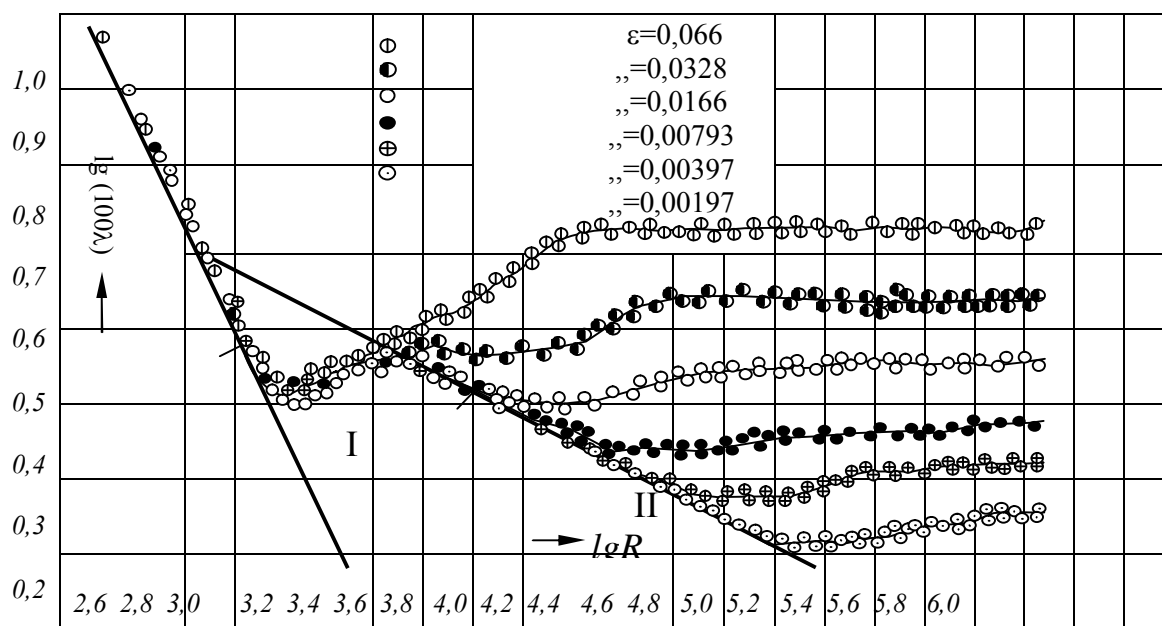
Agar laminar chegara qatlam -  $\delta$  laminar chegara qalinligi,  $\Delta$  - g'adir-budirlikdan katta bo'lsa, u holda bunday quvurlar gidravlik silliq quvur deyiladi. Agar laminar qatlam chegara qatlam -  $\delta$  laminar chegara qalinligi  $\Delta$  dan kichik bo'lsa, u holda quvur g'adir-budir deyiladi.

1.12 - jadval

**Quvurlar uchun absolyut g'adir-budirlik qiymatlari**

Quvurlar	$\Delta$ , mm
Yangi metall va sopol quvurlar	0,01 ÷ 0,15
Yaxshi holatda ishlab turgan suv o'tkazgich quvurlar va juda yaxshi holatdagi beton quvurlar	0,2 ÷ 0,3
Ozroq ifloslangan vodoprovod quvurlari yoki yaxshi holatdagi beton quvurlar	0,3 ÷ 0,5
Ifloslangan va kam zanglagan suv quvurlari	0,05 ÷ 2,0
Yangi cho'yan quvurlar	0,3 ÷ 0,5
Eski cho'yan quvurlar	1,0 ÷ 3,0

Ishqalanish koeffitsienti  $\lambda$  ning laminar va turbulent harakatdagi o'zgarishlarini (1.70-rasmda) Nikuradze grafigi orqali ko'rish mumkin.



1.70-rasm. Nikuradze tajribasi va grafigi

Bu grafikni taxminan 3 zonaga bo'lish mumkin.

**I.** Re soni  $< 2320$ , ya'ni laminar harakatda  $\lambda$  - Re ga bog'liqligi to'g'ri chiziqli bo'ladi. Yo'qolgan energiya - N, g'adir-budirlikka bog'liq emas.

$\lambda$  ni bu oraliqda Puazeyl formulasidan topish mumkin

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64 \cdot \nu}{g \cdot d}; \quad (1.96)$$

**II.** Bu zonani o'tkinchi zona deb yuritiladi.  $Re \approx 2320 \div 10000$  gacha bo'lgan qiymatlarda turbulent harakat hisoblanadi.  $\delta_{l.u.k.} > \Delta e$  bo'lgan holatda esa quvur gidravlik silliq deyiladi.

**III.** Zonada harakat tezligi juda kata bo'lgani uchun laminar chegara qatlam  $\delta_{l.ch.q}$  - juda kichik, ba'zan 0 ga teng bo'lgani uchun truba g'adir-budir bo'ladi. Harakat tartibi turbulent  $Re \approx 1000 \div 100\ 000$  gacha o'zgaradi. Bu erda ishqalanish faqat g'adir-budirlikka bog'liq bo'ladi.

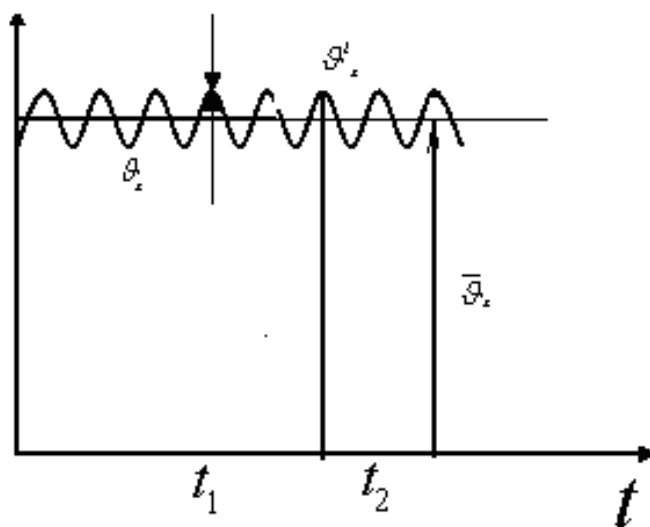
II-zona uchun gidravlik ishqalanish koeffitsienti  $\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$  ga teng bo'ladi va ushbu formula Blazius formulasi deb yuritiladi.

III-zona uchun formulalar  $\lambda = 0,11 \left( \frac{82}{d} + \frac{68}{Re^{0,25}} \right)^{0,25}$  Al'tshul va juda katta tezliklarda  $\lambda = 0,11 \left( \frac{82}{d} \right)^{0,25}$  - Kanovalov formulasi orqali ushbu koeffitsient hisoblab

topiladi. Al'tshul formulasi  $\lambda = 0,11 \left( \frac{82}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$  - ni universal formula deb olingan, ya'ni bu formulani barcha zonalarga, barcha g'adir-budirliklarga va suyuqlikning barcha tezliklarida qo'llash mumkin bo'ladi.

#### 1.10.4. TEZLIK VA BOSIM PUL'SATSIYALARI

Turbulent harakat qilayotgan suyuqlik biror nuqtadagi teziligining koordinata o'qlaridagi proektsiyalarini tekshiramiz. Tezlikning oqim yo'nalishidagi proektsiyasini  $\mathcal{G}_x$  deb olaylik. U holda  $\overline{\mathcal{G}_x}$  ning miqdori vaqt davomida ortib va kamayib boradi. Bu o'zgarishni grafik yordamida ifodalasak, 1.71- rasmda tasvirlangan grafikka o'xshaydi va tezlik  $\mathcal{G}_x^i$  proektsiyasining pul'satsiyasi deb ataladi.



1.71-rasm. O'rtacha tezlikning  $\overline{\mathcal{G}_x}$  - tenglashtirilgan tezlik farqi

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.

1.71.-rasmdan ko'rinib turibdiki, tenglashtirilgan o'rtacha tezlik oniy tezlikdan farq qiladi, bu farqni quyidagi ifoda bilan yozamiz

$$\mathcal{G}_x = \overline{\mathcal{G}}_x + \mathcal{G}_x^i \quad (1.97)$$

Oniy va tenglashtirilgan tezlik orasidagi farqlar manfiy yoki musbat bo'lishi mumkin va tezlik pul'satsiyasi deb yuritiladi.

Tezlik miqdori o'zgarib turgani sababli, bosim ham o'zgarib turadi yoki boshqacha qilib aytganda bosim ham pul'satsiyaga ega bo'ladi.

#### 1.10. 5. IDEAL SUYUQLIK ELEMENTAR OQIMCHASIGA BERNULLI TENGLAMASI

Leonid Eyler tomonidan kiritilgan formulani D.Bernulli amaliyotga qo'llaydigan qilib tenglama yaratdi.

$$\left. \begin{aligned} \rho X + \frac{\ddot{a}\delta}{\ddot{a}\delta} + \frac{\ddot{a}e_x}{\ddot{a}t} &= 0 \\ \rho Y + \frac{dp}{dy} + \frac{d\mathcal{G}_y}{dt} &= 0 \\ \rho Z + \frac{dp}{dz} + \frac{d\mathcal{G}_z}{dt} &= 0 \end{aligned} \right\}; \text{Eyler tenglamasi} \quad (1.98)$$

bu erda,  $\rho X, \rho Y, \rho Z, x, y, z$ , o'qlariga tushirilgan og'irlikning proektsiyalari

$$\frac{\partial p}{\partial x}, \frac{\partial p}{\partial y}, \frac{\partial p}{\partial z} - x, y, z, \text{ o'qlariga bosim proektsiyalari } \frac{\ddot{a}\mathcal{G}_\delta}{\ddot{a}t}, \frac{\ddot{a}\mathcal{G}_\delta}{\ddot{a}t}, \frac{\ddot{a}\mathcal{G}_z}{\ddot{a}t} - x, y, z,$$

o'qlariga tushirilgan inertsiya kuchlari proektsiyalari.

Ushbu qiymatlarni umumlashtirib  $Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{g^2}{2g} = 0$  const deb xulosaga

kelindi. Bu hosil bo'lgan tenglama Bernulli tenglamasidir. Bu erda  $Z-z$  o'qi bo'yicha trubalarning erdan qancha balandlikda joylashganligini ko'rsatuvchi geometrik balandlik - [m],  $\frac{P}{\gamma}$  - idish devoriga ulangan p'ezometrlardagi suyuqlikning balandligi

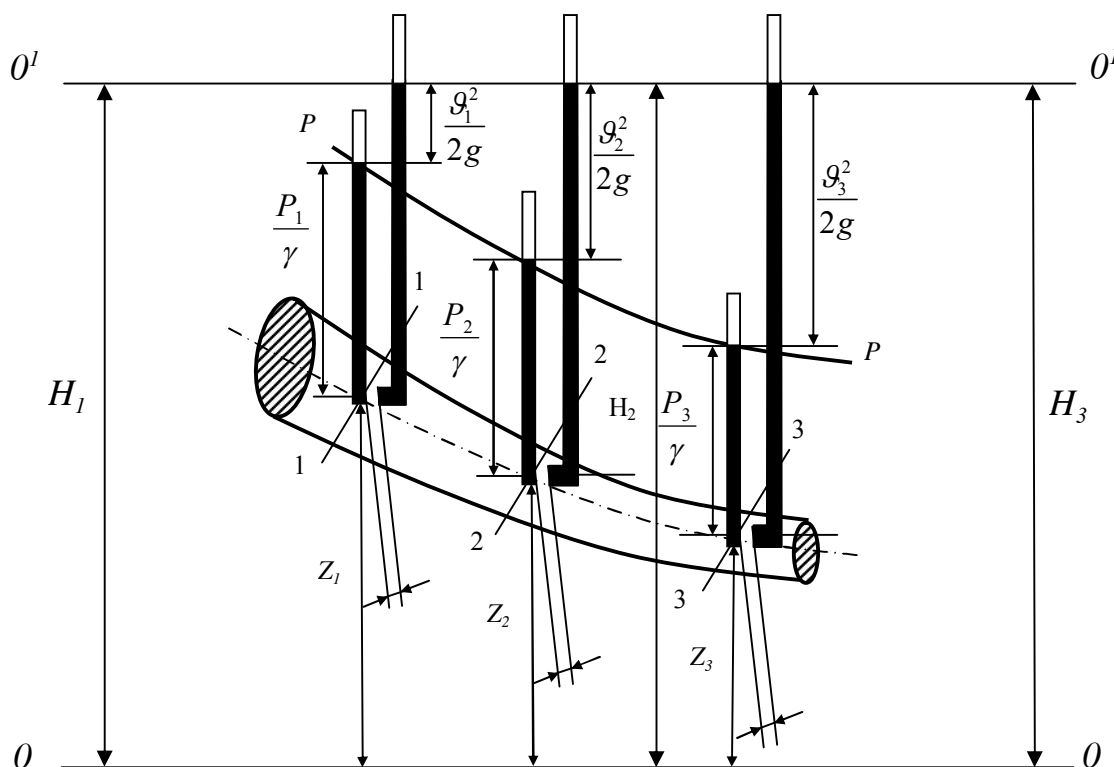
[m],  $\frac{g^2}{2g}$  - qaralayotgan nuqtadagi suyuqlik tezligini harakterlovchi tezlik napori balandligi [m].

Bu qiymatlarning yig'indisi trubaning uzunligi bo'yicha har bir nuqtada bir xil bo'ladi. Trubaning bir necha nuqtasi uchun ushbu tenglamani yozadign bo'lsak, quyidagicha bo'ladi, ya'ni

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g} = Z_3 + \frac{P_3}{\gamma} + \frac{g_3^2}{2g} = \dots = Z_n + \frac{P_n}{\gamma} + \frac{g_n^2}{2g} = const \quad (1.99)$$

hosil bo'ladi. Ushbu hosil bo'lgan tenglama ideal suyuqlik elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasidir.

Bernulli tenglamasini grafikda ifodalasak, (1.72-rasm) quyidagi ko'rinishda bo'ladi.



1.72-rasm. Bernulli tenglamasini geometrik va energetik mazmunlarining grafik tasviri.

Suv kuvurlarida barqaror oqqanda quvur uzunligi bo'ylab istalgan nuqtalardagi balandliklar yig'indisi ( $Z$ -geometrik balandlik,  $\frac{P}{\rho g}$ -p'ezometrik balandlik va  $-\frac{g^2}{2g}$ -tezlik napori balandliklari) bir-biriga tengdir. Bu balandliklar qanday joylashgan?

Shaklda 0-0 tekislik-taqqoslash tekisligi bo'lib, u trubaning erdan qanday balandlikda yotishini ko'rsatish uchun chiziladi.

$Z$  - balandligi taqqoslash tekisligi 0-0 - dan p'ezometr ulangan nuqtalargacha bo'lgan balandlik, [m].



$\frac{P}{\gamma}$  - p'ezometrlar ichidagi suyuqlik balandligi, [m].

$\frac{g^2}{2g}$  - tezlik nabori balandligi, [m].

$\frac{P}{\gamma}$  - p'ezometrlardagi suyuqliklarning ko'rsatkichlarini bir-biri bilan ulasak, *R-R*

chizig'i paydo bo'ladi. Hosil bo'lgan chiziqni p'ezometr chizig'i deb ataladi.

Barcha balandliklarni bir-biriga ulasak, u holda *N-N* - napor chizig'i paydo bo'ladi. Agar ideal suyuqlik bo'lsa, u holda *N-N* - barcha p'ezometrlar uchun teng va shuning uchun u gorizontali yoki taqqoslash tekisligiga parallel bo'ladi.

Agar real suyuqlik uchun Bernulli tenglamasini yozsak, *N-N* - napor chizig'i suyuqlik tezligiga qarab, uning nishabi sari orta boradi. Agar quvur diametri

$d=const$  bo'lsa,  $\frac{g_1^2}{2g} = \frac{g_2^2}{2g} = \frac{g_3^2}{2g}$  va hokazo bo'ladi.

Agar quvur gorizontali joylashgan bo'lsa,  $Z_1 = Z_2 = Z_3$ , quvur qiya joylashgan bo'lsa,  $Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3$ ; bo'ladi.

Bernulli tenglamasining energetik mazmuni; suv quvurlarda barqaror harakatda bo'lsa, quvur uzunligi bo'ylab barcha nuqtalardagi energiyalar yig'indisi (*Z* - solishtirma holat yoki potentsial energiyasi,  $\frac{P}{\gamma}$  - solishtirma bosim potentsial energiyasi,

$\frac{g^2}{2g}$  - solishtirma kinetik energiya) bir biriga teng bo'ladi.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g} = \dots \dots \dots Z_n + \frac{P_n}{\gamma} + \frac{g_n^2}{2g} = const ; \quad (1.100)$$

Suyuqlik harakati davomida solishtirma kinetik va solishtirma potentsial energiyalar harakat davomida o'zgarib boradi, lekin to'liq solishtirma energiya o'zgarmas bo'ladi.  $Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{g^2}{2g} = H$  - to'liq gidrodinamik napor deyiladi. To'liq gidrodinamik bosimda  $N_1 = N_2 = N_3$  bo'lsa, suyuqlik oqayotgan, ya'ni harakatlanayotgan bo'ladi (ideal).

Real suyuqlikda esa  $n_1 > n_2 > n_3 > n_4$  - va hokazo, ya'ni energiya yo'qolishi tufayli tular energiya kamayib boradi.

To'liq gidrodinamik bosimning boshlang'ich nuqtasidan chizilgan chiziq real suyuqliklar uchun boshlang'ich energiya chizig'i deb atalib,  $n^l - n^l$  bilan belgilanadi.

### 1.10.6. REAL SUYUQLIK ELEMENTAR OQIMCHASI UCHUN BERNULLI TENGLAMASI

Tabiatda ideal suyuqliklar uchramaydi, balki faqat real suyuqliklar mavjud. Real suyuqliklar yopishqoqlik xossasiga ega. Yopishqoqlik ortgan sari u suyuqlikni siljitish, yani suyuqlik harakati qiyin bo'ladi. Suyuqlikni siljitish uchun nasos orqali yuqori naporda suyuqlikni oqizish kerak yoki naporli baklarning balandligi evaziga naporni ko'paytirish mumkin.

Napor yo'qola borgani uchun  $n_1 > n_2 > n_3$  ni va hokazo bo'ladi. Bu naporlar orasidagi farq yo'qolgan energiyani yoki yo'qolgan naporni bildiradi.

$$n_1 - n_2 = h\omega \quad (1-2)$$

$$n_2 - n_3 = h\omega \quad (2-3)$$

$$n_1 - n_6 = h\omega \quad (1-6)$$

$n_3 - n_8 = h\omega \quad (3-8)$  va hokazo bo'ladi.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g} - h\omega(1-2); \quad (1.101)$$

$$h\omega(1-2) = \left( Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} \right) - \left( Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g} \right) \quad (1.102)$$

Bernulli tenglamasining geometrik va energetik ma'nolariga yo'qolgan napor yoki yo'qolgan energiya so'zlarini kiritamiz.

Bernulli tenglamasining **geometrik mazmuni**. Quvurlardagi suyuqlik barqaror harakat qilganida, uning uzunligi buylab har bir nuqtasidagi balandliklar yig'indisi ikkinchi nuqta uchun yo'qolgan naporni qo'shib hisoblaganda bir - biriga teng hisoblanadi.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g} - h\omega(1-2); \quad (1.103)$$

Bu erda  $g_1, g_2, g_3$  va hokazo tezliklar elementar tezlikka nisbatan olingan Bernulli tenglamasi real suyuqlik, uchun bo'lsa elementar oqimchasi uchun deb yoziladi.

#### REAL SUYUQLIK TO'LA OQIMI UCHUN BERNULLI TENGLAMASI

Elementar oqimchalardan to'liq oqimga o'tish uchun bu tenglamalar integrallanadi.

$$\int_{\omega_1} Z_1 d\omega + \int_{\omega_1} \frac{P_1}{\gamma} d\omega + \int_{\omega_1} \frac{g_1^2}{2g} = \int_{\omega_2} Z_2 d\omega + \int_{\omega_2} \frac{P_2}{\gamma} d\omega + \int_{\omega_2} \frac{g_2^2}{2g} d\omega + \int_{\omega_2} h\omega(1-2); \quad (1.104)$$

Elementar oqimchalar tezligidan to'liq oqimiga o'tishda

$$g^2 = \frac{g_1^2 + g_2^2 + g_3^2 + g_4^2 \dots g_n^2}{h}; \quad (1.105)$$

o'rtacha tezlikni  $g = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + \dots g_n}{h};$

orqali olganda bular bir-biridan oz bo'lsa ham farq qiladi.

1.13 - jadval

**Bernulli tenglamasining geometrik va energetik mazmunlari**

Kattaliklar	Geometrik mazmuni	Energetik mazmuni
$Z_1; Z_2$	Holat balanligi, Geometrik napor	Solishtirma holat potentsial energiyasi.
$P_1/\gamma; R_2/\gamma; R/\rho \cdot g$	P'ezometrik balandlik	Solishtirma bosim potentsial energiyasi.
$Z+P_1/\gamma; Z_2+P_2/\gamma$	P'ezometrik napor	Solishtirma potentsial energiya.
$\alpha_1 g_1^2/2g; \alpha_2 g_2^2/2g$	Tezlik nabori balandligi, tezlik nabori.	Solishtirma kinetik energiya.
$h\omega (1-2)$	1-2-oralikda yo'qolgan energiya	Solishtirma energiyaning yo'qolishi

Ya'ni  $g = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + \dots g_n}{h} = 10i / \tilde{n}$

$$g^2 = \frac{g_1^2 + g_2^2 + g_3^2 + g_4^2 \dots g_n^2}{h} \quad (1.106)$$

bo'lganda sal ko'proq  $\alpha=102$ ,  $g=10,2$  bu kinetik energiyalar farqini Koriolis aniqlay olgan.

$$\alpha = \frac{\int \frac{g^2}{2g} \cdot d\omega}{\frac{g^2}{2g} \cdot \omega} - \text{tezliklarni tuzatuvchi Koriolis koeffitsienti deyiladi.}$$

Demak tenglama qo'yidagicha yoziladi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 g_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 g_2^2}{2g} + h_{\omega(1-2)}; \quad (1.107)$$

### 1.10.7. GIDRAVLIK VA P'EZOMETRIK QIYALIKLAR

Gidravlikada hisoblash ishlarida  $J$ -gidravlik qiyalik va  $J_p$ - p'ezometrik qiyalikdan foydalaniladi. To'liq napor chizig'i  $N-N$ -ning masofa bo'yicha kamayishi (1.73-rasmda) gidravlik qiyalik deb ataladi.

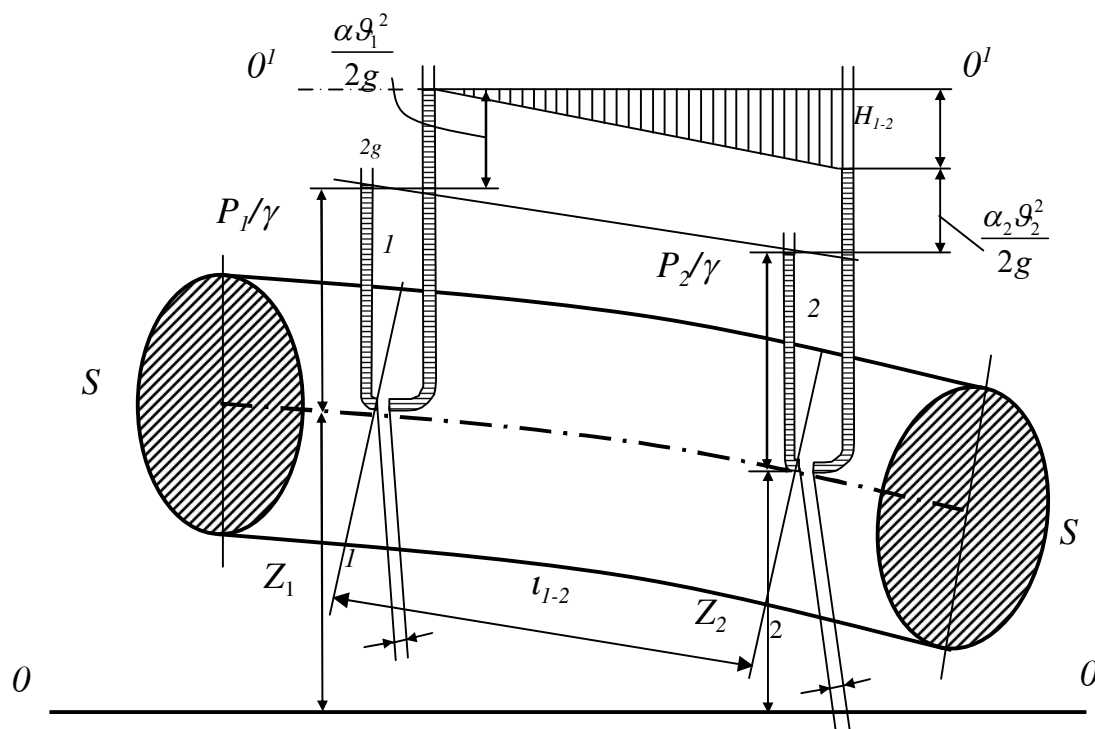
Bunda,  $L_{1-2}$ -birinchi va ikkinchi p'ezometr orasidagi masofa;

$h_{\omega(1-2)}$ - energiyaning (napor) yo'qolishi.

Pe'zometrik chiziq ( $R-R$ ) ning uzunlik bo'yicha o'zgarishi.

$$J_{p(1-2)} = \pm \frac{\left(z_1 + \frac{P_1}{\gamma}\right) - \left(z_2 + \frac{P_2}{\gamma}\right)}{L_{1-2}}; \text{ Bu formulada } \pm - \text{ degani, quvur tizimlarida pastga}$$

yoki yuqoriga ko'tarilgani bo'lishi mumkin yoki quvur kengaygan va toraygan bo'lishini anglatadi.



1.73-rasm. Gidravlik, geometrik, p'ezometrik, to'liq napor qiyalik chizig'i

Geometrik qiyaliklar esa quvurning gorizontga nisbatan joylashishiga qarab quyidagicha bo'ladi.

$$J_{G(1-2)} = \pm \frac{Z_1 - Z_2}{L_{1-2}} \quad (1.108)$$

### 1.10.8. GIDRAVLİK YO'QOTISH TURLARI

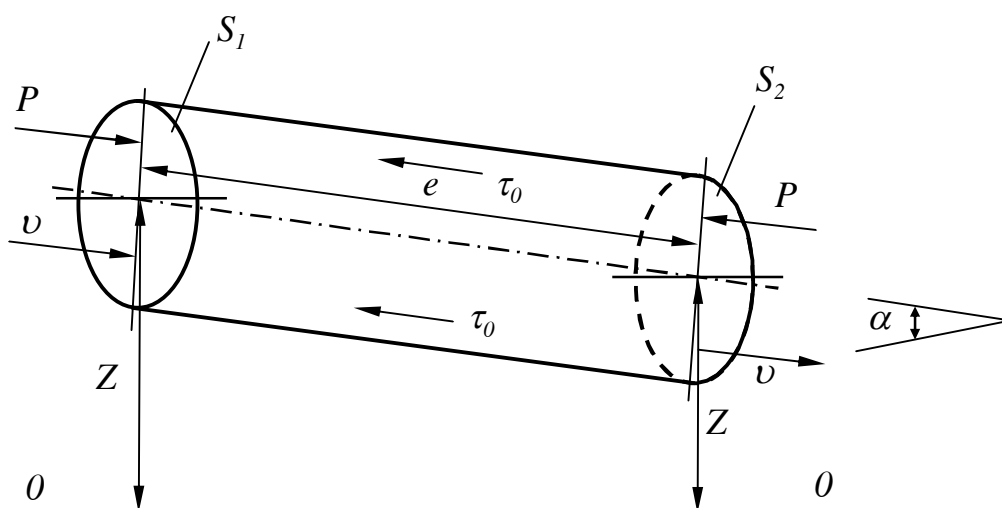
Real suyuqliklarda ikki kesim orasidagi energiya yo'qolishini  $h\omega_{(1-2)}$  deb belgilanadi. Bu yo'qotish suyuqliklardagi yopishqoqlik kuchi hisobiga sodir bo'ladi, ya'ni u shu kuchni engish uchun sarf bo'ladi.

Quvur tizimlaridagi harakatni tekshirilganda masala asosan ishqalanish kuchini engish uchun sarf bo'lgan yo'qotishni hisoblashga keladi.

Quvur ichidagi tekis harakat holatida suyuqlikka ta'sir etayotgan kuchlarining yig'indisi (1.74-rasmda) 0-ga teng ekanligini hisobga olsak,  $p_1 - p_2 + G \cdot \sin \alpha - T = 0$  deb yozish mumkin.

- 1)  $p_1 - p_2$  - boshlang'ich va oxirgi nuqtalar uchun bosim kuchlari;
- 2) Og'irlik kuchi  $G = \gamma \omega L$ ;
- 3) Ishqalanish kuchi  $T = \tau \pi DL$  ga teng

$$p_1 \omega - p_2 \omega + \gamma \omega L \cdot \frac{Z_1 - Z_2}{L} - \tau \pi DL = 0, \text{ bundan tekis harakat uchun}$$



1.74-rasm. Gidravlik yo'qotish tushunchasi.

Bernulli tenglamasi kelib chiqadi, ya'ni.

$$\frac{p_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{\tau \pi DL}{\gamma \omega}; \quad (1.109)$$

tekis harakatda  $v_1 = v_2$  bo'lgani uchun  $h\omega_{(1-2)} = \frac{\tau \pi DL}{\gamma \omega}$  - birinchi va

ikkinchi kesimlarda yo'qolgan energiyaga tengdir.

Bu formuladan xulosa qilsak,  $h\omega_{(1-2)}$  - quvurning diametri, uzunligi qancha katta bo'lsa, u holda bosim yo'qolishi ham shuncha katta bo'lar ekan. Ishqalanish kuchi  $T$  -

yoki kuchlanish qancha ko'p bo'lsa, shuncha energiya ko'p yo'qoladi. Lekin quvurning ko'ndalang kesimi oshishi bilan energiya yo'qolishi kamayadi. Gidravlik yo'qotish 2 turga bo'linadi.

- 1) Uzunlik bo'yicha energiya yo'qolishi.
- 2) Mahalliy qarshiliklarda energiya yo'qolishi.

Uzunlik bo'yicha energiya yo'qolishi oqim uzunligi bo'yicha harakat hisobiga vujudga keladi va quvur yoki suv oqimi yo'li uzunligiga bog'liq bo'ladi va quyidagi formula orqali ifodalanadi.

$$h_l = h\omega_{(1-2)} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{\pi DL}{\omega}; \quad (1.110)$$

Mahalliy qarshiliklarda energiya yo'qolishi oqimning ayrim joylarida notekis harakat hisobiga vujudga keladi. Notekis harakatni vujudga keltiruvchilar quvur va o'zakning kesim shakllari o'zgargan joylari (tirsak, to'siqlar, keskin kengayish, keskin torayish, kranlar va hokazo) bo'lib, bu erdagi gidravlik yo'qotish yoki energiya yo'qolishi uzunlikka bog'liq bo'lmaydi.

Umumiy yo'qotish qiymati, ikki tur yo'qotishlar yig'indisiga teng, ya'ni  $n = n_L + n_M$ . Bu erda  $n = h\omega_{(1-2)}$  - uzunlik bo'yicha energiya yo'qolishi,  $n_M$  - mahalliy qarshiliklarda energiya yo'qolishi.

### Gidravlik yo'qotishga oid masalalar

**1-masala.** Nasos yordamida quvur orqali IS-30 markali moyning gidrotsilindrga uzatiladi. Agar quvur diametri  $d=24$  mm, moyning harorati  $t=20$  °S bo'lib, nasosning sarfi  $Q=20$  m<sup>3</sup>/s bo'lsa, suyuqlikning harakat rejimini va qaysi haroratda turbulent rejimga o'tishini aniqlang.

**Echimi:** Suyuqlikning harakat rejimi Reynol'ds soni orqali ifodalanadi. Umumiy ko'rinishda Reynol'ds soni quyidagi ko'rinishga ega:

$$Re = \frac{\varrho \cdot R}{\nu}, \text{ Bu erda: } \varrho - \text{o'rtacha tezlik; } R - \text{gidravlik radius.}$$

Naporli harakatda Reynol'ds soni quyidagicha aniqlanadi:

$$Re = \frac{\varrho \cdot D}{\nu}, \text{ Bu erda } D - \text{quvurning diametri;}$$

Agar Reynol'ds soni qandaydir kritik Reynol'ds sonidan yuqori bo'lsa ( $Re > Re_{kr}$ ), harakat rejimi turbulent deyiladi. Agar Reynol'ds soni kritik Reynol'ds sonidan kichik bo'lsa ( $Re < Re_{kr}$ ), harakat rejimi laminar deyiladi.

Aylana shaklidagi naporli quvurlar uchun kritik Reynol'ds soni ( $Re \succ Re_{kr}$ )=2000÷3000 va naporsiz oqimlar harakati uchun  $Re_{kr}$ =300÷580 gacha qabul qilingan. Quvurdagi oqim harakat tezligi

$$g = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 20}{3,14 \cdot 2,4^2} = 4,42 \text{ sm/s.} \quad (1.111)$$

$t=20^0S$  da IS-30 markali moyning kinematik yopishqoqlik koeffitsienti  $\nu=150 \text{ mm}^2/\text{s}=1,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ .

$$Re = \frac{g \cdot d}{\nu} = \frac{4,42 \cdot 2,4 \cdot 10^2}{1,5} = 700; \quad (1.112)$$

$Re_{kr} = 2000; Re \prec Re_{kr}$  demak, suyuqlik harakat rejimi laminar tartibda.

Laminar harakatdagi turbulent harakatga o'tish uchun  $Re \succ Re_{kr}$  qoniqtirilishi kerak, demak

$$Re_{kr} = 2000, \text{ u holda: } Re_{kr} = \frac{g \cdot d}{\nu}; \quad \nu = 0,53 \frac{\text{sm}^2}{\text{s}} = \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}.$$

$\nu$  va  $t^0$  – ning bog'liqlik grafigi (jadval)dan IS-30 markali industrial moy uchun,  $\nu=53 \text{ mm}^2/\text{s}$  ga mos keladigan  $t^0$  harorat miqdori  $t=50^0S$ .

Demak, suyuqlik harorati yuqoridagi  $50^0S$  miqdorda suyuqlik laminar harakat rejimidan turbulent harakat rejimiga o'ta boshlaydi.

2. Qon tomirida ( $r = 1,0 \text{ sm}$ ) (aorta) qonining o'rtacha tezligi  $v = 30 \text{ sm/s}$ , qonning harakat rejimini aniqlang.

3. Ketma – ket ulangan quvurlar orqali harorati  $t = 180^0S$  bo'lgan neft oqmoqda. Birinchi quvurning diametri  $d1=50 \text{ mm}$  va ikkinchi quvurning diametri  $d2=15 \text{ mm}$  bo'lib, quvurlardan o'tayotgan neft  $Q = 70 \text{ sm}^2/\text{s}$  bo'lsa, quvurlardagi suyuqlik harakat rejimini aniqlang.

4. Ko'ndalang kesimi trapetsiya shakldagi kanalning eni  $\nu = 3,0 \text{ m}$  chuqurligi  $h = 0,8 \text{ m}$  kanal qiyaligi  $m = 1,5$  bo'lib, kanaldan o'tayotgan suv sarfi  $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$  va harorati  $t = 200^0S$ . Kanaldagi suv harakat rejimini aniqlang.

## 1.11. MAHALLIY QARSHILIKLAR. MAHALLIY QARSHILIK KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Suyuqlik quvur tizimlarda harakat qilganda suyuqlik quvurda turli to'siqlarni aylanib o'tishiga energiya sarflaydi. Shu sarflangan energiya suyuqlik bosimini pasayishiga sabab bo'ladi.

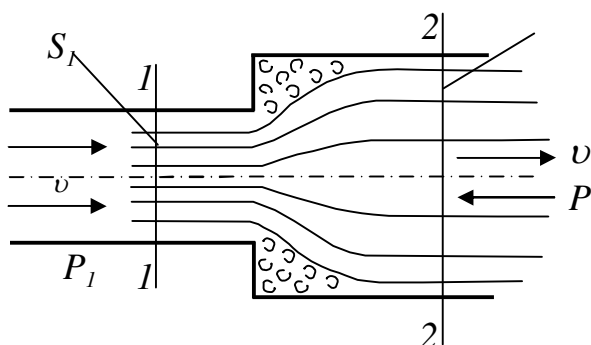
### Mahalliy qarshilik turlari.

Mahalliy qarshiliklarning juda ko'p turlari mavjud bo'lib, ularning har biri uchun bosim pasayishi turlichadir. Buni Veysbax formulasida ko'rish mumkin.

$$h_{m.} = \xi \frac{g^2}{2g}; \quad (1.113)$$

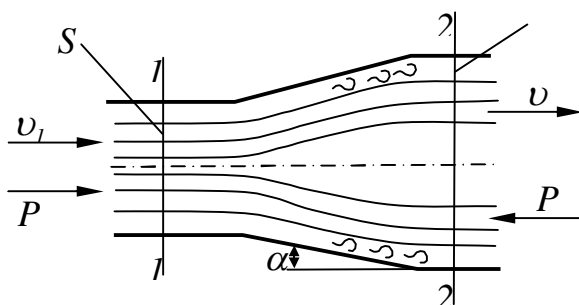
Bu erda  $\xi$  - mahalliy qarshilik koeffitsienti,  $\frac{g^2}{2g}$  - solishtirma kinetik energiya.

### Mahalliy qarshilik asosiy turlari qo'yidagilar

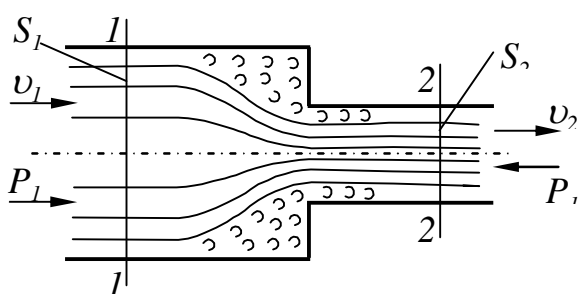


**1). Keskin kengayish.** Bu holda energiya yo'qolishi yuzalar nisbatiga bog'liq bo'ladi.

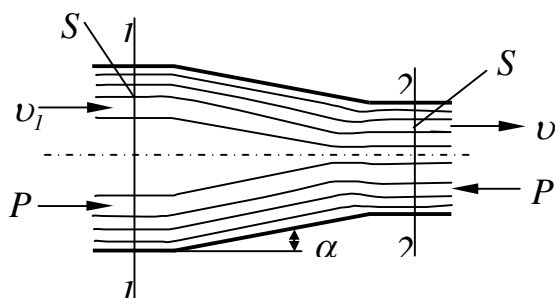
$\frac{\omega_1}{\omega_2}$  - kancha kichik bo'lsa, shuncha ko'p energiya yo'qotadi.



**2). Tekis kengayish.** Kesimlarda  $R1 < R2$   $v1 > v2$  bo'ladi. Tekis kengayishda ham  $\frac{\omega_1}{\omega_2}$  - yuzalar nisbatiga va qiyalik burchagiga bog'liq bo'ladi.

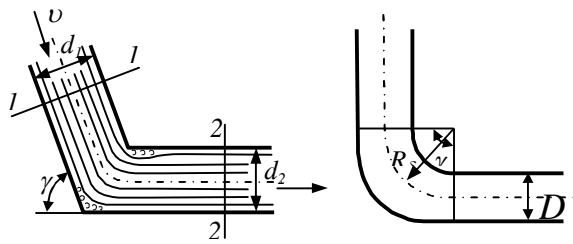


**3). Keskin torayish,** mahalliy qarshilik koeffitsienti kesimlar o'zgarishiga bog'liq bo'lib, ularning nisbati ortishi bilan qarshilik ortadi.



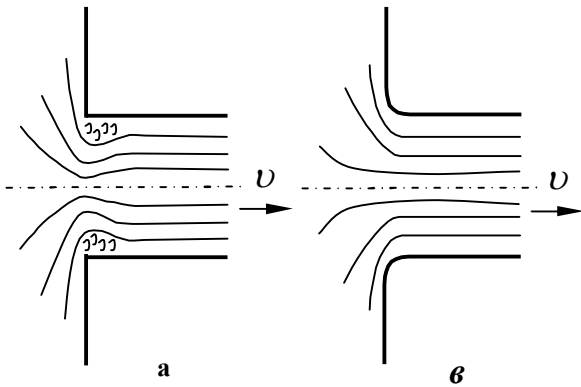
**4). Tekis torayish.** Mahalliy qarshilik koeffitsienti kesimlar nisbati  $\frac{\omega_1}{\omega_2}$  - ga va konuslar burchagining ortishi bilan ortadi. Keskin torayishda ham tekis torayishda ham  $R1 > R2$ ;  $v1 < v2$  ga teng bo'ladi.



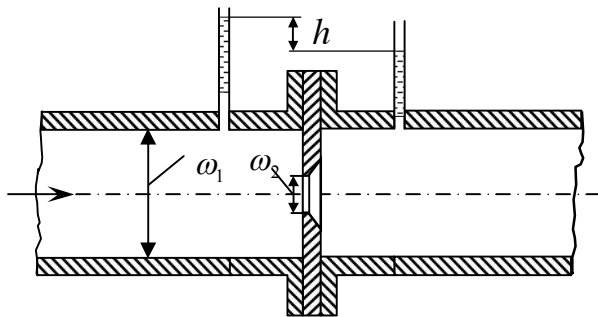


5). **Tirsak.** Mahalliy qarshilik koeffitsienti ikki quvurning bog'lanish burchagiga bog'liq. Bu burchak ortsa ortadi.

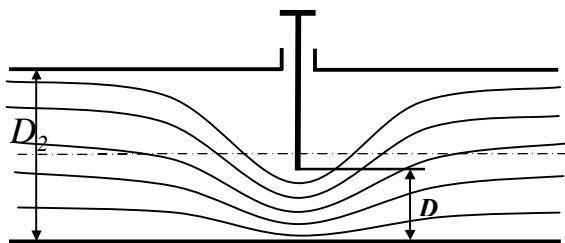
6). **Burilish burchagi**  $R_b$  burilish radusigi bog'liq bo'ladi.



7). **Quvurga kirish.** Idishga quvur ulansa, u holda quvurga kirishdagi o'tkir burchaklarni suyuqlikning aylanib o'tish uchun energiya sarf bo'ladi. Quvurga kirishdagi burchaklar silliqilansa suyuqlik energiyasi ham kam sarf bo'ladi.  $\xi_{kupuu}$  - ning qiymati 0,5 ga teng deb qabul qilinadi  $\xi_{i\ e\ d\ d\ o} = 0,5$  silliqilangach  $\xi = 0,04 \div 0,1$  oralig'ida kamayadi.



8). **Diafragma.** Quvurlarga o'rnatilgan va suyuqlik sarfini o'lchaydigan o'rtasi teshik diskga diafragma deyiladi. Bu holda mahalliy qarshilik koeffitsienti quvur kesim yuzasi  $\omega_1$  va teshik yuzasi  $\omega_2$  lar nisbatiga bog'liq.



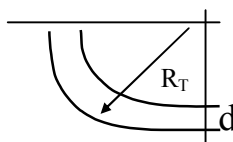
8) **Berkitgich.** Mahalliy qarshilik koeffitsienti eshikchaning ochilish darajasiga bog'liq. Uning o'rtacha qiymati  $\xi_{berk} = 2$ .

### Mahalliy qarshiliklar koeffitsientlari

Mahalliy qarshiliklar nomi	Shakli	Mahalliy qarshilik koeffitsienti
Kirish (o'tkir qirrali quvurga)		$\xi_{kup} = 0,5$
Kirish (siniq qirrali quvurga)		$\xi_{kup} = 0,2 \div 0,25$
Tirsak (silliqilangan quvurga)		$\xi_{kup} = 0,05 \div 0,1$

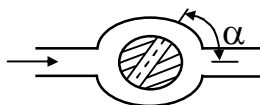
**Tirsak (doiraviy quvurda)**

$$R_T \geq 2D$$



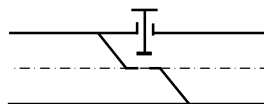
$$\xi = 0,5$$

**Jo'mrak ( $\alpha=30^0$ )**



$$\xi = 5,0 \div 7,0$$

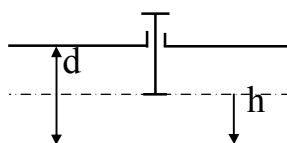
**Jo'mrak (ventil)**



$$\xi = 1 \div 3$$

**Jo'mrak (zadvijka)**

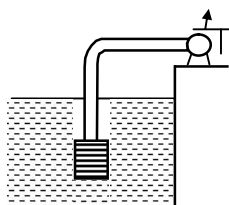
$$h=D, h=D/2$$



$$\xi = 1$$

$$\xi = 2$$

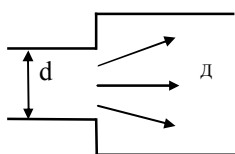
**So'ruvchi quvurdagi sim to'r**



$$\xi = 5 \div 7$$

**Birdan kengayish**

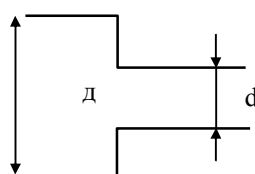
$$h_{B.T} = \xi_{B.T} \frac{v^2}{2g}$$



$$\xi_{BK} = \left( \frac{D^2}{d^2} - 1 \right)^2$$

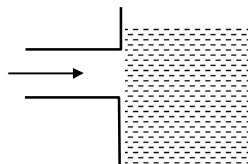
**Birdan torayish**

$$h_{B.T} = \xi_{B.T} \frac{v^2}{2g}$$



$$\xi_{BT} = \left( 1 - \frac{d}{D} \right)^2$$

**Chiqish (quvurdan kanalga)**



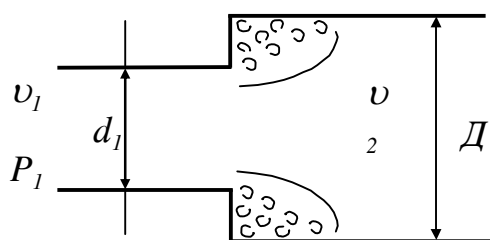
$$\xi_{\text{chikish}} = 1$$

Drossel klapan va jo'mraklarda mahalliy qarshilik koeffitsienti klapaning va jo'mrakning ochilish darajasiga bog'liq.  $\xi_{\text{drossel klapan}} = 2 \div 53$ .

Tiqin jo'mraklar uchun esa mahalliy qarshilik koeffitsienti  $\xi = 2 \div 33$ .

Jo'mraklar ham mahalliy qarshiliklar hosil qiladi, ko'p energiya yo'qolishiga sabab bo'ladi. Suyuqlik tezliklarining oshishi mahalliy qarshiliklarning barchasida energiyaning ko'proq yo'qolishiga sabab bo'ladi.

### Quvurning keskin kengayishi (borda qoidasi)



1.75-rasm.

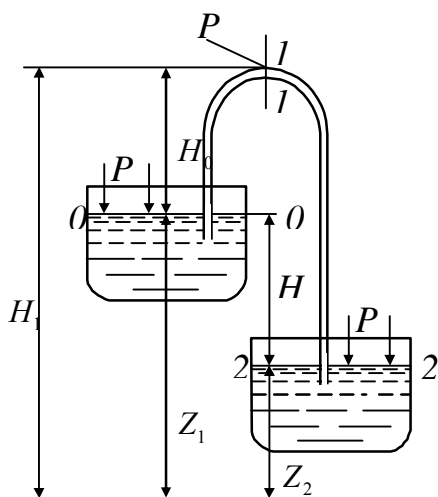
1.34-rasmda tor kesimdan keng kesimga o'tishda burchaklarda suyuqlik quvur sirtidan ajraladi. Natijada oqim keskin kengayadi va oqim sirti bilan truba devori orasidagi qalqasimon oraliqda aylanma harakat vujudga keladi.

Mahalliy qarshilik koeffitsientini nazariy usulda echilgan  $h_{kenk} = \frac{(\mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_2)^2}{2g}$  - formulasi topish mumkin. Bu Borda formulasidir. Bu formulaga asosan keskin kengayishidagi bosimning pasayishi tezlik kamayishi kvadratining ikkilangan erkin tushishi tezlanishiga nisbatiga teng. Uzluksizlik tenglamasi  $\mathcal{G}_1\omega_1 = \mathcal{G}_2\omega_2$  dan  $\mathcal{G}_2 = \frac{\mathcal{G}_1\omega_1}{\omega_2}$  ni aniqlab Borda formulasiga qo'ysak, quyidagi hosil bo'ladi

$$h_{keng} = \frac{\mathcal{G}_1^2}{2g} \left( 1 - \left( \frac{\omega_1}{\omega_2} \right) \right)^2 \quad (1,114)$$

Mahalliy qarshilik koeffitsienti  $\xi_{m.q} = \left( 1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2$  ga teng ekan.

### 1.12. QUVURLARDA SUYUQLIK HARAKATI. QUVURLARNING VAZIFASI VA TUZILISHI. QUVURLARNI HISOBLASH



1.76-rasm. Sifon quvur

Bir qismi suyuqlik bilan ta'minlovchi idishdan yuqorida joylashgan sodda quvur sifon quvur deyiladi. 1.76-rasmda. Sifon quvurni soddalashtirib (ta'minlovchi va qabul qiluvchi) idishlarni tutashtiruvchi V- simon quvur deyish mumkin. Ikki idishdagi suyuqliklar balandligi farqi N hisobiga oqib turadi. Sifon ishlay boshlashi uchun u avval to'ldirilishi kerak, sifon sifatida oddiy rezina shlanglar ishlatish mumkin. Agar sifon mustahkamlangan metal quvurdan iborat bo'lsa, uning yuqori nuqtasida havoni so'rib olish uchun maxsus jo'mrak o'rnatiladi.

Sifonni hisoblashda rasmda ko'rsatilishiga 0-0 va 2-2 kesim uchun Bernulli tenglamasini yozamiz, ya'ni,

$$Z_1 + \frac{P_0}{\gamma} + \frac{g_0^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g} + h\omega_{(0-2)}; \quad (1.115)$$

$$Z_1 = Z_2 + h\omega_{(0-2)}; \quad (1.116)$$

$P_0 = P_2 = P_{atm}$ ;  $g_1 = g_2 = 0$ ; deb hisoblasak,  $h\omega_{(0-2)}$  ni hisoblash uchun ishqalanish va maqalliy qarshiliklar formulasidan  $H = aQ^2$  ga teng bo'ladi. Sifonning eng yuqori nuqtasi  $H_0$  – oshib borishi bilan I-I-kesimda bosim kamaya boshlaydi,  $P_1$  – nuqtadagi bosimni topish uchun 0-0 va I-I kesimlariga Bernulli tenglamasi yoziladi.

$$\frac{P_0}{\gamma} + \frac{g_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} + h\omega_{(0-1)}; \quad g_1 = g_0 \text{ – ligini hisobga olsak,}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = \frac{P_0}{\gamma} - H_1 - h\omega_{(0-1)} \text{ hosil bo'ladi.} \quad (1.117)$$

Bu tenglamadan  $N$ , ni aniqlanadi.

### 1.12.1. QUVURLARNI VA SODDA QUVURLARNI GIDRAVLIK HISOBLASH

Quvurlarni diametri, uzunligini ma'lum sarfga moslab hisoblash va berilgan bosimda quvurning o'lchamlarini hisob-kitobi quvurlarni gidravlik hisoblash deyiladi. Quvurlarning gidravlik hisobini bajarishda quvurlarning uzun va qisqaligiga ahamiyat beriladi.

**Qisqa quvurlar** deb, mahalliy qarshiliklari sezilarlik bo'lib, uncha uzun bo'lmagan, umumiy qarshilikning 5-10% ni tashkil etadigan quvurlarga aytiladi. Bunday quvurlarga mashina mexanizmlarda ishlatiladigan quvurchalar kiradi. Benzin bakdan karbyuratorga benzin keltiruvchi quvur, traktor hamda transport vositalaridagi dvigatellarining moy o'tkazuvchi quvurlarini, gidroyuritmalardagi tutashtiruvchi quvurlar, nasoslarning so'rish quvurlarini misol tariqasida keltirish mumkin.

**Uzun quvurlar** deb, ancha uzoq masofaga cho'zilgan va gidravlik qarshiliklar hisobida asosiy o'rinni egallagan ishqalanish qarshiligi bo'lgan quvurlar majmuasiga aytiladi. Bunday quvurlarda mahalliy qarshilik ahamiyatga olinmaydi. Bunday quvurlarda suv o'tkazgich quvurlar, neft va gazlarni transportirovka qiluvchi quvurlar kiradi.

Quvurlar rejimiga qarab **sodda** va **murakkab** quvurlar turkumiga bo'linadilar.

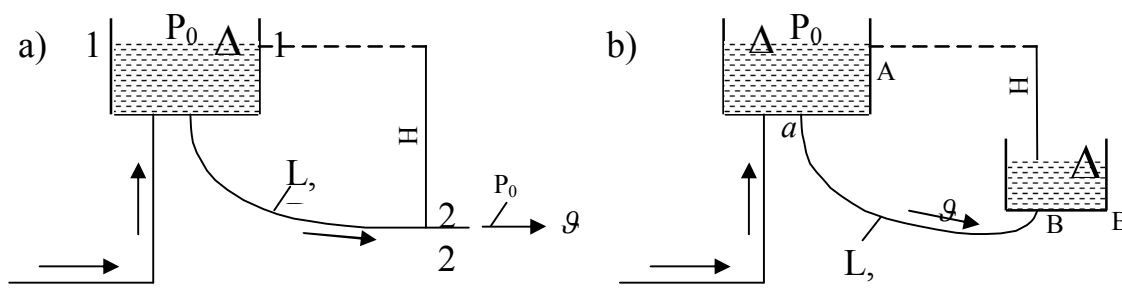
**Sodda quvurlar** tarmoqlanmagan quvurlar turkumiga kiradi.

**Murakkab quvurlar** turkumiga tarmoqlangan quvurlar kiradi. Bulardan tashqari *berk* quvurlar va *yopiq* quvurlarga bo'linadilar. Bir yo'nalishda suyuqlik oqizadigan quvurlar *berk* quvurlar turkumiga kiradi. Yopiq quvurlarda esa suyuqlik iste'molchilarga ikki va undan ortiq yo'nalish bo'yicha uzatuvchi quvurlar turkumidir.

**Tranzit sarfli** turkum quvurular ham mavjud bo'lib, ularda suyuqlik sarfi yo'l bo'yicha o'zgarmay qoladi yoki tekis tarqalgan bo'lishi mumkin.

Quyida eng sodda quvurlar turkumi berilgan bo'lib, uzunlik bo'yicha quvurlar diametri o'zgarmas hamda qisilmaydigan suyuqlikdan iborat. (1.77, a-b-rasmda)

Ushbu sodda quvurlarni hisoblashni quyidagi uch xil masalani hal qilish bilan amalga oshiriladi.



1.77 - rasm. Sodda quvurlarni hisoblashga oyid chizma

1. Berilgan diametrli va uzunlikdagi quvurlarda suyuqlik damini yo'qolishi  $N$  va qanday sarfni o'tkazilishini aniqlash.
2. Agar damni o'zgarishi  $N$  berilgan bo'lsa, suyuqlik sarfini aniqlash.
3. Quvurni berilgan sarfda, uzunlikda va bosimlar farqi berilganda quvur diametri –  $d$  ni aniqlash.

Quyida shu uchta masalani qanday xal qilishni ko'rib chiqamiz.

**1- masala.** Quvur o'zgarmas  $d$  li. Ushbu holda, atmosferaga oqib chiquvchi hamda bosim ostida oquvchi suyuqlik bo'lishi mumkin. (1.77-rasm. a, b)

Bernulli tenglamasini havzadagi suyuqlik yuzasidan olingan 1-1 kesim hamda 2-2 suyuqlik chiqishidagi kesimlar uchun yozamiz.

$$Z_0 + \frac{p_0}{\lambda} + \frac{g_0^2}{2g} = Z + \frac{p_0}{\lambda} + \frac{g^2}{2g} + \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{g^2}{2g} + \sum \xi \frac{g^2}{2g}. \quad (1.118)$$

Boshqa hadlarga qaraganda  $\frac{g_0^2}{2g}$  kichik miqdordir va  $Z_0 - Z = H$  deb olib (1.118) tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$I = \frac{g^2}{2g} \left( 1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \quad (1.119)$$

Agar suyuqlik bosim ostida chiqayotgan bo'lsa, (1.36-b-rasm) Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Z_A + \frac{p_0}{\lambda} + \frac{v_A^2}{2g} Z_B + \frac{p_0}{\lambda} + \frac{g_B^2}{2g} + \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{g^2}{2g} + \sum \xi \frac{g^2}{2g} + \frac{(g - g_B)^2}{2g} \quad (1.120)$$

(1.120) tenglamada oldingilardagi maxalliy qarshiliklarga nisbatan  $\sum \xi \frac{g^2}{2g}$  va  $\frac{(g - g_B)^2}{2g}$  hadlar bilan farqlanadi va ulardan birinchisi bor uzunlikdagi mahalliy qarshilikni ifodalaydi, bunda A havzaning  $\alpha$  nuqtasidan V havzaning  $v$  nuqtasigacha bo'lgan maxalliy qarshiliklar yig'indisidan iborat. Ikkinchisi V havzaga kirishda bo'lgan keskin kengayishdagi maxalliy qarshilikdan iboratligini ko'rsatadi.  $g_A$ , hamda  $g_A$  tezliklar suyuqlik sathlari o'zgarishsizligi uchun nolga teng deb olamiz, u holda (1.120) quyidagicha ifodalanadi:

$$Z_A - Z_B = H = \frac{g^2}{2g} \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi + 1 \right) \quad (1.121)$$

Ushbu formulani ko'rinishi (1,121) bilan bir xil bo'lib, gidravlik hisobi ikki hol uchun o'xshashdir. Ammo (1.121) formulada o'ng tamonidagi qavs ichidagi bir qiymat bosim ostida chiqayotgandagi mahalliy qarshilik V havzaga kirayotgan suyuqlik kinetik energiyasini hisobga olingan holda yozilgan.

Shunday qilib, bosim ostida chiqayotgan suyuqlik bosimi o'zgarishi N barcha mahalliy qarshiliklar yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni

$$H = \sum h\omega \quad (1.122)$$

Atmosferaga chiqayotganda N ikki qismdan iborat bo'lib, ular solishtirma kinetik energiyadan (quvurdan chiqayotgan kinetik energiya) va mahalliy qarshiliklarda yo'qolgan naporlarning yig'indisidan iborat.

$$H = \frac{g^2}{2g} + \sum h\omega \quad (1.123)$$

Yuqorida keltirilgan formulalardan foydalanib, birinchi masalani quyidagicha aniqlaymiz:

$$g = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (1.124)$$

Ushbuni (1.124) ga qo'yib, N napor o'zgarishini aniqlaymiz:

$$H = \frac{16Q^2}{2g\pi^2 \cdot d^4} \left( 1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \quad (1.125)$$

**2- masala.** Quvur uzunligi  $l$ , diametri  $d$  hamda  $N$  ma'lum, quvurning suyuqlik o'tkazish qobiliyatini yoki uning sarfi  $Q$  ni quyidagi formula yordamida (1.125) ga asosan aniqlanadi.

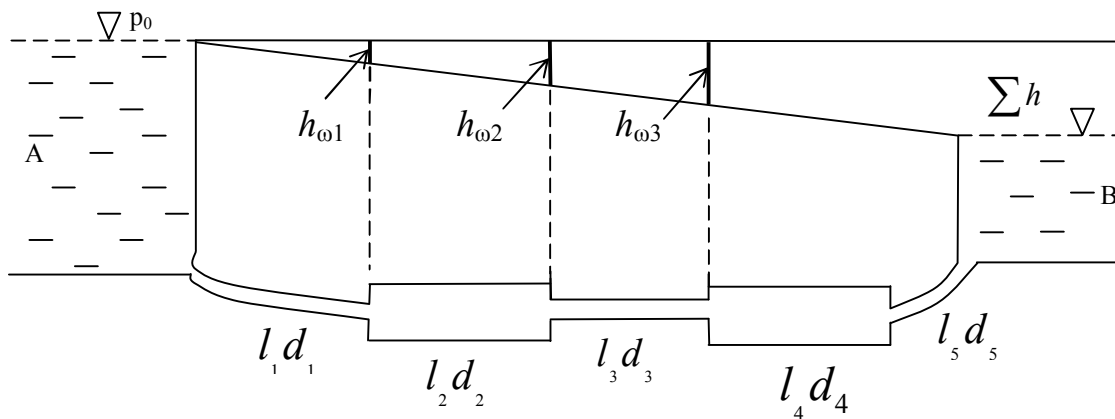
$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi}}, \quad (1.126)$$

bu erda  $Q$  va  $\lambda$ ,  $\xi$  lar Reynol'ds soniga bog'liq va ularga mos kelgan formulalar hisob-kitobi bilan qo'shib olib boriladi.

Masalan kvadratik qarshilik zonada koeffitsient  $\lambda$  diametr  $d$  ga va g'adir-budirlikka bog'liq bo'ladi. Bu hollarda  $Q$  diametrga bog'liq bo'lgan  $Q = F(d)$  shaklidagi funktsiya ko'rinishida bo'ladi, uni grafik usulda topiladi.

Bu holda  $d_1, d_2 \dots d_n$  diametrlar uchun  $Q_1, Q_2, \dots Q_n$  sarflar mos keladi.

Endi yuqoridagi yozilgan ma'lumotlarga asoslanib, har xil diametrli ketma-ket ulangan quvurlar tizimini hisobini keltiramiz. (1.78-rasmda)



1.78- rasm. Ketma-ket ulangan quvurlar tizimini hisoblashga oyid chizma

Bernulli tenglamasi ushbu hol uchun quyidagicha ifodalanadi:

$$Z_A - Z_B = H = h_{\omega_1} + h_{\omega_2} + \dots + h_{\omega_n} \quad (1.127)$$

bu erda  $h_{\omega_1}, h_{\omega_2}, \dots, h_{\omega_n}$  - tegishli kesimdagi damni yo'qolishlarini ifodalaydi. Birinchi quvurdan oqib o'tganda suyuqlik damini yo'qolishini quyidagicha ifodalaymiz, ma'lumki birinchi quvur diametri  $d_1$ .

$$h_{\omega_1} = \lambda_1 \frac{l_1}{d_1} \cdot \frac{g_1^2}{2g} + \sum \zeta \frac{g_1^2}{2g} = \lambda_1 \frac{16 l_1 Q^2}{2g \pi^2 d_1^5} + \sum \zeta \frac{16 Q^2}{2g \pi^2 d_1^4} = \frac{8Q^2}{g\pi^2} \left( \lambda_1 \frac{l_1}{d_1^5} + \frac{\sum \zeta}{d_1^4} \right) =$$

$$= \frac{8Q^2}{g\pi^2} \cdot \frac{1}{d_1^4} \left( \lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \sum \zeta \right) \quad (1.128)$$

keyingi quvurlar uchun ham shunday ifodalarni yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} h_{\omega_2} &= \frac{8 Q^2}{g \pi^2} \cdot \frac{1}{d_2^4} \left( \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \sum \xi \right) \\ h_{\omega_n} &= \frac{8 Q^2}{g \pi^2} \cdot \frac{1}{d_n^4} \left( \lambda_2 \frac{l_n}{d_n} + \sum \xi + 1 \right) \end{aligned} \right\} \quad (1.129)$$

(1.129) dagi ohirgi tenglamada qavs ichidagi bir soni oxirgi quvurdan chiqayotgan suyuqlikning damini yo'qolishini ifodalaydi. Shunday qilib, ketma-ket ulangan quvurlar tizimini hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$H = \frac{8Q^2}{g\pi^2} \left[ \frac{1}{d_1^4} \left( \lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \sum \xi \right) + \frac{1}{d_2^4} \left( \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \sum \xi \right) + \dots + \frac{1}{d_n^4} \left( \lambda_n \frac{l_n}{d_n} + \sum \xi + 1 \right) \right] \quad (1.130)$$

Ushbu hisoblash formulasi birinchi va ikkinchi masalalarni hal qilishda o'zgarimas diametrli quvurlar uchun ham o'rinli.

**3-masala.** Buni hal qilishda, ya'ni har bir quvur diametrini aniqlashda (10.13) tenglamada n ta aniqmaslik hosil bo'lib qoladi.

Shuning uchun ham ko'pgina hisoblarda aniq diametrli quvurlar uchun hisob-kitob ishlari bajariladi.

**4-masala.** Quvurdan o'tayotgan gaz tezligini aniqlang, agar  $h_j=15$  mm suv ustuniga teng bo'lsa. Gazning zichligi  $\rho=0,9$  kg/m<sup>3</sup> teng.

**5-masala.** Ketma – ket ulangan quvurlar orqali suv atmosferaga oqib chiqmoqda. Rezervuarga o'rnatilgan manometr ko'rsatayotgan bosim  $R_M=2,0$  kPa. Rezervuardagi suv sathi  $N=2,0$  m;  $d_j=200$  mm;  $d_2=300$  mm. Quvurlardagi suv harakati tezligini aniqlang. P'ezometr va dam (napor) chiziqlarini quring

**6-masala.** Quvurdan ( $d=200$  mm)  $g=5$  m/s tezlikda tushayotgan suv, pastda ikkita parallel doira plastinkalar orasida radius bo'ylab tarqaladi. Agar doiraning diametri  $D=600$  mm bo'lib, plastinkalar orasidagi  $a=20$  mm bo'lsa, markazdan (A) -300 mm uzoqlikda joylashgan nuqtadagi (V) bosimni aniqlang

**7-masala.** Suyuqlik ketma – ket ulangan har xil diametrli quvurlar orqali atmosferaga chiqmoqda. Agar ikkinchi quvurdagi tezlik  $g_2=2$  m/s bo'lsa, birinchi quvurdagi tezlik  $g_1=0,8$  m/s bo'lishi uchun, birinchi quvurdagi bosim qanday bo'lishi kerak (2.2-rasm)

**8-masala.** Hidrotsilindr quvurida  $Q=15$  m<sup>3</sup>/s sarfda (harorati 10<sup>0</sup>S,  $v=0,3$  sm<sup>2</sup>/s) oqayotgan motor moyi harakati laminar rejimida bo'lishi uchun, quvurning diametri qancha bo'lishi mumkin?



**9-masala.** Uzunligi  $l=1,5$  km va diametri  $d=250$  mm li quvurda benzin oqib o'tmoqda. Benzinning harorati  $t=20^0\text{S}$ , sarfi  $Q=0,026$  m<sup>3</sup>/s. Quvurda yo'qolgan dam (napor) ni aniqlang. Agar quvurning diametrini 20% kamaytirsak yo'qolgan dam (napor) miqdori qancha o'zgaradi? Quvurning g'adir – budurligi  $\Delta=0,2$  mm.

**Echimi:** Quvurdagi oqim tezligi:

$$g = \frac{4Q}{\pi d^2} = 0,53 \text{ m/s.}$$

Suyuqlikning harakat rejimini aniqlaymiz: jadvaldan  $t=20^0\text{S}$  haroratdagi benzning kinematik yopishqoqlik koeffitsienti  $\nu=0,75$  mm<sup>2</sup>/s. Reynol'ds soni:

$$\text{Re} = \frac{gd}{\nu} = 177 \cdot 10^3$$

Demak harakat rejimi turbulent.

U holda gidravlik ishqalanish koeffitsientni Al'tshul' formulasi yordamida aniqlaymiz:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,02.$$

Bosimning yo'qolishi:

$$\Delta P = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{\rho g^2}{2} = 11,8 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$$

II. Quvur dimetrini 20% ga kamaytirsak:  $d_1=0,8d=200$  mm.

Yo'qolgan bosim miqdori:  $\Delta R=38 \cdot 10^3$  Pa.

Demak quvur diametrini 20% ga kamaytirsak, bosimning kamayishi (yo'qolgan napor) 3,2 marta oshar ekan.

### 1.12.2. MURAKKAB QUVURLAR HISOBI

Murakkab quvurlar turkumiga tarqoq yoki yopiq quvurlar tizimlari kirib, ko'pincha havzalar bilan chegaralangan bo'ladi.

Bunday tizimlarda sarf vaqt bo'yicha o'zgaruvchi bo'lishi mumkin, shuningdek ayrim korxonadagi quvurlar tizimini hisoblashda, masalan suv bilan ta'minlashda, isitgich quvurlarni hisobini bajarishda ancha murakkab masalani hal qilishga olib keladi. Bunday murakkab masalani xal qilish uchun maxsus kurslarda o'qitiladi. Ushbu darsimizda quvurlarni parallel ulanish holini ko'rib chiqamiz.

**Parallel ulash** (1.79-rasmda).

Ushbu holda quvurlar tizimi  $A$  ( $\cdot$ ) da tarqatilib,  $V$  nuqtada birlashtiriladi. Bunday quvurlar isitgich quvurlarida ko'plab  $Q$  tarqatishdan oldin va undan keyin ham bir xil qiymatga ega.

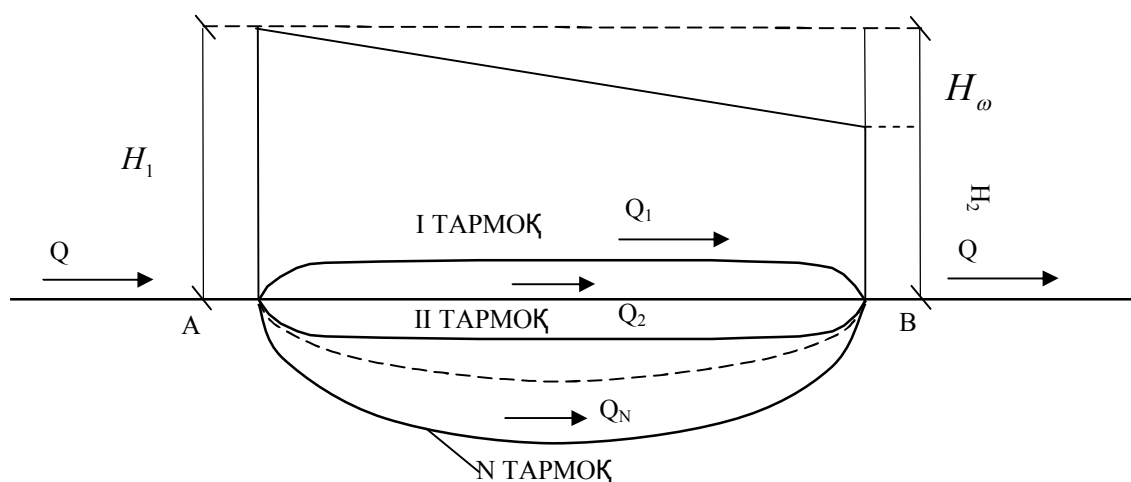
Bu holl uchun asosiy masalalardanbiri har bir tarmoqdagi  $Q, Q_2 Q_n$  larni,  $A$  va  $V$  nuqtalardagi damniyo'qolishi  $N$  ni va umumiy  $Q$  sarf ma'lum bo'lganda quvur diametrlari ( $d_1, d_2, d_3$ ) va ularning uzunliklari  $l_1, l_2 \dots l_n$  aniqlashdan iborat.

Bu holda  $h_{\omega} = \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = \text{const}$  bo'lgani uchun birinchi tarmoq uchun quyidagi ifodani yozishimiz mumkin:

$$h_{\omega} = \lambda_1 \frac{l_1 g_1^2}{d_1 2g} + \sum \xi_1 \frac{g_1^2}{2g} = Q_1^2 \left[ \lambda_1 \frac{l_1}{d_1 2g \omega_1^2} + \sum \xi_1 \frac{1}{2g \omega_1^2} \right] \quad (1.131)$$

ushbu ifodadan

$$\left[ \lambda_1 \frac{l_1}{d_1 2g \omega_1^2} + \sum \xi_1 \frac{1}{2g \omega_1^2} \right] = B_1 \quad (1.132)$$



1.79- rasm. Parallel, tamoqlangan quvurlar tizimiga oyid chizma

deb belgilash kiritsak, unda (1.132) ni quyidagicha yozamiz:

$$h_{\omega} = B_1 Q^2 \quad (1.133)$$

va boshqa tarmoqlar uchun

$$\left. \begin{aligned} h_{\omega} &= B_2 Q_2^2 \\ h_{\omega} &= B_3 Q_3^2 \\ h_{\omega} &= B_n Q_n^2 \end{aligned} \right\} \quad (1.134)$$

(1.133) va (1.134) tenglamalarda  $(n + 1)$  noma'lumlar bo'lib (1.134) ga yana bitta etishmagan tenglamani qo'shib yozamiz u quyidagicha:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (1.135)$$

Tenglamalar echimlarini quyidagicha olinadi:

$$\left. \begin{aligned} Q_2 &= Q_1 \sqrt{\frac{B_1}{B_2}} \\ Q_3 &= Q_1 \sqrt{\frac{B_1}{B_3}} \\ Q_n &= Q_1 \sqrt{\frac{B_1}{B_n}} \end{aligned} \right\} \quad (1.136)$$

Umumiy sarf uchun (1.135) va (1.136) lardan quyidagini olamiz:

$$Q = Q_1 + Q_1 \sqrt{\frac{B_1}{B_2}} + \dots + Q_1 \sqrt{\frac{B_1}{B_n}} \quad (1.137)$$

Bundan birinchi tarmoqdagi sarf quyidagicha bo'ladi:

$$Q_1 = \frac{Q}{1 + \sum_{i=2}^n \sqrt{\frac{B_1}{B_i}}} \quad (1.138)$$

Bundan keyin keyingi tarmoqlardagi sarflarni ham aniqlash mumkin:

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{B_1}{B_2}}, \quad Q_3, \dots, Q_n \quad (1.139)$$

Ushbu formulalar kvadratik zonadagi qarshiliklar uchun o'rinlidir. Har bir tarmoqdagi Reynol'ds sonini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

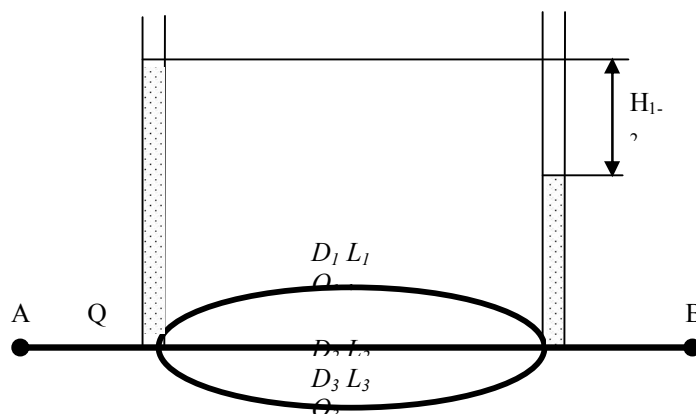
$$\text{Re}_1 = \frac{g_1 d_1}{\nu} = \frac{Q_1 d_1 \cdot 4}{\pi d_1^2 \cdot \nu} = \frac{4Q_1}{\pi d_1 \nu}; \quad (1.140)$$

ikkinchi tarmoq uchun

$$\text{Re}_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_2 g} \quad \text{va x.k.} \quad (1.141)$$

formulalarni ishlatishda qulaylik bo'lishi uchun quyidagi masalalarni echimlari bilan keltiramiz.

**1-masala.** Umumiy sarfi  $Q$  bo'lganda parallel ulangan uchta tarmoqlardagi sarfni (1.80-rasmda) aniqlang.



**1.80- rasm. Parallel tarmoqlar oyid chizma**

Ma'lumki damni, yo'qolishi  $h_{1-2}$  hamma parallel tarmoqlar uchun o'zgarmas, shuning uchun quydagi tenglamani yozamiz:

$$Dh_1 = Dh_2 = Dh_3 = Dh_{1-2}; \quad (1.142)$$

$$Q_1 = k_1 \sqrt{\frac{h_{1-2}}{l_1}}, \quad Q_2 = k_2 \sqrt{\frac{h_{1-2}}{l_2}}, \quad Q_3 = k_3 \sqrt{\frac{h_{1-2}}{l_3}}, \quad (1.143)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (1.144)$$

bu erda  $k = \omega \tilde{N} \sqrt{R}$  - sarf moduli.

$S$  – Shezi koeffitsienti.

$R$  – gidravlik radius.

Gidravlik hisobni soddalashtirish maqsadida sarfni quyidagicha yozamiz:

$$\frac{h_{1-2}}{l} = Q^2 \frac{l}{k_i^2} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1.145)$$

Yuqoridagilarni e'tiborga olib,  $Q$  ni aniqlaymiz:

$$Q = \left( \frac{k_1}{\sqrt{l_1}} + \frac{k_2}{\sqrt{l_2}} + \frac{k_3}{\sqrt{l_3}} \right) \sqrt{h_{1-2}} \quad (1.146)$$

bundan

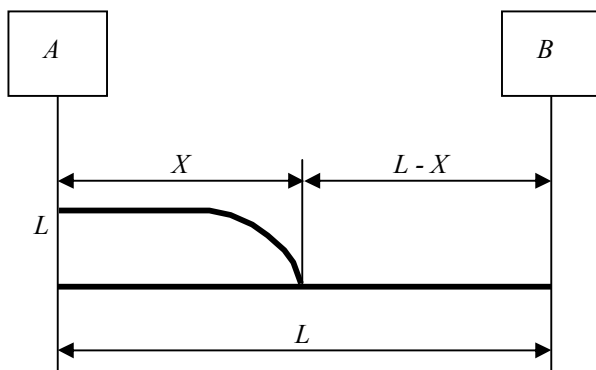
$$h_{1-2} = \frac{Q^2}{\left(\frac{k_1}{\sqrt{l_1}} + \frac{k_2}{\sqrt{l_2}} + \frac{k_3}{\sqrt{l_3}}\right)^2} \quad (1.147)$$

Har bir tarmoqdagi parallel quvurlardagi sarflarni (1.47) dan topamiz:

$$Q_i = k_i \sqrt{\frac{h_{1-2}}{l_i}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1.148)$$

**2 – masala.** Amaliyotda neft quvurlardan foydalanishda nasos quvvatini o'zgartirmay, neft quvurini transport xususiyatini oshirish zarur bo'ladi. Bunda  $N_{1-2}$  o'zgarmaganda,  $Q$  oshirilgan sarfni olishda qanday masofada quvurni parallel ulash kerak bo'ladi (1.81-rasm) 1-2 kesim oralig'i  $x$  masofada bo'lsa, quvurni parallel ulashdagi napor yo'qolishi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$h_{1-2} = \frac{Q^2}{\left(\frac{k_1}{\sqrt{x}} + \frac{k_2}{\sqrt{x}}\right)^2} = \frac{\delta Q^2}{(k_1 + k_2)^2} \quad (1.149)$$



1.81 - rasm. Parallel ulashdagi napor yo'qolishga oyid chizma

Quvurning  $l - x$  qismi uchun esa,

$$h = Q^2 \frac{l - x}{k_3^2} \quad (1.150)$$

Quvurning butun uzunligi bo'ylab, napor yo'qolishi quyidagicha ifodalanadi:

$$H_{1-2} = h_{1-2} + h = Q^2 \left[ \frac{x}{(k_1 + k_2)^2} + \frac{l - x}{k_3^2} \right] \quad (1.151)$$

(10.32) ifodadan  $N$  va  $Q$  lar berilganda  $x$  ni aniqlanadi. Agar quvurlar ketma-ket va parallel ulangan bo'lsa (1.81-rasmda) oldin parallel ulangan qismidagi napor yo'qolishini va undan keyin (1.82-rasmda) ketma-ket ulangan sodda quvurlar tizimini hisobi bajariladi:

$$\sum h = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} \quad (1.152)$$

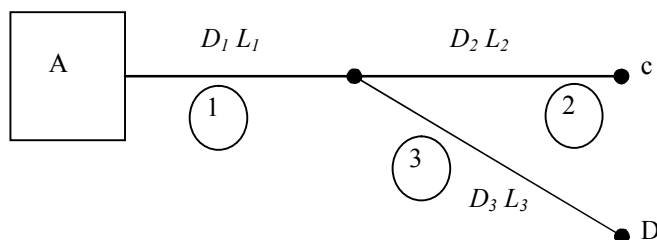


1.82 – rasm. Sodda quvurlar tizimiga oyid chizma

Yana eslatib o'tamizki parallel ulashda napor yo'qolishi hamma parallel quvurlar uchun o'zgarmas, sarfi esa parallel quvurlardagi sarflar yig'indisidan iborat bo'ladi. Ketma-ket ulanishda sarf o'zgarmas bo'lib, naporlar esa quvurlardagi naporlar yig'indisidan iborat bo'ladi. Tarmoqlangan quvurlar majmuasi (1.83-rasmda) berilgan S va D nuqtalardagi bosimlar atmosfera bosimiga teng, u holda naporni yo'qolishi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$H = h_1 + h_2, \quad H = h_1 + h_3, \quad Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (1.153)$$

ulardan ma'lumki 
$$h = Q^2 \frac{l}{k^2} \quad (1.154)$$



1.83 – rasm. Ketma-ket ulanishda naporni o'zgarishini tushintirishga oyid chizma

$$\left. \begin{aligned} H &= Q_1^2 \frac{l}{k_1^2} + Q_2^2 \frac{l_2}{k_2^2} \\ H &= Q_1^2 \frac{l}{k_1^2} + Q_3^2 \frac{l_2}{k_3^2} \end{aligned} \right\} \quad (1.155)$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (1.156)$$

ushbu tenglamalardan  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  lar aniqlanadi. Quvurlar turli balandliklarda joylashgan bo'lsa  $Z$  ham e'tiborga olinadi.

### 1.13. SUYUQLIKLARNI TESHIK VA KICHIK TESHIKLARDAN (NASADKALARDAN) OQIB CHIQISHI

Suyuqliklarning teshikdan oqishi suyuqlik harakatining qisqa masofalarda oqishi, mahalliy qarshiliklarni hisobga olgan holda qaraladi.

Ushbu nazariya qo'ridayagi asosiy vazifalarni bajarishga qaratilgan.

- 1) Suyuqlik sarfiini aniqlashga;
- 2) Idishlarning to'lish va bo'shash vaqtini aniqlashga va boshqa hollarda ishlatiladi.

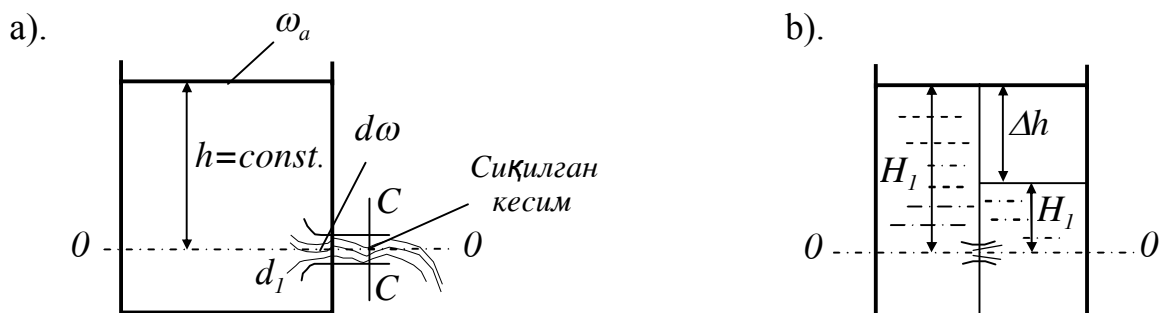
Teshiklardan suyuqlik oqishini ham 2 turga bo'linadi.

- 1) Barqaror harakatda ( $N=const$ );
- 2) Beqaror harakatda (o'zgaruvchan naporda).

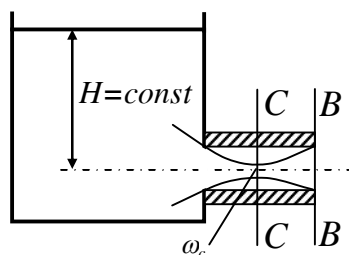
Teshiklarning katta kichikligiga qarab kichik teshik tushunchasini kiritamiz. Kichik teshik deb - teshik diametri  $d$  – naporli bakdagi suyuqlikning balandligidan 10 va undan ko'p marta kichikligiga qarab aytamiz. Cho'ktirilmagan teshik deb, shunday teshikka aytiladiki, unda suyuqlik teshikdan ochiq boshqa idishga havo orqali oqib chiqadigan teshiklarga aytiladi.

1.84, a-b-rasmlarda. Yupqa devor deb – idish devori qalinligi teshik diametridan 5 marta kichik bo'lgan devorga aytiladi.  $\delta = 0,2d$ , S-S – siqilgan kesim  $N$  – qancha katta

bo'lsa, siqilgan kesim shuncha kichiklashadi.  $\varepsilon = \frac{\omega_{siq}}{\omega_{tesh}} < 1$ ;  $\varepsilon$  - siqilish koefitsienti.



1.84, a-b-rasmlar.



1.85-rasm

Suyuqliklar oqimini tezlashtirish, 1.85-rasmda sarfini oshirish uchun teshikka qo'ndirgichlar qo'yiladi. Qo'ndirgichlar deb – teshikchaga ulagan qisqa quvurlarga aytamizki, uning uzunligi qo'ndirgich diametridan  $3 \div 4$  barobar katta bo'lsin, ya'ni  $l = (3 \div 4)d$ .

U holda siqilgan kesimda vakuum paydo bo'ladi. Suyuqlikning oqimi tezligi vakuum hisobiga va sarf hisobiga ham oshar ekan.

### 1.13.1. SUYUQLIKNING TSILINDRIK NAYCHADAN OQISHI

Naporli baklardagi teshiklarga qisqa quvurlar ulanadi. Bu qisqa quvurlarni naychalar deb ataymiz. Naychalarning uzunligi teshik diametriga bog'liq bo'ladi, ya'ni  $l = (3 \div 4)d$  ga teng.

Idish usti ochiq bo'lsa, u holda suyuqlik teshikdan atmosferaga chiqadi va  $P_2 - P_1 = 0$  bo'ladi.  $P_1 = P_2$  tenglikdan  $g_2$  ni topsak,

$$g_2 = \frac{2g \left[ \frac{(D_2 - D_1)}{\gamma} + l \right]}{l - \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2} \text{ hosil bo'ladi. } P_2 - P_1 \text{ desak u holda}$$

$$g_2 = \frac{2g l}{l - \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2} \text{ ga teng bo'ladi. Bu erda } \frac{1}{l - \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2} = \varphi \text{ ni -}$$

tezlik koeffitsienti deb belgilaydigan bo'lsak va  $\varphi = 1$  bo'lsa,  $g_i = g_2 = \sqrt{2gH}$  hosil bo'ladi. Demak, teshikdan chiqishdagi tezlik  $v_2$ , asosan  $H = const$  balandligiga bog'liq bo'lib, bu formula Torichelli formulasi deyiladi.

Tezlik ma'lum bo'lsa, u holda sarfni topish mumkin bo'ladi, ya'ni  $Q = g_n \cdot \omega_2$ ;

$g_{2amal} = g_{naz} \cdot \varphi = \varphi \sqrt{2gH}$ ; Bu formuladan  $\mu = \frac{g_{amal}}{g_{naz}}$ ; tezlik koeffitsientini hisoblash

uchun  $\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi_{m,q}}}$ . Jadvallarda  $\xi_{suv}$ - uchun  $\xi_{suv} = 0,06$  bo'lsa,  $\varphi = 0,97 \div 0,98$  bo'ladi.

$Q = g_{ei} \omega_2$  dan,  $g_{\alpha} = \varphi \sqrt{2gH}$  deb olamiz.  $\omega_2$  esa siqilgan joydagi tezlik  $\Sigma = \frac{\omega_2}{\omega_1}$

dan foydalanib  $\omega_2 = \omega_1 \cdot \Sigma$  deb qabul qilamiz.

Suyuqlikni sarfini oshirish yoki ixcham oqimchalar hosil qilish uchun naychalardan foydalaniladi. Naychalardagi suyuqlik oqishini hisoblashda yuqorida keltirilgan koeffitsientlardan foydalaniladi. Naychalarning bir nechta turlari mavjud:

1. TSilindrik naycha, ya'ni naychanning ulanishiga qarab ichki tsilindrik naycha va tashqi tsilindrik naychalarga bo'linadi.

2. Konussimon torayuvchi naycha.

3. Konussimon kengayuvchi naycha.

4. Konoidal naycha. 10-jadvalga qarab  $\mu$  – sarf koeffitsienti eng katta bo'lgan naycha eng ko'p suyuqlik o'tkazishi kuzatiladi.

Oddiy teshiklarga nisbatan bu naychalar 30 % gacha sarfni oshirishi mumkin.



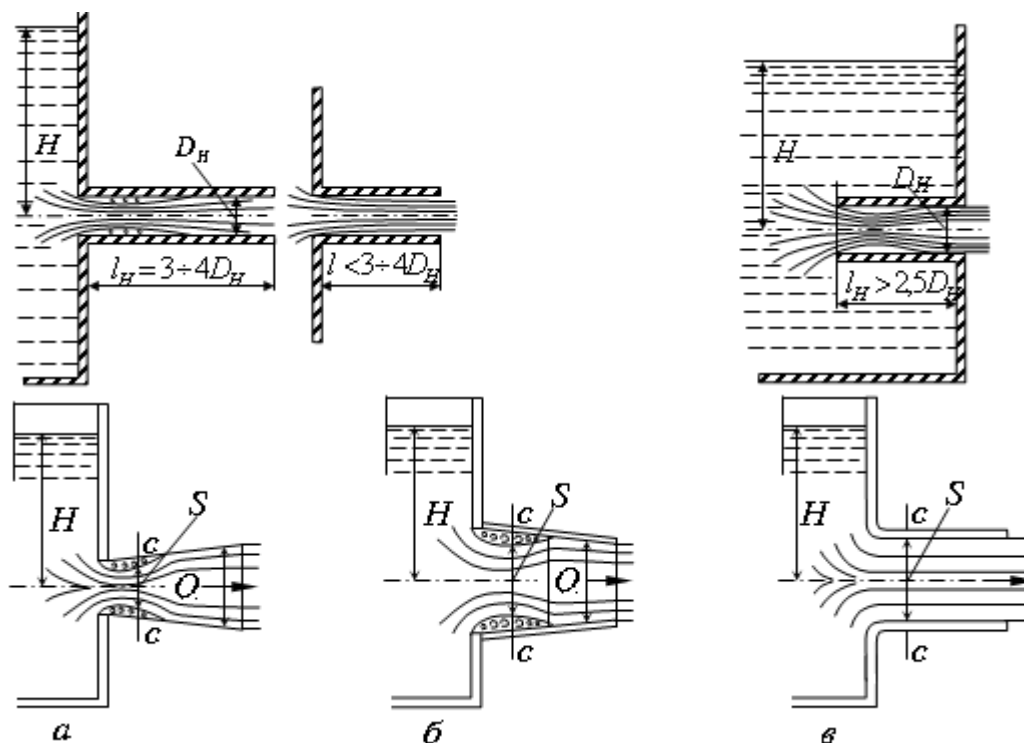
Tsilindrik naychadan foydalanganda, suyuqlik naychaga kirib undan ajraladi va torayadi. So'ng yana torayishi yo'qolib naychada suv to'lib oqadi.

Naycha ichida suyuqlikning toraygan qisimlarida vakuum paydo bo'ladi. Suyuqlik tezligi oshgan sayin vakuum ko'payib boradi. Vakuum natijasida teshikchadan suyuqlik oqishi tezlashadi va sarf ham oshadi.  $\varphi = \mu = 0,8$ ;  $\xi = 0,55$ . Ichki tsilindrik naychada esa  $\Sigma = 1$  va  $\mu = \varphi = 0,7$  bo'lib, suyuqlik sarfi kamroq bo'ladi.

Konussimon kengayuvchan naychada konuslik burchagi  $d=8^\circ$  dan oshmasligi kerak. Agar  $d>10$  bo'lsa, teshikdan chiqayotgan suyuqlik konus devorlariga urilmay, oddiy teshikdan suyuqlik oqayotgandek bo'lib qoladi.

Naycha yo'nalish bo'yicha kengayganligi uchun tezlik naychadan chiqishda sekinlashib boradi. Sarf kamayadi  $\mu = \varphi = 0,45$ , bu holatda eng kam sarf kuzatiladi. Konussimon torayuvchan naychalarda esa suyuqlik sarfi  $\alpha$  burchakka bog'liq. Bu erda  $\alpha = 13^\circ$ . Cuyuqlik naycha bo'ylab tezligini oshira borgani uchun, teshikdan chiqqan suyuqlik qarshilikka kam uchrab, tez harakat qiladi, sarf esa oshadi  $\varphi = \mu = 0,946$ ,  $\Sigma = 0,982$ .

Konoidal naychalarning (1.86-rasmning) 1,2,3-shakillari, shakli yupqa devordagi teshikdan oqayotgan suyuqlik shakliga o'xshash bo'ladi. Ichki torayish kam bo'lib, qarshilik ham kam bo'ladi. Demak  $\Sigma, \varphi$  va  $\mu$  -lar ham eng katta bo'ladi, ya'ni  $\Sigma = 1$ ,  $\varphi = \mu = 0,97$ . Quvur devori sillig'langanda  $\varphi = \mu = 0,995$  gacha ortadi. Konoidal naychalar eng katta tezlik va sarfni beradi.



1.86-rasmning 1,2,3-shakillari.

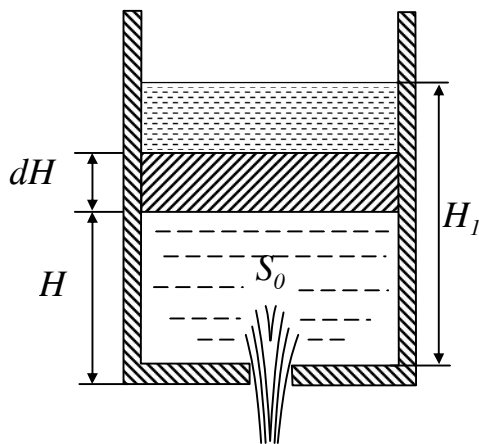
Bunday naychalar aktiv turbinalarda, reaktiv turbinalarda fontanlarning soplasida, gidromonotyordlarda, turli suyuqliklarni so'ruvchi va sochuvchi qurilmalarda ishlatiladi.

Dumaloq quvurlarga tegili  $N=\text{const}$  ga bog'liqlik qiymatlari

$N \text{ m}$ $d, \text{mm}$	10	20	30	60	180
0,5	0,622	0,609	0,605	0,600	0,597
1,0	0,615	0,605	0,603	0,599	0,598
1,5	0,613	0,604	0,601	0,598	0,597
2,0	0,610	0,603	0,600	0,598	0,597
3,0	0,605	0,600	0,598	0,596	0,596
5,0	0,600	0,597	0,596	0,596	0,596
15	0,596	0,595	0,594	0,594	0,594
30	0,593	0,592	0,592	0,592	0,592

## 1.13.2. O'ZGARUVCHAN BOSIMDA SUYUQLIKLARNING TESHIKDAN OQISHI

O'zgaruvchan bosimda oqish yoki idishlarning (1.87-rasmda) teshikdan yoki naychalardan oqishi hisobiga bo'shashini ko'ramiz. Idish tubiga teshik yoki naycha o'rnatilgan bo'lib, undan suyuqlikning oqishi hisobiga bosim kamayib boradi. Natijada oqim tezligi kamayadi, natijada sarf ham kamayadi. Bu masala beqaror harakatga misol bo'ladi.



1.87-rasm. Idish tubidagi kichik teshikdan oqishi

Ma'lum bir vaqtda suyuqlikning oqimini ushbu tenglik bilan ifodalaymiz,  
 $\omega dH = -q dt$ .

(-) - suyuqlik kamayganligi sabab  $\omega \cdot dH = -\mu\omega_1 \cdot \sqrt{2gH} \cdot dt$  ga teng bo'ladi. Bu tenglamadan idishni bo'shatish

uchun ketgan vaqti  $dt = -\frac{\omega dH}{\mu\omega_{Teu} \cdot \sqrt{2gH}}$ .

Idishning bo'shash vaqti  $t = -\frac{I}{\mu\omega_0 \sqrt{2g}} \int_H^0 \omega \cdot \frac{dH}{\sqrt{H}}$ , ya'ni

$$t = \frac{\omega}{\mu\omega_{nesh} \sqrt{2g}} \int_0^i \frac{di}{\sqrt{H}} = \frac{2\omega I}{\mu\omega_0 \cdot \sqrt{2gH}}; t = \frac{2W}{Q} \text{ ya'ni, shuncha suyuqlik}$$

$H=\text{const}$  da oqsa, ikki barobar vaqt sarf bo'lar ekan.

Idishning ma'lum balandligidan, bror-bir balandlikka oqishida qancha vaqt ketishini hisoblasak,  $t = \frac{2\omega}{\mu\omega_{\text{qish}}\sqrt{2g}}(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2})$  hosil bo'ladi.

### 1.13.3. TIRQISHDAN NAYCHALAR OQALI SUYUQLIKNI OQISHI

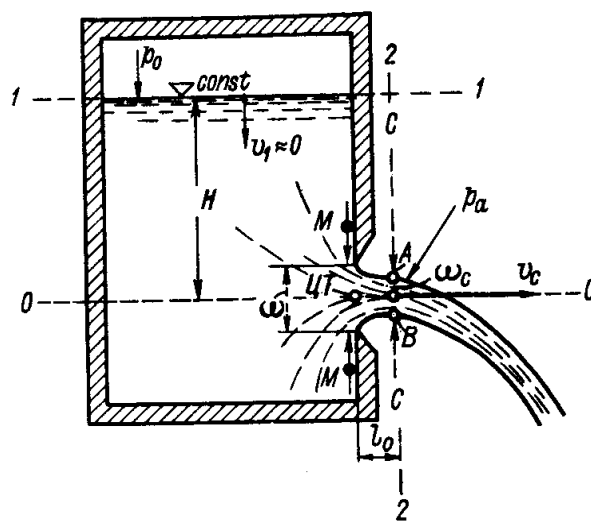
Ingichka devorli tekis to'siqlardagi teshiklardan doimiy naporli suyuqlikning oqishi oqimning kichik tirqishdan atmosferaga oqib chiqishi tadqiqotchilar tomonidan o'tkazilgan tajribalarga asoslanib, oqimning kichik tirqishdan atmosferaga oqib chiqishini 1.88-rasmdagi ko'rinishda ko'rsatish mumkin.

Bunda  $r_o$  - suyuqlik erkin sirtiga ta'sir etuvchi tashqi bosim, bu kattalik  $r_a$  - atmosfera bosimidan farq qiladi;  $\omega$  - tirqish yuzasi;  $\omega_c$  - oqimchanning S-S kesimdagi yuzasi.  $N$  - tirqishning og'irlik markazigacha bo'lgan chuqurlik.

Agar  $l_o$  masofada oqimning pastlashishini hisobga olsak, u holda  $\omega_c$  yuzaning og'irlik markazigacha bo'lgan chuqurlik deb qabul qilishimiz mumkin. Oqimcha S-S kesimgacha keskin siqilib boradi. Bunday holat – suyuqlik zarrachalarining inertsiyasi hisobiga bo'ladi deb qabul qilish mumkin. Bunga misol tariqasida  $M$  zarrachaning harakatini ko'rishimiz mumkin. (1.88-rasm).

Agar harakatlanayotgan oqimga havoning aralashishi – aeratsiyani va havo qarshiligini hisobga olmasak, pastlashayotgan zarrachaning tezligi oshganligi sababli, oqimning siqilishi davom etishi kerak.

Agar tirqishdan chiqayotgan suyuqlik oqimchasining tezligi yuqori bo'lsa, oqimning tashqi qobig'ida o'rinma kuchlanishlarning ta'siri kuchayadi. Havo qarshiligi oqimcha tezligini kamaytirib, uning havo bilan aralashish jarayonini jadallashtiradi va S-S kesimdan keyin oqimcha kengaya boshlaydi. Oqimcha o'z harakatida S-S kesimgacha tez o'zgaruvchan harakatda bo'lib, keyin tekis o'zgaruvchan harakatlana boshlaydi. S-S kesim esa **siqilgan kesim** deb ataladi.



1.88-rasm. Oqimning kichik tirqishdan atmosferaga chiqishi

Xuddi mana shu S-S kesimdan boshlab, oqimcha uchun Bernulli tenglamasini qo'llash mumkin, chunki bu kesimgacha oqimning harakati tez o'zgaruvchandir. AV yo'nalishdagi oqimning tezligi  $u$  epyurali to'g'ri to'rtburchakdir. Agar tirqish aylana shaklida bo'lsa, bu siqilgan kesimgacha masofa quyidagicha aniqlanadi:

$$l_o \approx 0,5D \quad (1.157)$$

bunda,  $D$  – tirqish diametri.

Siqilish koeffitsientini quyidagicha aniqlaymiz:

$$\frac{\omega_{\tilde{n}}}{\omega} = \varepsilon \quad (1.158)$$

bunda,  $\varepsilon$  - siqilish koeffitsienti.

Endi o'rganiladigan muammo sifatida siqilgan kesimdagi oqimning o'rtacha tezligi  $v_c$  va idishdan chiqayotgan oqim sarfini ( $Q$ ) aniqlaymiz. Buning uchun idishdagi suyuqlik sirtidan 1-1 va siqilgan kesimdan 2-2 kesimni o'tkazib, siqilgan kesim og'irlik markazidan 00 taqqoslash tekisligini o'tkazamiz. Bu tekislikka nisbatan 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha g_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha g_2^2}{2g} + h_f \quad (1.159)$$

Tenglamani har bir hadini tahlil qilamiz.

$$\left. \begin{array}{l} z_1 = H; \quad \frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_o}{\gamma}; \quad \frac{\alpha g_1^2}{2g} \approx 0 \\ z_2 = 0; \quad \frac{p_2}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma}; \quad \frac{\alpha g_2^2}{2g} \approx \frac{g_2^2}{2g} = \frac{g_c^2}{2g} \end{array} \right\} \quad (1.160)$$

Oqimning idishdagi tezligini hisobga olmasdan, S-S kesimdagi bosimni atmosfera bosimiga teng deb qabul qilamiz. 1-1 kesimdan 2-2 kesimgacha napor yo'qolishini quyidagicha aniqlaymiz:

$$h_f = \zeta \frac{g_{\tilde{n}}^2}{2g} \quad (1.161)$$

bunda,  $\zeta$  - qarshilik koeffitsienti.

Demak, (1.160) va (1.161) ifodalarni inobatga olsak, (1.162) tenglamani quyidagicha yozishi mumkin.

$$H + \frac{p_o}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma} + \frac{g_c^2}{2g} + \zeta \frac{g_c^2}{2g} \quad (1.162)$$

Bu holda,

$$H + \left( \frac{p_o}{\gamma} - \frac{p_a}{\gamma} \right) = H_{napor} \quad (1.163)$$

bu erda,  $N_{kl}$  - **keltirilgan yoki jamlangan napor** deyiladi. U holda:

$$H_{napor} = (1 + \zeta) \frac{g_s^2}{2g} \quad (1.164)$$

Bundan,

$$g_s = \sqrt{\frac{1}{1+\zeta}} \sqrt{2gH_{napor}} \quad (1.165)$$

yoki

$$g_s = \varphi \sqrt{2gH_{nap}} \quad (1.166)$$

buholda,

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{1+\zeta}} \quad (1.167)$$

deb belgilanib, *tezlik koeffitsienti* deb ataladi.

Agar  $r_o = r_a$  bo'lsa, (1.163) ifodani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$g_c = \varphi \sqrt{2gH} \quad (1.168)$$

Ideal holatdagi suyuqliklar uchun

$$h_f = \zeta \frac{g_s^2}{2g} = 0 \quad (1.169)$$

va

$$\zeta = 0; \quad \varphi = 1,0 \quad (1.170)$$

ekanligini hisobga olsak,

$$g_s = \sqrt{2gH} \quad (1.171)$$

Bu ifoda *Torrichelli ifodasi* deyiladi. Bu bog'liklikni 1643 yilda Torrichelli aniqlab,  $\varphi \approx 1,0$  ekanligini ta'kidlagan. Siqilgan kesimdagi oqimning o'rtaga tezligini bilgan holda, bu kesimdagi oqim sarfini aniqlaymiz:

$$Q = \omega_c v_c = \omega_c \varphi \sqrt{2gH} = \omega \frac{\omega_c}{\omega} \varphi \sqrt{2gH} \quad (1.172)$$

Bundan,

$$Q = \varepsilon \varphi \omega \sqrt{2gH} \quad (1.173)$$

yoki

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gH} \quad (1.174)$$

$$\mu_0 = \varepsilon \varphi \quad (1.175)$$

$\mu_0$  - tirqishning *sarf koeffitsienti* deb ataladi.

Demak, bu hodisani o'rganishda quyidagi to'rtta yangi koeffitsientlar bilan tanishdik:

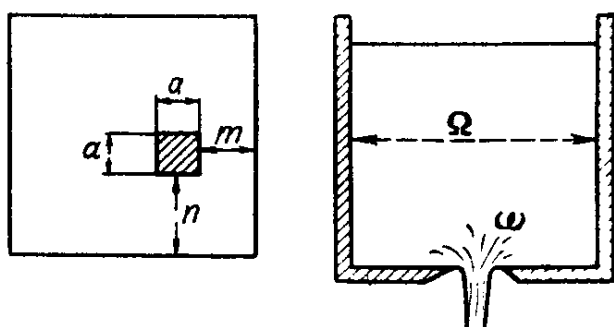
$\varepsilon$ - siqilish;  $\zeta$ - qarshilik;  $\varphi$  - tezlik;  $\mu_0$  - tirqishning sarf koeffitsientlari.

### 1.13.4. OQIMCHALAR TURLARI

Oqimchanning siqilish darajasiga suyuqlik joylashgan muhitning yon devorlari va idish tubi ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli tirqishni yon devorlar va idish tubida joylashgan vaziyatiga bog'liq holatda oqimchanning siqilishi turlicha ko'rinishda bo'lishi mumkin:

**To'liq siqilish.** Tirqishdan otilib chiqayotgan oqimning siqilishiga suyuqlik joylashgan idishning yon devorlari va tubining ta'siri bo'lmasa bunday siqilish **to'liq amalga oshgan siqilish** deyiladi (1.89-rasm). Bunday siqilish quyidagi shart bajarilganda amalga oshadi:

$$m > 3a, \quad n > 3a \quad (1.176)$$



1.89-rasm. Oqimning to'liq amalga oshgan va chala siqilishiga doir

Bunda,  $a$  – tomonlari uzunligi bir xil bo'lgan tirqish kattaligi,  $m$  – tirqishdan yon devorgacha bo'lgan masofa,  $n$  – tirqishdan idish tubigacha bo'lgan masofa. (15.20) shart bajarilganda tajribalar natijasiga asoslanib, yuqorida sanab o'tilgan koeffitsient-

$$\varepsilon = 0,63 \div 0,64; \quad \zeta = 0,06; \quad \varphi = 0,97; \quad \mu_0 = 0,62 \quad (1.177)$$

**To'liq amalga oshmagan siqilish.** Tirqishdan otilib chiqayotgan oqimchanning bunday siqilishi (1.177) shart bajarilmagan holatlarda ro'y berishi mumkin.

Ta'kidlash kerakki, tirqishlarning shakli va o'lchamlari bir xil bo'lsada, to'liq amalga oshgan siqilish harakatdagi kesim yuzasi  $\omega_s$  to'liq amalga oshmagan siqilish kesim yuzasidan kichik bo'ladi.

$$\omega_c > \omega'_c \quad (1.178)$$

To'liq amalga oshmagan siqilishda, sarf koeffitsientini quyidagi ifoda asosida hisoblash mumkin (1.89-rasm):

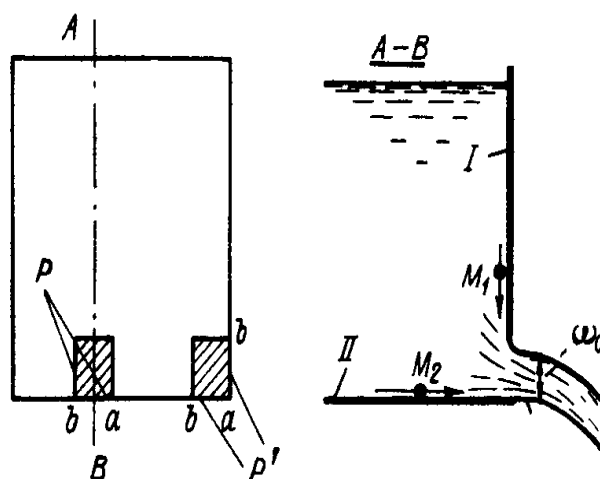
$$\mu_0 \approx \mu'_0 \left( 1 + \frac{\tau}{100} \right) \quad \text{bunda,} \quad \tau = f\left( \frac{\omega}{\Omega} \right) \quad (1.179)$$

bo'lib,  $\Omega$  - idishning gorizontaal kesim yuzasi.

Agar, a)  $\omega : \Omega = 0,1$  bo'lsa,  $\tau \approx 1,5$

b)  $\omega : \Omega = 0,2$  bo'lsa,  $\tau \approx 3,5$ .

**Noto'liq siqilish.** Noto'liq siqilish  $m$  va  $n$  kattaliklardan biri yoki har ikkalasi nolga teng bo'lgan holatda ro'y berishi mumkin (1.89-rasm).  $M_1$  suyuqlik zarrachasi I yon devor bo'ylab pastga harakatlanib, o'z energiyasi hisobiga tirqishdan chiqib, yuqoriga harakatlana boshlaydi.  $M_2$  zarracha esa II dedevor bo'ylab harakatlanib, tirqishdan chiqqandan keyin ham o'z harakatini davom ettiradi.



1.89-rasm. To'liq siqilmagan oqimcha

Bunday siqilishda  $\omega_c$  kattalik qiymati ancha katta bo'ladi, shuning hisobiga  $\mu_0$  sarf koeffitsienti ancha katta bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu_0 \approx \mu_0' \left( 1 + 0,4 \frac{P'}{P} \right) \quad (1.180)$$

bunda:  $P$  - tirqish perimetri;

$P'$  - tirqishning oqim siqilmagan sohasi perimetri.

### Xulosalar:

Demak, tezlik koeffitsienti qiymati  $\varphi \approx 1,0$  bo'lsa, siqilish va sarf koeffitsientlari qiymatlari  $0,6 \div 1,0$  oralig'ida bo'ladi.

Boshqa hamma sharoitlar bir xil bo'lganda, noto'liq va to'liq amalga oshmagan siqilishdagi oqimcha sarfi ( $Q$ ), to'liq amalga oshgan siqilishdagi oqimcha sarfidan katta bo'ladi.

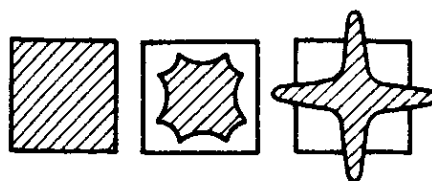
Sarf koeffitsientining yuqorida keltirilgan kattaliklari oqimning turbulent harakati uchun ta'luqli bo'lib, bunda Reynol'ds soni yuqori bo'ladi va Reynol'ds sonining kichik qiymatlari uchun esa sarf koeffitsienti unga funktsional bog'liqdir.

Oqimcha harakati davomida kesim bo'yicha o'z shaklini o'zgartiradi. Bunday o'zgarishlar

**Oqimcha traektoriyasi** deb, tirqishdan o'tilib chiqib, og'irligi hisobiga erkin pastlashayotgan oqimcha chizig'iga aytiladi. Bu chiziqchanning harakat tenglamasini yozish uchun quyidagicha fikr yuritamiz:

Oqimchanning traektoriyasi

Tik holatda turgan devorda o'rnatilgan tirqishdan o'tilib chiqayotgan oqimcha harakati bilan tanishamiz. 1.90-rasmda ifodalangan.



1.90-rasm. Oqimcha kesimi shaklining o'zgarishi

Devordan  $l_0$  masofada joylashgan  $S-S$  siqilish ro'y berayotgan kesimni belgilab olamiz. Siqilgan kesim markazida  $O$  nuqta belgilab, undan  $x$  va  $z$  koordinatalarni belgilaymiz. Havo qarshiligini hisobga olmasdan, bu kesimda  $\vartheta_s$  tezlikka ega bo'lgan zarrachani tanlab olamiz va bu zarracha uchun nazariy mexanika kursidan bizga ma'lum bo'lgan harakat tenglamasini yozamiz:

$$\tilde{d} = \vartheta_s t; \quad z = \frac{gt^2}{2} \quad (1.181)$$

bunda,  $t$  - vaqt.

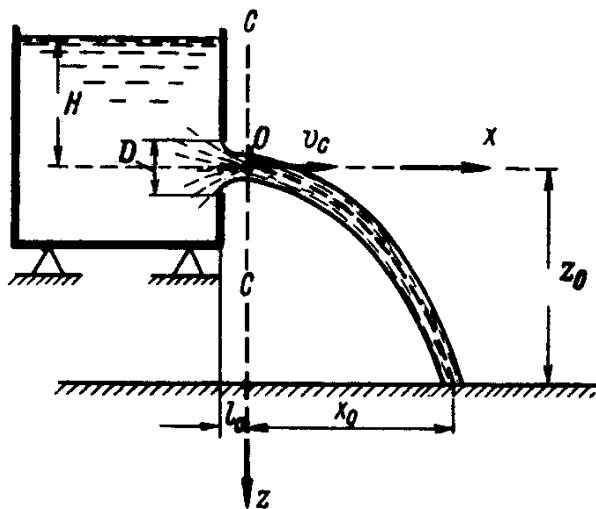
Traektoriya tenglamasini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$z = \frac{gx^2}{2\vartheta_s^2} \quad (1.182)$$

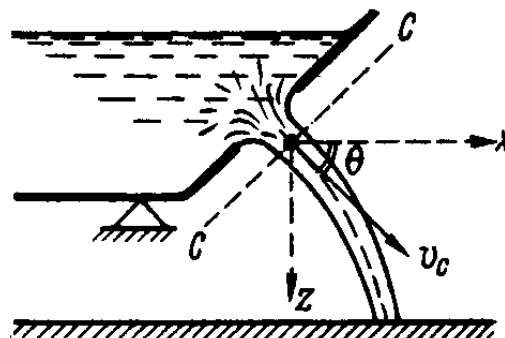
bu erdan:

$$\vartheta_s = \varphi \sqrt{2gH} \quad (1.183)$$

Bu (1.183) tenglama oqimcha traektoriyasi chizig'ini parabola ko'rinishda bo'lishini ko'rsatadi (1.91-rasm).



1.91-rasm. Oqimchanning traektoriyasi (tirqish tik devorda bo'lgan holatda)



1.92-rasm. Oqimcha traektoriyasi (tirqish qiya devorda joylashgan holat uchun)

Unga  $z_0$  qiymatni qo'ysak oqimchanning uzoqlashish masofasi ( $x_0$ ) ni topishimiz mumkin. Tirqish idish devoriga qiya qilib o'rnatilgan bo'lsa (1.92-rasm), oqim o'qi tenglamasi yuqorida berilgan ko'rinishda bo'ladi, faqat bunda zarrachaning boshlang'ich tezligi ( $\vartheta_s$ ) gorizontga nisbatan  $\theta$  burchak ostida qiya bo'ladi.



### 1.13.5. KICHIK VA KATTA TIRQISHDAN OQIMCHANING SUV SATHI OSTIGA CHIQISHI (TIRQISHNING KO'MILGANLIK HOLATI)

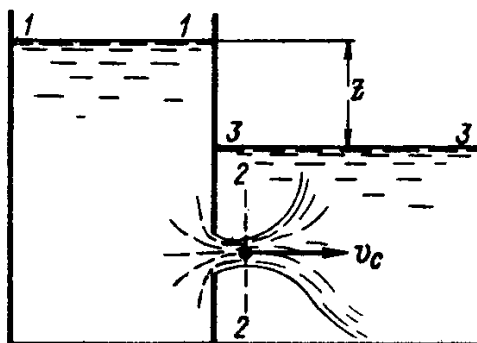
Bunday qo'shilgan tirqish 1.93-rasmda ko'rsatilgan. Bunda  $z$  – idishlardagi sathlar farqi. Endi 1-1 va 3-3 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini energiya yo'qolishi orqali yozamiz:

$$h_f = Z = \zeta \frac{v_c^2}{2g} = (\zeta_{1-2} + \zeta_{2-3}) \frac{v_c^2}{2g} = (\zeta_{1-2} + 1) \frac{v_c^2}{2g} \quad (1.184)$$

bunda,  $\zeta$  - kesimlar orasidagi energiyaning yo'qolish koeffitsienti.

Natijada, quyidagi tenglamani olishimiz mumkin:

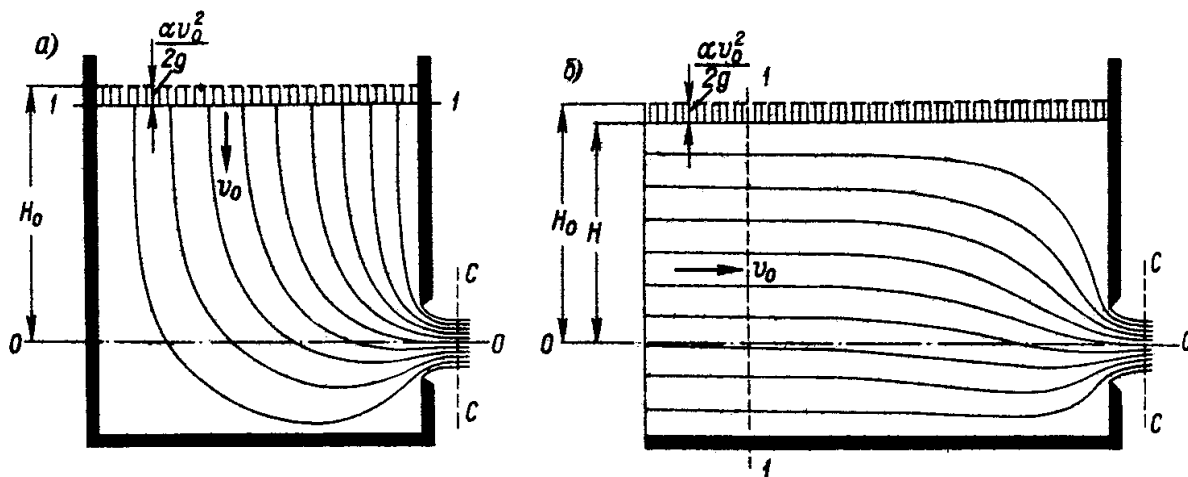
$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gZ} \quad (1.185)$$



1.93-rasm. Suv ostida joylashgan kichik tirqishdan oqimchaning chiqishi

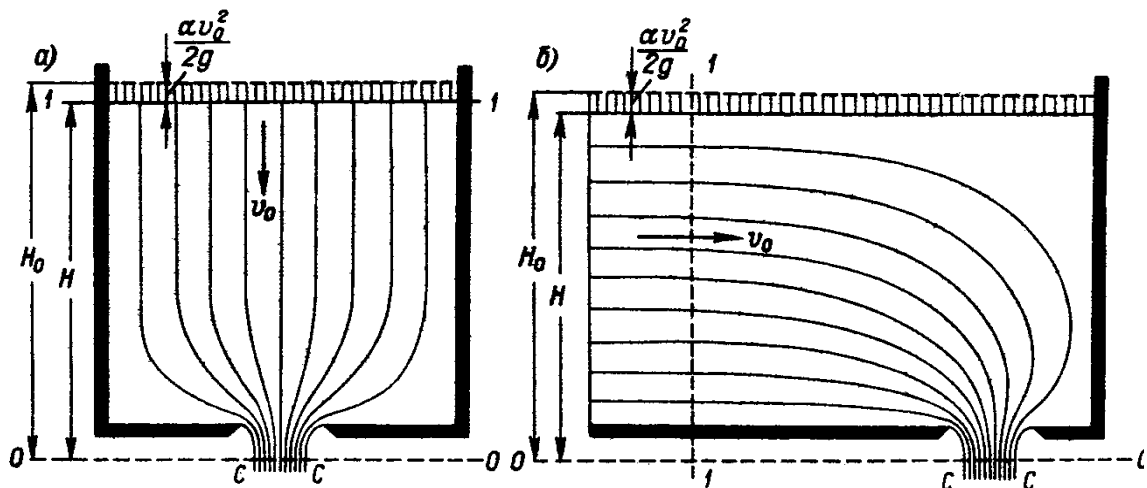
Bu tenglama oqimchaning *tirqishdan suv sathi ostiga chiqishini hisoblash tenglamasi* deyiladi.

Tirqish orqali suyuqlik oqimining otilib chiqishi natijasida, idishda joylashgan butun suyuqlik massasi harakatga keladi. Suyuqlikning idishga kirib kelishi va tezlik kattaligiga qarab, idishda suyuqlik har xil harakatlanishi mumkin.



1.94, a-b-rasm. Suyuqlikning idishdagi tezligi

- a) suyuqlik ilgari lanma potentsial harakat qilishi mumkin;
- b) aylanma harakat, ya'ni harakatlanayotgan suyuqlikda aylanma harakatlanayotgan sohalar bo'lishi mumkin.



1.95,a-b-rasmlar. Suyuqlikning idishdagi tezligi

1.94, a-b va 1.95. a-b-rasmlarda oqimning ilgari lanma potentsial harakatiga oid harakatidagi harakat chiziqchalari ifodalangan 1.94, b va 1.95, b-rasmlarda  $I-I$  kesim tik holatda bo'lib, yaqinlashishi tezligini  $v_0$  deb belgilab olsak, to'liq naporni quyidagicha aniqlashimiz mumkin:

$$H_{t_1} = H + \frac{2v_0^2}{2g} = H_0 \quad (\text{belgi}) \quad (1.186)$$

$I-I$  va  $S-S$  kesimlar orasida energiyaning yo'qolishi  $\varphi$  - tezlik koeffitsienti bilan baholanadi.

Oldingi bilimlarimizga asosanib aytishimiz mumkinki, 1.94, a va 1.95, b-rasmlardagi idishda harakatlanayotgan suyuqliklar uchun tezlik koeffitsienti 1.94, b- va 1.95, a-rasmlarga nisbatan kichik bo'lishi kerak, lekin tezlik unda uncha katta emasligi va napor yo'qolishi asosan tirqish yaqinida ro'y berganligi uchun koeffitsientning kattaligi deyarli teng deb qabul qilish mumkin.

Agar tirqish kichik bo'lsa,  $\varphi$  koeffitsient kattaligi oqimning harakatiga bog'liq emas. Bunday idishlarda harakatlanayotgan oqim sarfini quyidagi ifoda yordamida hisoblash mumkin:

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gH_0} \quad (1.187)$$

Agar  $I-I$  kesimdagi oqimning harakatdagi kesim yuzasi  $\omega$  deb belgilasak,

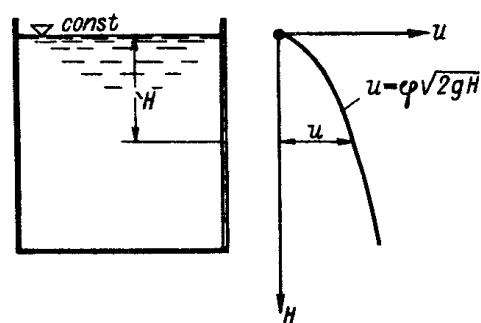
$$\omega > 4,0 \quad (1.188)$$

bo'lganda

$$N_o = N \quad (1.189)$$

deb qabul qilinishi mumkin.

$N$  – napor;  $\vartheta_s$  - siqilgan kesimdagi oqimning o'rtacha tezligi oshishi bilan oshadi, shu sababli  $\vartheta = f(H)$  grafigi 1.96-rasmdagi ko'rinishda bo'lishi tabiiydir. 1.96-rasmdan ko'rinib turibdiki,  $A$  va  $V$  nuqtalarning chuqurligi har xildir. Shu sababli,  $\vartheta_A$  va  $\vartheta_B$  tezliklar miqdori har xildir.



1.96-rasm. Suyuqlik oqish tezligining cho'kish tezligiga bog'liqlik grafigi

$$\vartheta_A = \varphi \sqrt{2gH_A} \neq \vartheta_B = \varphi \sqrt{2gH_B} \quad (1.190)$$

bunda,  $N_A$  va  $N_V$  -  $A$  va  $V$  nuqtalarning  $I-I$  kesimga nisbatan chuqurligi.

Agar

$$N' \geq 10D \quad (1.191)$$

bunda,  $N'$  - tirqishning yuqori qirrasini chuqurligi;

$D$  - tirqish diametri bo'lsa,  $\vartheta_A$  va  $\vartheta_B$  kattaliklari orasidagi farq - 5% dan kichik bo'ladi.

Endi kichik va katta tirqishlar deb ataluvchi tushunchalar bilan tanishamiz. Quyidagi ikki shartni bir vaqtda kanoatlantiruvchi tirqishlar *kichik tirqishlar* deyiladi.

1-shart.  $\vartheta_0$  - yaqinlashish tezligi nihoyatda kichik, ya'ni (1.187) tengsizlik o'rinli;

2-shart.  $\vartheta_A$  va  $\vartheta_B$  tezliklar deyarli bir - biriga teng.  $\vartheta_A \approx \vartheta_B$ , ya'ni (1.190) tengsizlik o'rinli bo'ladi.

Bu ikkala shartni inobatga olib, kichik tirqish quyidagi vaziyatlarda mavjud bo'ladi:

Demak, xulosa qilib aytish mumkinki, kichik tirqishlarda  $\vartheta_0 = 0$  va  $N_o = N$  shart bajarilar ekan.

*Katta tirqish* deganda esa yuqoridagi ikki shartga bir vaqtda javob bermaydigan tirqishlar tushuniladi. Umuman aytganda, bunday tirqishlar uchun ham yuqorida ko'rilgan ifodalar o'rinli, lekin sarf koeffitsienti kattaligi har xil bo'ladi. Buning qiymatini aniqlash uchun ko'pgina hollarda maxsus tadqiqotlar o'tkaziladi. Shularning ayrimlari natijalarini keltirishimiz mumkin:

Har tomondan oqim siqiladigan tirqishlarda,  $\mu_0 = 0,65$ ;

To'liq siqilmagan oqimlar mavjud tirqishlar uchun,  $\mu_0 = 0,70$ ;

Loyqa yotqiziqilarini chiqarishga mo'ljallanadigan tirqishlar uchun:

a) yondan siqilish bo'lsa,  $\mu_0 = 0,65 \div 0,70$ ;

b) yon tomondan siqilish kam bo'lsa,  $\mu_0 = 0,70 \div 0,75$ ;

v) siqilish bo'lmaganda,  $\mu_0 = 0,80 \div 0,85$ ;

### 1.13.6. NAYCHALARNING SHAKLLARIGA UMUMIY KO'RSATMALAR

Biz, yuqorida uzun va qisqa quvurlar tushunchalari bilan tanishgan edik. Bunda, biz ta'kidlagan edikki, uzun quvurlarda naporning faqat uzunlik bo'yicha yo'qolishi hisobga olinadi, qisqa quvurlarda esa har ikkala naporning yo'qolishi hisobga olinadi.

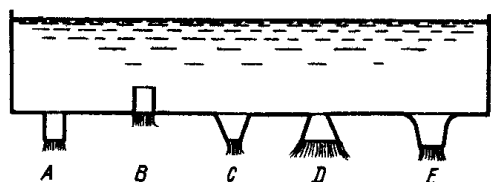
Naychanning quyidagi ko'rinishlari mavjud (1.97-rasm):

- 1) Tashqi tsilindrsimon naycha - Venturi naychasi (1.97, A-rasm);
- 2) Kichik tsilindrsimon naycha - Borda naychasi (1.97, V-rasm);
- 3) Konussimon naychalar: torayuvchi (1.97, S-rasm) va kengayuvchi (1.97, D-rasm) naychalar;
- 4) Tomonlari tekis egiluvchan naycha (1.97, E-rasm).

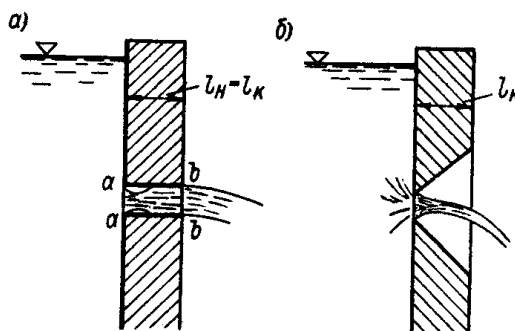
Endi oqimni qalin devordagi tirqishdan chiqishi bilan tanishamiz (1.98, a-rasm). Gidravlika nuqtai nazardan  $ab$  Venturi naychani ko'rishimiz mumkin.

$a$ -  $a$  kesimni «kirish» va  $b$ - $b$  kesimni «chiqish» kesimlari deb ataymiz. Ular orasidagi masofani  $l_n$  deb belgilab, uni «naycha uzunligi» yoki «devorning gidravlik qalinligi» deb belgilab olishimiz mumkin.

1.98, b-rasmdagi amaliy nuqtai nazardan «kirish» va «chiqish» kesimlar o'zaro ustma ust tushib,  $l_n \approx 0$  bo'ladi. Tuzilishi qalin bo'lsada, gidravlikada bu devorni yupqa devor deb qabul qilamiz.



1.97-rasm. Tirqish turlari

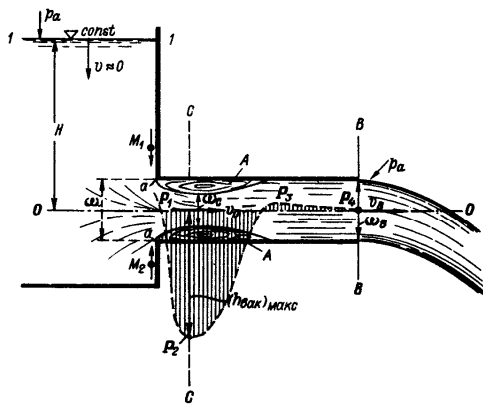


1.98-rasm. Ingichka (a) va qalin (b) devordagi tirqishlardan suyuqlikning chiqishiga doir

Bundan tashqari shuni ta'kidlashimiz kerakki, naychalar bilan tanishganimizda kvadrat qarshiliklar sohasiga mos keluvchi oqimning turbulent harakatini ko'rish bilan chegaralanamiz.

#### TASHQI TSILINDRSIMON NAYCHA. (VENTURI NAYCHASI)

**Suyuqlikning atmosferaga chiqishidagi harakati** (1.56-rasm). Suyuqlik oqimchasi o'zining og'irligi hisobiga paydo bo'ladigan inertsiya kuchi hisobiga, dastlab  $\omega_3$  kesim kattaligigacha siqiladi, keyin kengayib, butun naychani egalaydi. (1.99-rasmda  $M$  zarrachaning harakati fikrimizga dalil bo'lishi mumkin). Bunda aylanma harakatga ega bo'lgan  $A$  sohani kuzatish mumkin.



1.99-rasm. Venturi naychasi

A aylanma soha va bu soha bilan o'tayotgan oqimchani ajratib turuvchi sir haqida naporning mahalliy yo'qolishining umumiy tavsifi haqida aytilgan barcha fikrlar o'rinlidir.

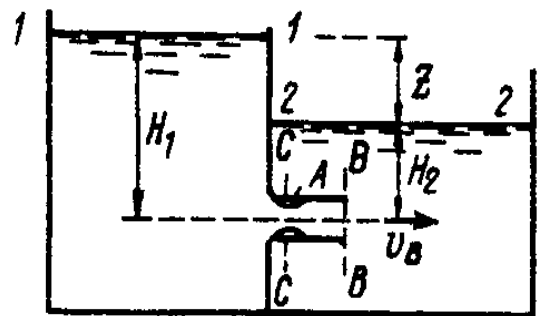
Bu soha va soha maydonida o'tuvchi oqimcha ham vakuum – bo'shliqqa ega. Bo'shliqning eng katta qiymati S-S kesimda mavjud bo'ladi, shuning hisobiga tezlik va kinetik energiyasi eng katta qiymatiga ega bo'ladi.

Bizga ma'lumki, kinetik energiyaning oshishi, potentsial energiyaning kamayishiga olib keladi.

Agar 9-9 kesimda bosim atmosfera bosimiga teng bo'lsa, S-S kesimda esa siqilish hisobiga tezlikning oshishi sababli, bosimni kamayganligini ko'ramiz.

Yuqoridagi mulohazalarimizga asosan, bu sohada p'ezometrik chiziq –  $R_1 R_2 R_3 R_4$  ko'rinishida bo'ladi (1.57-rasm).

Oqimning naychadan chiqish tezligi ( $\omega_B$ ) va sarfni ( $Q$ ) hisoblash ifodalari. Bu ifodalarni olish uchun 1.56 va 1.57-rasmlardagi I-I va 9-9 kesimlar yoki I-I va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozib, quyidagilarni olamiz:



1.100-rasm. Venturi naychasidan oqimchanning suv sathiga oqib chiqishi

Oqimchanning atmosferaga chiqishi (1.100-rasm).

$$\omega_B = \varphi \sqrt{2gH} \quad (1.193)$$

bunda,  $\omega_B$  - oqimchanning 9-9 kesimdagi chiqish tezligi;  $H$  - naychanning og'irlik markazidan idishdagi suyuqlik sathigacha bo'lgan balandligi;  $\varphi$  - tezlik koeffitsienti bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{1 + (\zeta_{nay})}} \quad (1.194)$$

bunda,  $(\zeta_{nay})$  - qarshilik koeffitsienti.

$$h_{n.y} = (\zeta_{nay}) \frac{g_B^2}{2g} \quad (1.195)$$

bunda,  $h_{n.y}$  - naychadagi naporning yo'qolishi.

Sarf quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = \mu_n \omega \sqrt{2gH} \quad (1.196)$$

bunda,  $\mu_n$  - naychanning sarf koeffitsienti. Naychada siqilish yo'q deb qabul qilganimiz sababli:

$$\mu_n = \varepsilon_A \varphi = \varphi \quad (1.197)$$

Shuning uchun  $\varepsilon_A = \frac{\omega \hat{a}}{\omega} = 1,0$

(1.198)

deb qabul qilishimiz mumkin.

Oqimchanning suv sathi ostiga chiqishi (1.100-rasm). Bunday holda (1.196) ifodalar o'rniga quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$g_A = \varphi \sqrt{2gZ} \quad (1.199)$$

$$Q = \mu_n \omega \sqrt{2gZ} \quad (1.200)$$

bunda,  $Z$  - saturlar orasidagi farq;  $\varphi$  - tezlik koeffitsienti bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{(\zeta_{nay})_{k.o}}} = \sqrt{\frac{1}{\zeta_{nay} + 1}} \quad (1.201)$$

bunda,  $\mu_n$  - sarf koeffitsienti bo'lib,  $\mu_n = \varphi$  deb qabul qilishimiz mumkin.

$\varepsilon$ ,  $\zeta$ ,  $\varphi$ ,  $\mu_n$  koeffitsientlar kattaliklari.  $V-V$  kesimda  $\varepsilon_B = 1,0$  deb qabul qilishimiz mumkin.  $S-S$  kesimda  $\varepsilon_C$  - siqilish koeffitsienti eng katta qiymatga ega bo'lib, quyidagiga teng:

$$\varepsilon_C = (0,63 \div 0,64)$$

Naychadan oqimchanning atmosferaga chiqish koeffitsienti esa, quvurga kirish koeffitsientiga teng deb qabul qilinadi, ya'ni:

$$\zeta_{nay} = \zeta_{kir} = 0,5$$

Sath ostiga chiqishda esa

$$(\zeta_{nay})_{k.i} = \zeta_{kir} + \zeta_{chiq} = 0,5 + 1,0 = 1,5$$

$\varphi$  - sarf koeffitsienti har ikkala holat uchun tengdir.

$$\varphi = \mu_n = \sqrt{\frac{1}{1 + \zeta_{nay}}} = \sqrt{\frac{1}{(\zeta_{nay})_{k.i}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,5}} = 0,82 \quad (1.202)$$

*Suyuqlikning ingichka devordagi tirqishdan va Venturi naychasidan chiqishini taqqoslash.* Buning uchun ikkala holatda sarf va tezlikni taqqoslaymiz. Venturi naychasida (atmosfera ga chiqishi):

$$Q_{nay} = 0,82\omega\sqrt{2gH} ; (\mathcal{G}_A)_{nay} = 0,82\sqrt{2gH} \quad (1.203)$$

Ingichka devordagi tirqishdan (atmosfera ga) chiqishi:

$$Q_T = 0,62\omega\sqrt{2gH} ; (\mathcal{G}_s)_\delta = 0,97\sqrt{2gH} \quad (1.204)$$

Demak,

$$\frac{Q_{nay}}{Q_\delta} = \frac{0,82}{0,62} \approx 1,34 \quad (1.205)$$

$$\frac{(\mathcal{G}_A)_{nay}}{(\mathcal{G}_s)_\delta} = \frac{0,82}{0,97} \approx 0,85 \quad (1.206)$$

Naychanning ancha effektivligi ko'rinib turibdi. Sarf 34% oshib, tezlik 15% kamaymoqda. Bunda sarfning oshishini kesimning chiqishda kengayishi va o'z navbatida tezlikni kamayishi bilan tushuntirish mumkin.

*S-S kesimdagi vakuum kattaligi.*

Oqimning atmosfera ga chiqishi. Bu kattalikni aniqlash uchun og'irlik markazidan o'tuvchi 00 tekislikka nisbatan S-S va V-V kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz. (1.100-rasm).

$$\frac{\delta_{\tilde{N}}}{\gamma} + \frac{\mathcal{G}_{\tilde{N}}^2}{2g} = \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\mathcal{G}_A^2}{2g} + h_{j_{\tilde{N}-A}} \quad (1.207)$$

bunda,  $\delta_C$  va  $\mathcal{G}_C$  kattaliklar S-S kesimga ta'luqlidir.

$$h_{j_{C-B}} = \zeta_{C-B} \frac{\mathcal{G}_A^2}{2g} \quad (1.208)$$

$$\mathcal{G}_{\tilde{N}} = \frac{\mathcal{G}_A}{\varepsilon_{\tilde{N}}} \quad (1.209)$$

(1.208) va (1.209) ifodalarni (1.207) ifodaga qo'yamiz.

$$\frac{\mathcal{G}_A^2}{\varepsilon_{\tilde{N}}^2 2g} - \frac{\mathcal{G}_A^2}{2g} - \zeta_{C-B} \frac{\mathcal{G}_A^2}{2g} = \frac{\delta_a}{\gamma} - \frac{\delta_{\tilde{N}}}{\gamma} = (h_{vak})_{maks} \quad (1.210)$$

yoki

$$(h_{vak})_{maks} = \left( \frac{1}{\varepsilon_{\tilde{N}}^2} - \varepsilon_{\tilde{N}-A} - 1 \right) \frac{\mathcal{G}_A^2}{2g} \quad (1.211)$$

bunda,  $(h_{vak})_{maks}$  - S-S kesimdagi vakuum kattalik.

Bunda (1.204) ifodani (1.211) ga quyib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$(h_{vak})_{maks} = kN \quad (1.212)$$

bunda,

$$k = \varphi^2 \left( \frac{1}{\varepsilon_C^2} - \zeta_{C-B} - 1 \right) \quad (1.213)$$

Agar (1.213) ifodaga  $\varphi$ ,  $\varepsilon_C$  va  $\zeta_{C-B}$  koeffitsientlarning son qiymatlarini qo'ysak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$k = 0,82^2 \left( \frac{1}{0,63} - 0,35 - 1 \right) = 0,77 \quad (1.214)$$

Demak,

$$(h_{\text{vak}})_{\text{maks}} = (0,75 \div 0,80)H \quad (1.215)$$

Sath ostiga oqish. 1.100-rasmdagi S-S va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tengamasini yozib, yuqoridagidek fikr yuritsak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$(h_{\text{vak}})_{\text{maks}} = (0,75 \div 0,80)Z - H_2 \quad (1.216)$$

bunda,  $Z$  va  $N_2$  kattaliklar rasmda ko'rsatilgan.

Agar  $N_2$  katta qiymatga ega bo'lsa, ifodada  $(h_{\text{vak}})_{\text{maks}}$  manfiy qiymatga ega bo'ladi, demak vakuum bo'lmaydi.

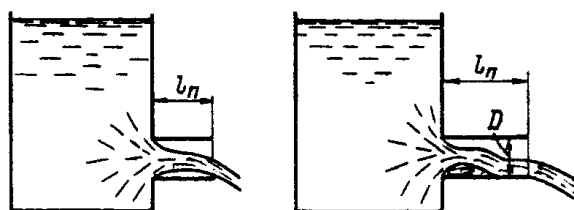
*Tsilindirsimon qisqa quvurning Venturi naychasidek ishlashi uchun mavjud bo'lishi kerak bo'lgan asosiy shartlar.* Hamma qisqa quvurlar ham Venturi naychasidek ishlashi mumkin emas. Masalan 1.58-rasmdagi vaziyatlar ham bo'lishi mumkin.

Qisqa quvurning naychadek ishlashi uchun quyidagi ikkita shart bajarilishi kerak.

1-shart. Quvurchaning uzunligi  $l_n$  quyidagicha bo'lishi kerak.

$$(3,5 \div 4,0)D \leq l_n \leq (6 \div 7)D \quad (1.217)$$

bunda,  $D$  - quvurcha diametri.



a). b).

**1.101, a-b-rasmlar. Venturi naychasida vakuumning hosil bo'lishi (quvur uzunligi qisqa bo'lganda)**

Agar  $l_n < (3,5 \div 4,0)D$  bo'lsa, 1.101, a-b-rasmlardagi vaziyat yuzaga keladi. quvurcha uzunligi qisqa bo'lganligi sababli oqimcha marakatlanib kengayishga ulgurmaydi;

Agar  $l_n > (6 \div 7)D$  bo'lsa, bunda «qisqa quvur» paydo bo'lib, bunda naporning uzunlik bo'yicha yo'qolishini hisobga olishga to'g'ri keladi. shart. Maksimal vakuumda quyidagi shart bajarilishi kerak:

a) atmosferaga chiqishda (1.101-rasm):

$$(h_{\text{vak}})_{\text{maks}} \leq (h_{\text{vak}})_{=o'sh}$$

b) sath ostiga chiqishda (1.101-rasm):

$$(h_{\text{vak}})_{\text{maks}} \leq (h_{\text{vak}})_{=o'sh} - N_2 \quad (1.218)$$

bunda,  $(h_{\text{vak}})_{=o'sh} \approx 8$  m. suv ustuniga tengdir.



## II. NASOSLAR

### 2.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR. PORSHENLI NASOSLAR

**Nasoslar.** Suyuqlikning bosimi va energiyasini oshirish evaziga suyuqlikni haydaydigan gidravlik mashinalarga **nasoslar deb ataladi.**

Nasoslar elektr dvigatel (ED) lari yordamida harakatga keltiriladi va elektr dvigatelining mexanik energiyasini suyuqlik energiyasiga aylantirib beradi. Suyuqlikning energiyasi esa holat va bosim energiyasidan tashqil topgan potentsial hamda kinetik energiyalardan tashqil topgan bo'ladi. Shuningdek, havo va gaz hisobiga suyuqlikni haydaydigan mashina va apparatlarga ham **nasoslar deb yuritiladi.**

Ishlash qoidasi va konstruktiv tuzilishga ko'ra nasoslarni uch guruhga bo'lish mumkin:

#### **Parrakli (dinamik), hajmiy va oqimchali nasoslar.**

**Parrakli nasoslarning** ishlash qoidasi hamda parrak bilan suyuqlikning o'zaro ta'sirlanishi evaziga suyuqlikni haydashga mo'ljallangan bo'ladi. Hajmiy nasoslarning ishlash qoidasi esa nasos ishchi kameradagi hajm va bosimning o'zgarishi evaziga haydashga muljallangan bo'ladi.

Hajmiy nasoslar ikkita katta guruhga **porshenli** va **rotorli nasoslarga** bo'linadi. Bu nasoslar o'z navbatida bir qancha kichik guruhchalarga bo'linadi.

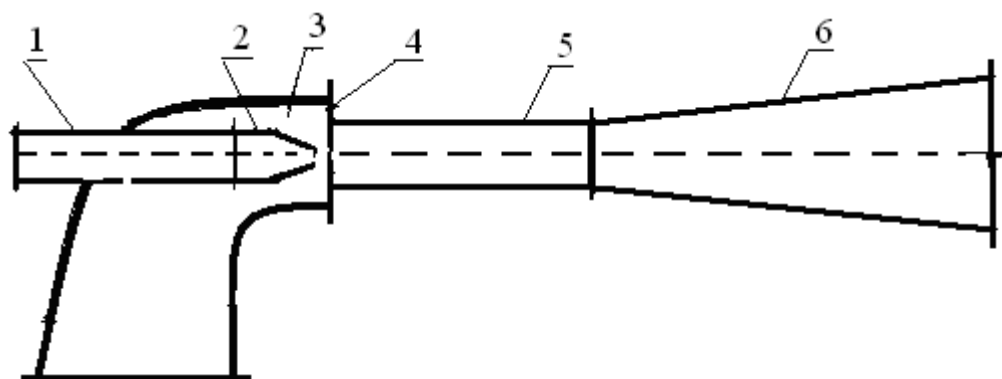
**1. Hajmiy nasos** (ob'emniy nasos) deb – suyuqlik egallagan kamerasi galma-gal kirish va chiqish yo'llari bilan tutashib, hajm davri o'zgarishi natijasida suyuqlik harakatlanadigan nasoslarga aytiladi. Hajmiy nasosning suyuqlik o'tadigan asosiy qismlari - suyuqlik so'rish kanali, kamera va uning berkitgichlari hamda siqib chiqargichlari, suyuqlikning haydash kanallaridan iborat bo'ladi. Hosil qiladigan bosimning maksimal qiymati, odatda, nasos qismlarini mustahkamligi shartiga va dvigatelning quvvatiga ko'ra erishiladigan maksimal bosim qiymati, maxsus klapan yordamida cheklanadi. Hajmiy rotorli nasoslarning ilgarilanma-qaytarmali va boshqa turlari bor.

**2. Parrakli nasos** (krilchatiy nasos)lar – bu ish qismlari qaytma-burilma harakatlanadigan hajmiy nasoslardir. Bu nasos asosan toza suyuqliklarni uzatishda ishlatiladi. Nasosning kirishdagi klapanlari korpusiga qo'zg'almas qilib o'rnatilgan. Haydash klapanlari esa, qo'zg'aluvchan parrakka joylashtirilgan. Haydash klapanlari dastak yordamida tebranma harakat qiladi va porshenli nasosning porsheniga o'xshab ishlaydi. Parrakli nasos 10-20 naporda 2-12 m<sup>3</sup> suyuqlik uzatib beradi.

**3. Oqimchali nasos** (struyyali) – suyuqlik yoki gazni tashqi suyuqlik yoki gazsimon muxit oqimi bilan ergashtirib haydaydigan ishqalanish kuchiga asoslangan nasos sxemasi quyidagi rasmda keltirilgan.

Oqim turiga ko'ra suyuqlik, gaz va bug' oqimli nasoslarga bo'linadi. Oqimchali nasosda harakatlanuvchi qism bo'lmaydi. Bunday nasoslarning tuzilishi soda, kavitatsiya darajasi kam va FIK 40% gacha bo'ladi. Bu nasoslar ko'pincha uchish

apparatlarining yonilg'i bilan ta'minlash tizimlarida, payvandlash gorelkalarida va boshqa tizimlarda keng qo'llaniladi.



**2.1-rasm. Oqimchali nasos sxemasi;**

*1 - muhitning tashqi oqimini keltirib beruvchi quvur; 2 - soplo; 3 - haydalayotgan muhitga havo berish sohasi; 4 - aralashish kamerasiga kirish; 5 - aralashish kamerasi; 6 - oqim qismini statik bosimga aylantiruvchi duffuzor.*

Nasoslarning tuzilishi, parametrlari, suyuqlikka energiya berish usuli va boshqa ko'rsatkichlariga qarab turlicha klassifikatsiyalash usullari mavjud.

Eng ko'p tarqalgan usul, ularni ishlash printsipiga qarab klassifikatsiyalashdir. Bunda nasoslar asosan ikkita katta guruhga, dinamik ya'ni, kurakli va hajmiy nasoslarga bo'linadi.

Bu ikki guruh nasoslar deyarli barcha nasoslarni o'z ichiga oladi, lekin bir qancha boshqacha printsipda 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 va uyurma nasoslarga bo'linadi. Tuzilishi va ishlash printsipi bir xil bo'lgani uchun ventilyatorlarni ham kurakli nasoslar klassiga kiritish mumkin. Ventilyatorlarning ham markazdan qochma, o'qiy va propellerli turlari mavjud. Kurakli nasoslar ularning bir valida bitta yoki bir nechta ish g'ildiragi o'rnatilishiga qarab bir pog'onali va ko'p pog'onali 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. Bu nasoslar o'z navbatida yana bir qancha kichik gruxlarga bo'linadi. 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 m suv ust. yuqori) nasoslarga ajratish mumkin. Ularning sarfiga qarab past, o'rta va yuqori sarfli nasoslarga bo'lish mumkin.

Energiyaning nasosga qanday berilishiga qarab, nasoslarni klassifikatsiyalashga intilish ham bo'lgan. Bu qayd etilgan 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 printsipi tamoman bir – biridan farqlanuvchi boshqa nasoslar 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  $\left(\frac{P}{\gamma}\right)$  va 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 qurilmalardan bu gruppaga kiradiganlari qatoriga kam debitli quduqlardan neft chiqaruvchi tortuv qurilmalari, chuqur quduqlardan gaz va havo yordamida suyuqlik (suv, neft) ko'taruvchi ko'targichlar kiradi.

Ikkinchi gruppaga suyuqlikka bosimni 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 h.k.) yordamida siqib chiqarish mumkin. Bularga suyuqlikka gidravlik zarb orqali impul's beruvchi mexanizmlar (gidravlik taran) ham kiradi.

Uchinchi grupa nasoslarda suyuqlikkakinetik energiya berilib, so'ngra u bosim energiyasiga aylantiriladi. Bularga birinchi galda kurakli (markazdan qochma, parrakli, ukiy) nasoslar kiradi (ularda ish qismi valda aylanuvchi kurakli g'ildiraklardir), ikkinchidan oqimchali nasoslar (ejektorlar, injektorlar, gidravlik elevatorlar) kiradi (ularda suyuqlikka energiya beruvchi boshqa suyuqlik, gaz yoki bug'dir). Nasoslar va suv ko'targichlarni yuqorida zikr etilganlar bo'yicha gruppalashni quyidagi sxemada tasvirlash mumkin.

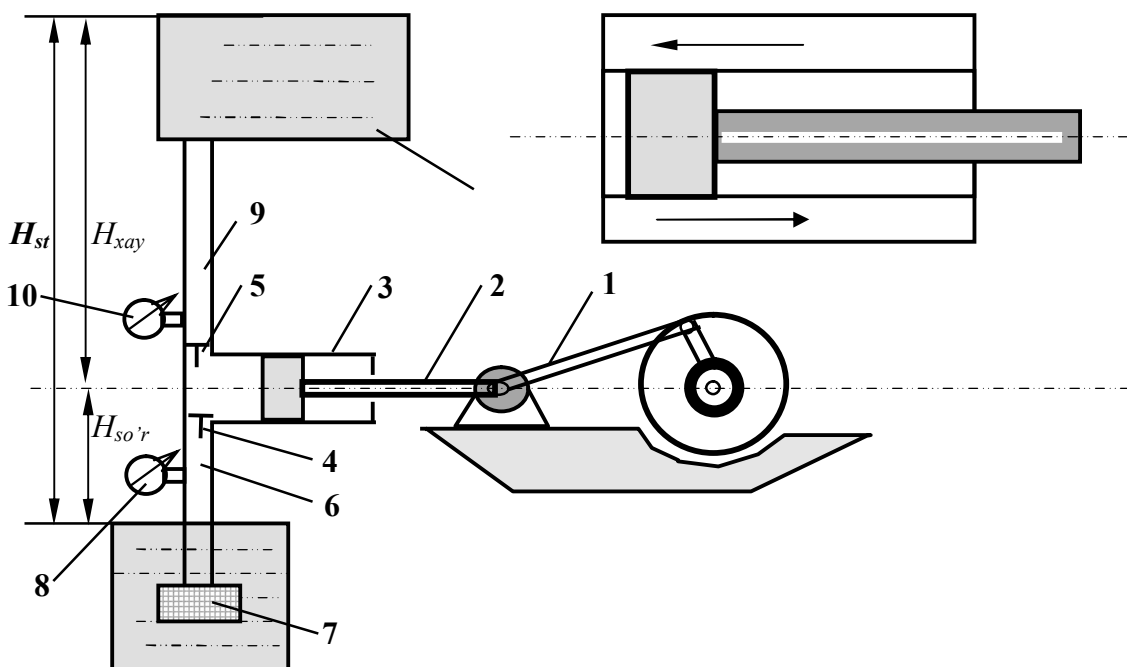
## 2.2. PORSHENLI NASOSLARNI TURLARI VA HARAKAT PRINTSIPI

Yuqorida ko'rib o'tilganidek, hajmiy gidravlik mashinalar - gidravlik nasoslarga va gidrodvigatellarga bo'linadi. Hajmiy gidravlik nasoslarning ishlash jarayonlari asosan so'rish jarayonida hajm kengayishi va haydash jarayonida hajm qisqarish ko'rinishida sodir bo'ladi. Hajmiy gidravlik mashinalarga porshenli - plunjerli nasoslarning va gidrodvigatellarning barcha turlari kirib, ulardan tashqari tishli g'ildirakli, plastinkali, diafragmali va vintsimon gidronasoslar va gidrodvigatellar ham kiradi. Hajmiy gidravlik mashinalarning tuzilishi, ishlash printsipi, hisob tenglamalari va asosiy karakteriskalarini o'rganamiz.

**Porshenli va plunjerli nasoslarning tuzilishi va ishlash printsipi.** Porshenli nasos qurilmasining eng sodda sxemasi 2.2-rasmda keltirilgan. Bu nasoslarda suyuqlikning so'rilishi va haydalishi porshen yoki plunjerning tsilindrda ilgarilanma - qaytma harakatiga asoslangan. Bunda porshen plunjer (3) (2.2-rasm) tarkibida shtok (2) bo'lgan krivoship -shatunli mexanizm (1) yordamida harakat qiladi. Porshen (plunjer) tsilindr ichida chapdan o'nga qarab harakatlenganda ish kamerasidagi suyuqlik porshen (plunjer 3) orqasidan ergashib tsilindr ichiga kiradi va hajm kengayishi sodir bo'ladi. Bu

o'z navbatida ish kamerasida vakuum hosil qiladi. Bu vakuum ma'lum bir chegaraga etganda ish bo'lmasidagi bosim bilan tirgak yopqich (7) ostida bo'lgan bosim orasidagi farq so'rish yopqichi (4)ni ochadi va suyuqlik so'rish quvuri (6) orqali ish bo'lmasiga kiradi. So'rish jarayoni porshen (plunjer) o'zining oxirgi so'rish nuqtasiga etguncha davom etadi. Bunda so'rish quvurida hosil bo'lgan vakuumni vakuummetr) (8) yordamida o'lchanadi. Ta'minlovchi idishdagi suyuqlik sathidan nasos tsilindirining eng yuqori sathigacha bo'lgan balandlik so'rish balandligi  $N_s$  deyiladi.

Porshen (plunjer) o'ngdan chapga qarab harakatini davom ettirganda ish bo'lmasidagi bosim ortib, so'rish yopqichi yopiladi. Bo'lmadagi bosim ortishida davom etib, tsilindr ichidagi bosimning qiymati haydash yopqichi (5) ning prujinasini elastiklik kuchidan ortganda haydash yopqichi (5) ochilib, manometr (10) orqali suyuqlik haydash quvuri (9) iste'molchiga etkaziladi. Shu bilan nasosning so'rish - haydash jarayonining tsikli tugaydi.



2.2-rasm. Bir porshenli (plunjerli) nasosning sxematik chizmasi.

So'rish balandligi bilan haydash balandligining yig'indisi  $H_{cm} = H_c + H_x$  nasosning tortish balandligi yoki to'liq statik bosimi deb ataladi.

Nasosning asosiy ko'rsatkichlari, nasosning so'rish balandligi, nazariy sarfi, FIK lari va quvvatidir.

a) Nasosning so'rish balandligi quydagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$I_s = (D_0/\gamma) - b, [m] \quad (2.1)$$

Bu erda:  $R_o$  - so'rilayotgan suyuqlikning sirtiga ta'sir etuvchi bosim (ochiq idishlarda atmosfera bosimiga teng, yopiq idishlarda idish ichidagi bosimga teng);  $\gamma_s$  - suyuqlikning solishtirma og'irligi  $[H/m^3]$ ;  $b$  - suyuqlik bug'ining elastikligi  $[m]$ .

b) Nasosning nazariy sarfi quydagi tenglama yordamida aniqlanadi:

Tsilindrdagi yuqori sath bilan suyuqlik ko'tarilgan eng yuqori sathlarning farqi haydash balandligi  $N_x$  deyiladi.

$$Q_n = \frac{F_{st} \cdot L \cdot i \cdot n}{60} \left[ \frac{m^3}{\text{min}} \right]. \quad (2.2)$$

Bu erda:  $F_{st} = \frac{\pi D^2}{4} [m^2]$  - tsilindrning ko'ndalang kesimi yuzasi;  $L$  -

porshenning tsilindr ichida bosib o'tgan yo'li  $[m]$ ;  $i$  - tsilindrlar soni;  $n$  - krivoshipshatunli mexanizmning bir minut ichida aylanishlar soni  $[ayl./min]$ .

v) Nasosning o'qidagi indikator (nazariy) quvvati quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$N_i = \frac{P_i \cdot F_{st} \cdot L \cdot i \cdot n}{60} \left[ \frac{Hm}{\text{sek}} \right]. \quad (2.3)$$

Bu erda:  $R_i$  - to'liq indikator (nazariy) bosim,  $[N/m^2]$ .

g) Nasos ishlaganda uning haqiqiy sarfi nazariy sarfidan har doim kichik bo'ladi. Bunga asosiy sabab, nasosda sodir bo'layotgan hajmiy yo'qotilishlardir. Hajmiy yo'qotilishlarga quyidagilar kiradi: So'rish hamda haydash yopqichlarining o'z vaqtida yopilmasligi (inertsiyasi) natijasida ma'lum bir miqdordagi suyuqlik haydash quvuriga uzatilmaydi, ya'ni so'rish quvuriga qaytib tushadi. Bundan tashqari so'rish jarayonida tsilindr suyuqlik bilan to'liq to'lmay qolishi mumkin va haydash jarayonida porshen va tsilindr orasidagi tirqishlardan ma'lum miqdordagi suyuqlik porshenning orqasiga o'tib ketishi mumkin. Bular o'z navbatida hajmiy yo'qotilishlarga olib keladi. Uning qiymati hajmiy FIK yordamida aniqlanadi, ya'ni:

$$h_\delta = \frac{Q_{xay}}{Q_n} \quad (2.4)$$

Bu erda:  $Q_x$  - nasosning haqiqiy sarfi.

Hajmiy yo'qotilishdan tashqari mexanik yo'qotilish ham sodir bo'ladi.

Bu asosan nasosning ishqalanadigan qismlari (porshen va tsilindr orasidagi, podshipniklarda, tirsakli o'qlarda va h.k.larda) da mexanik energiyaning issiqlik energiyasiga aylanishi ko'rinishida sodir bo'ladi va shuning natijasida nasosni aylantirish uchun ketgan haqiqiy quvvat  $N_x$  har doim nazariy quvvat, ya'ni indikator quvvat  $N_i$  dan katta bo'ladi.

Mexanik yo'qotilishlar mexanik FIK yordamida aniqlanadi, ya'ni:

$$h_m = \frac{N_i}{N_x} \quad (2.5)$$

Bu turdagi nasoslarning asosiy kamchiliklaridan biri, suyuqlikni haydash quvuriga uzib - uzib berishidir. Bu kamchilikni kamaytirish asosan tsilindrlar sonini ko'paytirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Asosiy kamchiligi bo'lib, porshenning tsilindr ichidagi yurish tezligining chegaralanganligidir. Bunga asosiy sabab so'ruvchi hamda haydovchi yopqichlarning inertsiyasidir. Bu kamchilikni kamaytirish maqsadida radial

rotorli va aksial rotorli porshenli (plunjerli) nasoslar ishlab chiqilgan. Bu nasoslarda yopqichlar o'rniga zolotniksimon taqsimlagichlar qo'llanilgan bo'lib, bular odatda ikkita tsilindrsimon teshiklarning bir-biriga to'g'ri kelishi shaklida ishlovchi taqsimlagichlar ko'rinishida tuzilgan. Bu erda yopqichlar inertsiyasi umuman bartaraf qilingan. Shuning uchun bu turdagi nasoslarda porshenning tsilindr ichida yurish tezligi chegaralanmaydi, ya'ni so'rish jarayonida tsilindrning to'liq to'lmaslik holati sodir bo'lmaydi, o'z navbatida hajmiy FIK qiymatini orttiradi.

### 2.2.1. RADIAL ROTORLI PORSHENLI (PLUNJERLI) NASOSLARNI VA GIDRODVIGATELLARNI TUZILISHI VA ISHLASH PRINTSIPI

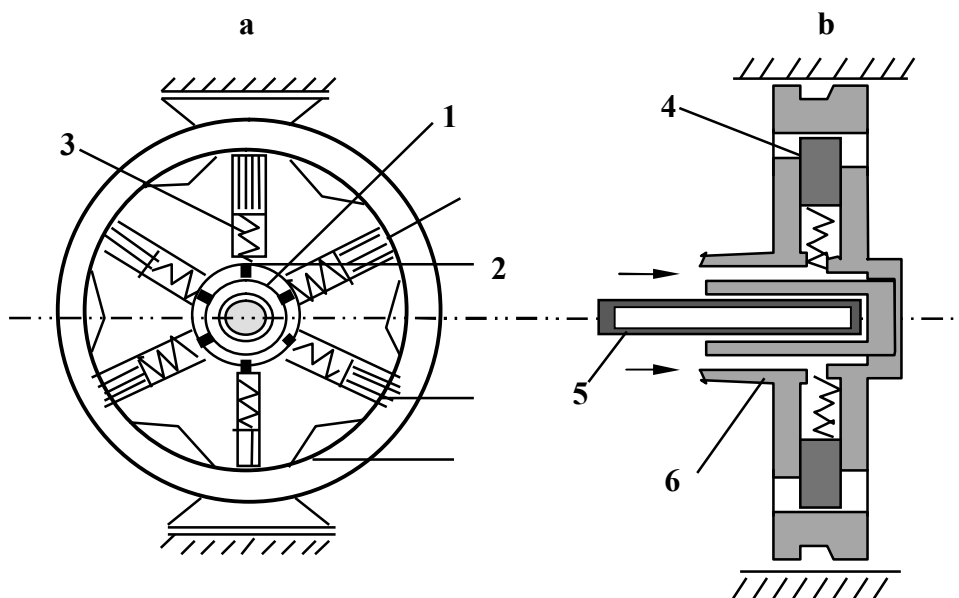
Radial rotorli porshenli (plunjerli) nasos rotor (2), doiraviy yo'naltirgichli (4) stator (1) va porshencha (plunjercha) lar (3) dan iborat (2.3-rasm): Rotor qo'zg'almas o'q (5) atrofida aylanadi. Porshenchalar ilgarilanma-qaytma harakat qilib, o'z tsilindrlaridan chiqib purjina yordamida yo'naltiruvchi (4) ga tomon qattiq itariladi. Rasmdagi shtrixlangan qism teshik (6) dan suyuqlik bilan to'ldiriladi, tsilindrning ish hajmi qisqargan paytda teshikdan suyuqlik haydab chiqariladi. Bu nasosning ikkinchi turi ekstsentrik-plunjerli nasos bo'lib, ularda aylanayotgan ekstsentrikning yuzasiga porshenchalarning shtoki tashqaridan tegib o'tadi.

Bu nasosda plunjer ilgarilanma - qaytma harakatni ekstsentrikdan oladi.

Nasosning nazariy sarfi quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$Q_n = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \dot{\alpha} Z n}{2} \quad [m^3/sek]. \quad (2.6)$$

Bu erda:  $D$  - tsilindr ko'ngdalang kesimining yuzasi,  $[m^2]$ ;  $Z$  - tsilindrlar soni,  $[dona]$ ;  $n$  - tsilindr blokining vaqt birligi ichida aylanish soni,  $e$  - ekstsentritit, ya'ni tsilindr bloki va stator markazi orasidagi masofa.



2.3-rasm. Radial rotorli porshenli nasos.

Nasosning sarf tenglamasidan ko'rinadiki, agarda  $e = 0$  bo'lsa, ya'ni rotor hamda statorlarning markazlari bir-birining ustiga tushsa, nasos sarfining qiymati 0 ga teng bo'lar ekan. Bundan ko'rinadiki, ekstsentrotititning, ya'ni  $e$  - ning qiymatini o'zgartirish natijasida nasosning ma'lum bir aylanish tezligidagi beradigan sarfini o'zgartirish imkoniga ega bo'lamiz. Buning uchun bu turdagi nasoslarga maxsus qurilma ko'zda tutilgan. Bu turdagi nasoslarning krivoship-shatunli mexanizmli nasoslardan afzalligi, bir qobiq (stator) ichida bir necha tsilindrlarni o'rnatish imkoniyati mavjud. Bu o'z navbatida nasosning o'lchamlarini kichiklashtirib sarfini ko'paytirish imkonini hosil qiladi. Undan tashqari nasos sarfini o'zgartirish imkoniga ham paydo bo'ladi.

Bu turdagi nasoslar gidrodvigatel ko'rinishida ham ishlashi mumkin. Buning uchun nasosning so'rish yoki haydash quvuri orqali boshqa nasos tomonidan bosim orqali suyuqlik berilsa, shu suyuqlik bosimining porshenlar yuzasiga ta'siri natijasida porshenni tsilindr ichidagi harakat qilishga majbur etadi. Bu o'z navbatida rotorni aylanma harakat qildiradi, ya'ni nasos gidrodvigatel ko'rinishida ishlay boshlaydi. Uning aylanishlar soni quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$n = \frac{Q_{kab}}{q_{ish}} \left[ \frac{\dot{a}yl}{min} \right] \quad (2.7)$$

Bu erda:  $Q_{qab}$  - boshqa nasos tomonidan beriladigan, ya'ni gidrodvigatel qabul qiladigan suyuqlik sarfi [ $m^3/min$ ];  $q_{ish}$  - gidrodvigatelning ish hajmi, [ $m^3$ ].

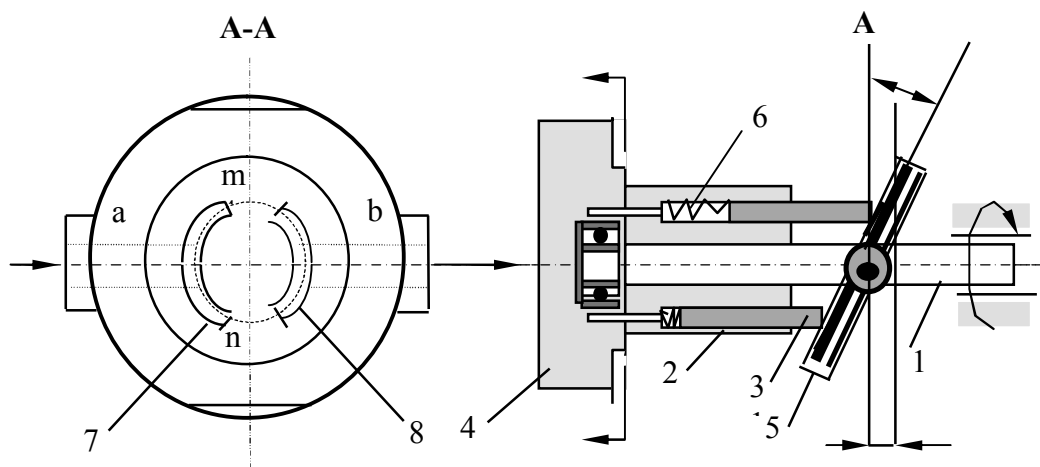
## 2.2.2. AKSIAL-ROTORLI PORSHENLI (PLUNJERLI) NASOSLARNING VA GIDRODVIGATELLARNING ISHLASH PRINTSIPI

Aksial-rotorli porshenli (plunjerli) nasoslarda tsilindrlar aylanish o'qiga paralel joylashgan bo'ladi. (2.4-rasm).

Nasosda rotor vazifasini tsilindrlardan iborat blok (4) o'taydi va o'q (1) yordamida aylantiriladi. Taqsimlash diski (5) va yotiq disk (2) nasos ishlagan paytida qimirlamasdan turadi. Porshenlar (3) yotiq diskga tegib turadi. Porshenlar yuqorida prujina (6) bilan oldinga itariladi, pastda esa yotiq disk (2) ning ta'sirida orqaga qaytadi. Suyuqlik tsilindrlarda kanal (a) dan taqsimlanadi va kanal (b) dan haydaladi. Porshenlarning (n) holatidan (m) holatga o'tishi so'rishning (m) holatidan (n) ga o'tishi haydashni bildiradi. Porshenning yo'li disk (2) ning gorizontil bilan hosil qilgan burchagi  $\gamma$  bilan aniqlanadi. Odatda, tsilindrlar bloki aylanadi, taqsimlash qurilmasi esa qo'zg'almasdir. Blok (4) aylanayotganda, yotiq disk (2) va o'q 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 chiqarish tsilindrlar bloki chetidagi teshiklar orqali bajariladi. Teshiklar taqsimlagich (5) da joylashgan o'roqsimon taqsimlash tuynukchalari (7, 8) bilan ketma-ket ulanadi. Porshenlar chekka nuqtalariga etganda tsilindr teshiklari (7, 8) tuynukchalar orasiga to'g'ri kelib, so'rish va haydash yo'llarini bir-biridan ajratib qo'yadi.

Nasosni hisoblashni soddalashtirish maqsadida quyidagi shartlarni qabul qilamiz: shatunlar va porshenlarning o'qlari bir-biriga to'g'ri keladi va shatunlar bir-biriga

nisbatan parallel harakat qiladi. Ularning tashqi sharnirlari markazlari blok o'qi atrofida aylana chizadi.



2.4-rasm. Aksial-rotorli porshenli (plunjerli) nasosning sxematik ko'rinishi

Yuqorida qabul qilgan shartlar asosida nasosning nazariy unumdorligini quyidagicha yozish mumkin:

$$q = \pi \cdot d^2 z h \quad q = \pi \cdot d^2 \quad (2.8)$$

Agar  $h = D \sin \gamma$  teng bo'lsa, nasosning vaqt birligi ichidagi nazariy sarfi  $Q_n$  quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$Q_n = \frac{\pi \cdot d^2 z \cdot n \cdot D \sin \gamma}{4}, \quad \left[ \frac{sm^3}{sek} \right] \quad (2.9)$$

Bu erda:  $d$  - tsilindrning diametri,  $[cm]$ ;  $z$  - tsilindrlar soni;  $n$  - o'qning vaqt birligi ichidagi aylanish soni,  $[ayl./min]$ ;  $D$  - qiyshiq diskdagi porshenlar harakati traektoriyasining diametri,  $[cm]$ ;  $\sin \gamma$  - qiyshiq diskning o'qqa nisbatan burchagi.

Bu turdagi nasoslar ham gidrodvigatel ko'rinishida ishlash imkoniga egadir. Buning uchun uning so'rish yoki haydash quvuri orqali bosim ostidagi suyuqlik berilsa, bu suyuqlikning porshenlar yuziga ta'siri natijasida hosil bo'lgan kuch asosida porshen tsilindr ichida ilgarilanma-qaytma harakat qiladi. Bu esa o'z navbatida tsilindr blokini, ya'ni gidrodvigatel o'qini aylanma harakatga olib keladi. O'qning aylanishlar soni quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$n = \frac{Q_{kab}}{q_{ish}} \left[ \frac{ayl}{min} \right] \quad (2.10)$$

O'qda hosil bo'luvchi moment kuchi quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\dot{I} = F \cdot r \cdot \sin \gamma. \quad [H \cdot m] \quad (2.11)$$



Bu erda:  $F = \frac{p \cdot d^2 P}{4} \cdot [H]$   $r$  - elkaning radiusi.

Bu turdagi nasoslarning beradigan sarfini yoki gidrodvigatellarning o'qining aylanish sonini o'zgartirish uchun qiyshiq diskning o'qqa nisbatan burchagini o'zgartirish natijasida hosil qilinadi. Bu o'z navbatida porshening tsilindr ichidagi yurish yo'lini o'zgartiradi. Ya'ni, sarf yo ko'payadi, yo kamayadi (nasoslarda) yoki gidrodvigatelning ish hajmi ( $q_{ish}$ ) ni o'zgartirishga olib keladi. Bu esa uning o'qining aylanishlar sonini o'zgartiradi.

Umuman olganda, radial-rotorli va aksial-rotorli porshenli (plunjerli) nasoslar katta bosim hosil qilganliklari uchun gidrotizmlarda asosiy gidravlik energiya manbasi shaklida keng qo'llaniladi. Gidrodvigatellar to'g'risida ham shunday xulosaga kelishimiz mumkin, chunki bu turdagi gidrodvigatellarning 1 kg og'irligiga 8 ot kuchi to'g'ri keladi. Bu juda katta ko'rsatkich bo'lib, boshqa turdagi dvigatellarning ko'rsatkichlari bunga nisbatan juda ham pastdir. Bu turdagi nasoslar va gidrodvigatellarning umumiy FIK ham nihoyatda yuqoridir (0.9:-0.95) gacha borishi mumkin.

### Porshenli nasoslarga masalalar

**1-masala.** Porshenli nasos yordamida suv  $h=0,5$  m, chuqurlikdan ko'tarilmoqda. Agar quvur diametri  $d=100$  mm, 1-1 kesimdagi bosim  $R_m=40$  kPa, suv tezligi  $g_1=1,12$  m/s bo'lsa, hadash quvur diametrini –  $d_2$  aniqlang.

**Echimi:** 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz. Taqqoslash tekisligini quvur o'qi bo'ylab o'tkazamiz.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{P_{Ag}}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = \frac{D_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g};$$

2-2 kesimdagi tezlik damini aniqlaymiz:

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{P_{AT} - P_2}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g},$$

$$\frac{P_{Ag} - D}{\gamma} - 2-2 \text{ kesimdagi vakuum miqdori, } D_2 + \gamma h = P_{Ag}; h = \frac{P_{Ag} - P_2}{\gamma} = 0,55 \text{ m}$$

$$1-1 \text{ kesimdagi tezlik napori, } \frac{g_1^2}{2g} = \frac{1,12^2}{19,62} = 0,064 \text{ m.}$$

Bernulli tenglamasiga qo'yib,  $V_2$  – ni aniqlaymiz:

$$\frac{g_2^2}{2g} = 0,4 + 0,55 + 0,0644 = 1,014 \text{ m,}$$

$$g_2 = \sqrt{19,62 \cdot 1,014} = 4,46 \text{ m/s.}$$

u holda  $d_2$ - quyidagicha aniqlanadi:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi g_2}} = 0,05 \text{ m.}$$

**2-masala.** Rezervuarga neftni porshenli nasos yordamida uzatiladi. Nasosning chiqish qismiga o'rnatilgan manometr ko'rsatishi  $R_1=0,2$  mPa, nasosdan rezervuardagi suyuqlik sathigacha bo'lgan balandligi  $N=2,0$  m, rezervuarga o'rnatilgan manometr ko'rsatishi  $R_2=0,1$  mPa, quvur diametri  $d=50$  mm va quvurning qarshilik koeffitsienti  $\xi=0,5$  bo'lsa, nasos uzatayotgan sarf miqdorini aniqlang.

**3-masala.** Porshenli nasos yordamida  $N=2$  m chuqurlikdan suv ko'tariladi. Agar porshen  $g=0,5$  m/s tezlikda harakat qilsa, porshen hosil qilgan bosimni aniqlang.

**4-masala.** Nasosning so'rovchi quvurida yo'qolgan damni (napor)ni aniqlang. Nasos kamerasi hosil bo'lgan vakuumetrik bosim  $R_U=0,4$  at, quvur uzunligi  $l=3,0$  m, gidravlik ishqalanish koeffitsienti  $\lambda=0,03$  va nasos sarfi  $Q=10$  l/s va diametri  $d=150$  mm bo'lsin.

**5-masala.** Porshenli nasosning so'rish quvurining diametri  $d=60$  mm bo'lgan neft quvuriga p'ezometr  $h=60$  sm va Pito naychasi  $N=70$  sm o'rnatilgan. Quvurdan o'tayotgan neft sarfi va p'ezometr ulangan kesimdagi bosimni aniqlang.

### 2.2.3. PORSHENLI NASOSLAR KLASSIFIKATSIYASI

Porshenli nasoslar dvigatelni mexanik energiyasi hisobiga ishlaydi va suyuqlikka mexanik energiya berib, uni yuqoriga uzatadi. Nasoslar quvurlar sistemasiga qo'shimcha energiya berishi bilan birga o'zida va sistemada quvur uzunligi bo'ylab qarshilik kuchlaridagi oqim kesimini o'zgartirishida va harakat yo'nalishini o'zgarishida hamda statik balandlikni yonishi uchun ya'ni suyuqlikni kerakli balandlikka uzatishdagi energiya kuchi va shu balandlikni o'tishdagi qarshiliklarni engishda qo'shimcha energiya hosil qiladi.

#### Porshenli nasoslar quyidagi tartibda klassifikatsiyalanadi.

##### **1. Harakat keltiruvchi ta'sir uslubiga qarab:**

A) Nasosdan tashqarida joylashgan qo'rg'oshin-shatun mexanizmi dvigatel orqali porshenni shu mexanizm orqali ishga tushurish;

B) Nasos bilan bir umumiy agregatga ega bo'lgan ilgari tanima va qaytarma harakat qilib, porshenni yuqoriga yurgizuvchi shtok orqali ishga tushurish;

V) Qo'l kuchi bilan ishga tushurish.

##### **2. Suyuqlikni siqib chiqaruvchi a'zosining jinsiga qarab:**

A) Disk shaklidagi porshen bo'lgan porshenli;

B) Plunjerli porshen uzun tsilindr shaklidagi;

V) Diafragmali haydalayotgan yoki tortilayotgan suyuqlik plunjer yoki porshendan diafragma orqali ajratilgan, tsilindir esa ishchi suyuqlik-yog' yoki emulsia bilan to'latilgan (1.3-rasm);

G) Bu nasoslar ishida qattiq zarrachalar bo'lgan suyuqlikni so'rishga moslangan.

**3. Ta'sir usuliga qarab:**

- A) Birtomonlama ta'sirli (1.2-rasm);
- B) Ikkiyoqlama ta'sirli (1.3-rasm);
- V) Differentsialli (1.1-rasm).

**4. TSlindirning joylashuviga qarab:**

- A) Gorizontalli; B) Vertikalli.

**5. TSlindir soniga qarab:**

- A) Bir tsilindrli;
- B) ikki tsilindrli;
- V). uch tsilindrli;
- G). ko'p tsilindrli.

**6. Tortib olinuvchi suyuqlik jinsiga qarab:**

- A). Oddiy (sovuq suvni so'ruvchi);
- B). Issiqli (issiq suyuqlik uchun);
- V). Kislotali;
- G). Bug'lovchi (loyqa aralashmani so'ruvchi) va boshqalar.

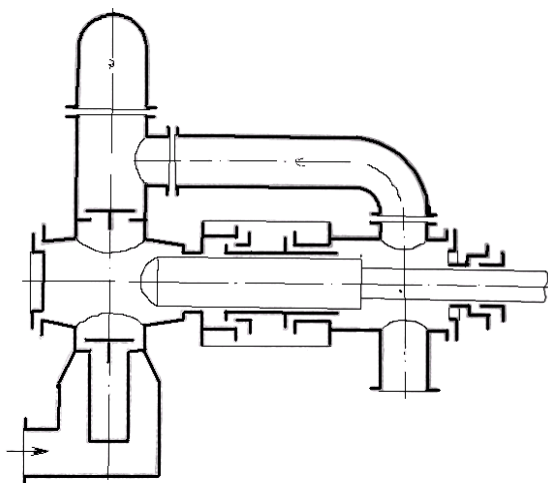
**7. Ishchi a'zoli tezlashishiga qarab:**

- A). Sekin yuruvchi porshening (plunjer) ikki yoqlik sonni minutiga 40-80;
- B). O'rtacha tezlashuvchi valni aylanish tezligi 80-50 ayl/min.
- V). Tezligi katta bo'lgan, porshening ikki yoqli soni minutiga 150-350.

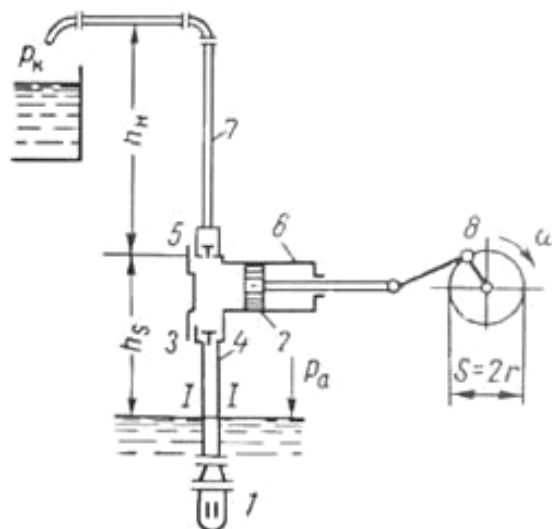
Bulardan tashqari nasoslar suyuqlik uzatilish miqdoriga qarab, kichik (porshen diametri  $D \leq 50 \text{ mm}$ ), o'rtacha ( $D = 50 \div 150 \text{ mm}$ ) va katta ( $D > 150 \text{ mm}$ ) turlarga bo'linadi.

Bosim o'zgarishiga qarab, nasoslar kichik, o'rta va yuqori bosimli nasoslarga bo'linadi.

**Porshenli nasoslarning qurilmasi va ta'sir printsiplari**



2.5-rasm. Differentsialli nasos



2.6-rasm. Bir yoqlamali porshen nasosining sxemasi

2.5 va 2.6-rasmlarda gorizontallik porshenli bir yoqlamali ta'sirga ega bo'lgan nasosning sxemasi berilgan. U tsilindr (6), porshen ikki tsilindr ichida zich joylashgan

holda ilgarilanma-qaytarma harakat qiladi. Ular boshqaruvchi klapanlar so'ruvchi (3) va haydovchi (5) lar bilan ta'minlangan. Nasosning pastki korpusiga so'ruvchi quvur (4) va qabul qiluvchi to'r (setka, panjara) (1) mahkamlangan. To'r esa ayrim predmetlar va nasos harakatiga to'sqinlik qiluvchi nasoslarni ulab qo'yishga mo'ljalangan.

Kravaship  $80^\circ$  dan  $180^\circ$  oralig'ida o'zgarishi bilan porshen (2) o'zining harakati davomida tsilindr hajmi kattalashadi va siyraklashgan faza hosil bo'ladi. So'ruvchi klapan (3) ochiladi va suyuqlik so'ruvchi quvur (4) ga atmosfera bosimi ostida tsilindr hajmini to'latadi. Porshen teskari harakat qilishi natijasida qo'rg'oshin  $180^\circ$  dna  $360^\circ$  gacha o'zgarib so'ruvchi klapani yopadi va haydovchi klapanini ochadi. Haydovchi klapan (5) ochilishi natijasida (7) quvurga tsilindr ichidagi suyuqlikni haydaydi.

Porshen nasosida etaklovchi valning birgina aylanishida so'rish boshlanadi. Unda pastki havzadan nasos tsilindriga suyuqlik ko'tariladi, tsilindr ichida suyuqlik siqilib haydash quvuriga uzatilishida barcha qarshiliklarni engish jarayoni sarf qiluvchi energiyani hosil qiladi.

### ***Porshen nasosining yuqtuqlari va kamchiliklari***

Porshen nasoslari klapan konstruksiyasiga qarab faqat toza suyuqlikni so'rishga asoslangan. Turli ifloslanishlar turli nasos klapanlarini tez ishdan chiqaradi. Ilgarilanma qaytarma harakat natijasida inerttsiya kuchi katta qiymatga ega bo'lganligi uchun porshen tezligi chegaralangan bo'lib uning qiymati 0.5-1ms ni tashkil qiladi. Porshen nasoslar suyuqlikni uzib-uzib haydaydi. Markazdan qochmi nasosga qaraganda kurinishi katta bo'lib, uning konstruksiyasini murakkab holga olib keladi. Ammo porshen nasoslar yuqori bosimli naporni hosil qiladi. Porshen nasosining FIK markazdan qochma nasosga nisbatan ancha yuqori.

## **2.3. PORSHENLI NASOSLAR ISH UNIMDORLIGI VA ULARDAN FOYDALANISH**

Porshenli nasos qurilmasining eng sodda sxemasi 2.6 – rasmda keltirilgan. Bu nasoslarda suyuqlikning so'rishi va haydalishi porshenning tsilindrda ilgarilanma – qaytma harakat qilishiga asoslangan. Bunda porshen 3 (2.6 – rasm) tarkibida shtok 2 bo'lgan krivoship – shatunli mexanizmi 1 yordamida harakatga keladi. Porshen tsilindr 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 bo'lgan bosim orasidagi farq so'rish klapani 4 ni ochadi va suyuqlik so'rish quvuri 6 orqali ish bo'shlig'iga 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 hajmi nasoslarga, qolganlari esa dinamik nasoslarga kiradi.

So'rilish jarayoni porshen o'zining eng chekka so'rilish chegarasiga etguncha davom etadi. Bunda so'rilish trubasidagi siyraklanishni so'rish klapani oldiga joylashtirilgan vakuummetr yordamida o'lchash mumkin. Ta'minlovchi idishdagi suyuqlik sathidan nasos tsilindrining eng yuqori sathigacha bo'lgan balandlikka so'rish 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 etganida haydash klapani ochilib, suyuqlik haydash trubasi 9ga o'ta boshlaydi. Suyuqlikni haydash porshenining eng chekka haydash chegarasiga etguncha davom etadi.

Nasosni ishga tushirganimizda, u avval so'rish trubasidagi havoni tortadi va suyuqlik hosil bo'lgan bosimlar farqi ta'sirida so'rish trubasiga ko'tariladi. Nasos bir oz vaqt ishlagandan so'ng so'rish trubasi va tsilindrdagi havo haydash chiqarilib, suyuqlik tsilindrni to'ldiradi. Shundan keyin nasos moslangan tartibda ishlay boshlaydi. Natijada ta'minlovchi idishdagi suyuqlik qabul qiluvchi idishga o'tadi. TSilindrdagi yuqori sath bilan suyuqlik ko'tarilgan eng yuqori sathning farqiga haydash balandligi  $N_x$  deyiladi.

So'rish balandligi bilan haydash balandligining yig'indisi  $N_s + N_x$  nasosning tortish balandligi yoki to'liq statik bosimni beradi. Porshenli nasoslarning turli loyihalari bilan ko'rilgan turlari ishlab chiqarishning ko'p sohalarida qo'llaniladi.

Yuqorida aytganimizdek, porshenli nasoslar yuqori bosim kerak bo'lganda ishlatiladi. Amalda ko'p hollarda porshenli nasoslardan markazdan qochma nasoslar o'rnida foydalaniladi. Hajmiy gidrouzatlarni tarkibida ishlayotgan nasoslar asosan porshenli nasoslar turiga kiradi. Bu aytilganlardan tashqari, porshenli nasoslarning yana bir ustunligi ularning foydali ish koeffitsientining yuqoriligidir. Porshenli nasoslarning markazdan qochma nasoslardan yana bir farqi shundaki, uning so'rishini haydash trubasiga o'rnatilgan zadviyka yordamida o'zgartirib bo'lmaydi. Lekin haydash trubasining kesimi kichrayib borishi bilan suyuqlik tezligi va zadviyka oldidagi bosim orta boradi. Agar zadviyka butunlay bekitib qo'yilsa, bosim juda kattalashib ketishi natijasida yo nasos buziladi yoki truba yoriladi, yoxud zo'riqishning 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 qochma nasoslarga taqqoslangandagi asosiy kamchiligi ularning qo'polligi, qimmat turishi, ishlatish murakkabligidir. Bu nasoslarni markazdan qochma nasoslarga nisbatan ko'proq kuzatib turish talab qilinadi, chunki porshenli nasoslarning klapanlari tez-tez ifloslanib turadi. Ifloslanish nasosning boshqa qismlarida ham sodir bo'ladi.

### 2.3.1. NASOSNING BOSIMI, UNUMDORLIGI (SO'RISH MIQDORI)

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'rsatishidan (nasos ishlab turganda);

2) nasos qurilmasi qismlarida suyuqlikka berilgan solishtirma energiyalar yig'indisidan.

Birinchi usulda bosim quyidagicha hisoblanadi. Avval nasosga kirishdagi energiya hisoblanadi:

$$e_1 = H_s + \frac{P_s}{\gamma} + \frac{g_s^2}{2g} \quad (2.12)$$

Bu erda,  $N_s$ ,  $r_s$ ,  $g_s$  — tegishli so'rish balandligi, bosimi va tezligi. So'ngra nasosdan chiqishdagi energiya hisoblanadi:

$$e_2 = H_s + H_0 + \frac{P_x}{\gamma} + \frac{g_x^2}{2g} \quad (2.13)$$

Bu erda,  $N_0$  - kirishdagi vakuummetr bilan chiqishdagi manometrlarda qaror topgan sathlar farqi;  $R_x$ ,  $g_x$  - 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:

$$\dot{I} = \dot{a}_2 - \dot{a}_1 = \left( \dot{I}_s + \dot{I}_i + \frac{P_{\dot{o}}}{\gamma} + \frac{g_{\dot{o}}^2}{2g} \right) - \left( \dot{I}_s + \frac{\dot{\delta}_s}{\gamma} + \frac{g_s^2}{2g} \right) = \dot{I}_i + \frac{\dot{\delta}_{\dot{o}} - \dot{\delta}_s}{\gamma} + \frac{g_{\dot{o}}^2 - g_s^2}{2g} \quad (2.14)$$

So'rish bosimini vakuummetrning ko'rsatishi bo'yicha topish mumkin:

$$R_s - R_a - R_{vak} \quad (2.15)$$

Haydash bosimi esa manometrning ko'rsatishidan aniqlanadi:

$$\dot{\delta}_{\dot{o}} = \dot{\delta}_a + \dot{\delta}_{man} \quad (2.16)$$

Bu munosabatlardan foydalanib, vakuummetrik hamda manometrik bosimlarni tegishli bosim miqdorlari orqali ifodalab:

$$\dot{I}_{vak} = \frac{\dot{\delta}_{vak}}{\gamma} \quad \dot{I}_{man} = \frac{\dot{\delta}_{man}}{\gamma} \quad (2.17)$$

nasosning bosimi uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$\dot{I} = \dot{I}_{man} + \dot{I}_{vak} + \dot{I}_i + \frac{g_{\dot{o}}^2 - g_s^2}{2g} \quad (2.18)$$

Ko'pincha, tezlik bosimlarining ayirmasi kichik miqdor bo'lgani uchun ular hisobga olinmaydi.

Ikkinchi usul bilan bosimni hisoblash uchun avval ta'minlovchi idishdagi suyuqlik sathiga tegishli kesim (1 - 1) va nasosga kirishdagi kesim (2 - 2) uchun Bernulli tenglamasi yoziladi:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_s}{\gamma} + \frac{g_s^2}{2g} + h_s \quad (2.19)$$

So'ngra nasosdan chiqishdagi (3 — 3) kesim va suyuqlikning eng yuqori ko'tarilgan sathidagi (4 — 4) kesim uchun Bernulli tenglamasi yoziladi:

$$Z_3 + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{g_x^2}{2g} = Z_4 + \frac{p_4}{\gamma} + \frac{g_4^2}{2g} + h_x \quad (2.20)$$

Bu tengliklarda  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  - tegishli kesimlarning geometrik balandligi:  $h_s; h_x$  - so'rish va haydash trubalaridagi gidravlik qarshiliklar.

Eng yuqoridagi (4 - 4) kesim qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik sathida deb olinsa, idishlarning kesimi quvurlar kesimidan katta bo'lgani uchun  $g_1$  va  $g_2$  larni  $g_x$  va  $g_x$  larga nisbatan kichik miqdor deb olib, ularni hisobga olmaymiz. Oxirgi ikki tenglamaga  $Z_2 - Z_1 = H_1; Z_4 - Z_3 = H_2$  belgilashlarni kiritib, so'rish va haydash bosimlarini topamiz:

$$\frac{P_s}{\gamma} = \frac{P_1}{\gamma} - H_1 - \frac{g_s^2}{2g} - h_s \quad (2.21)$$

Olingan miqdorlarni (4.1) tenglamaga qo'yib, ushbu tenglikni

$$H = \frac{p_4 - p_1}{\gamma} + H_0 + H_2 + H_1 + h_c + h_x \text{ quyidagicha yozish mumkin.}$$

Nasos qurilmasidan (4.2-rasmlar) ko'rinadiki,  $H_0 + H_2 = H_x; H_1 = H$  va

$$H_{ct} = H_x + H_c = H_0 + H_2 + H_1 \text{ ga teng.}$$

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 ega bo'ladi:

$$H = H_{st} + h_s + h_x \quad (2.22)$$

Bu tenglikdan ko'rinadiki, ochiq idishlarda nasosning bosimi (4.3) suyuqlikni ko'tarish hamda so'rish va haydash trubalaridagi qarshilikni engishga 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 porshenli na  $Q = F \cdot L \frac{n}{60}$  sosning sarfi quyidagiga teng:

$$N = \frac{GHt}{t}, Q = F \cdot L \frac{n}{60} \quad (2.23)$$

Bu erda,  $F$  - porshen ko'ndalang kesimining yuzasi;  $L$  - porshenning yurishi (yo'li);  $n$  - porshenning bir minutda borib-kelish soni (yoki krivoship -shatunli mexanizmning aylanishlar soni).

Ko'p amaliy porshenli nasosning sarfi:

$$Q = F \cdot L \frac{n}{60} \cdot i \quad (2.24)$$

Bu erda,  $i$  - nasos tsilindrlarining soni.

Ikki amaliy bir porshenli nasosning sarfi:

$$Q = (2F - f)L \frac{n}{60} \quad (2.25)$$

Bu erda,  $f$  - shtok ko'ndalang kesimining yuzi.

### 2.3.2. SO'RISH BALANDLIGI

Porshening qaytma harakati vaqtida so'rish kamerasida 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 oqib kirishiga sabab bo'ladi. Nasos suv sathiga nisbatan yuqorirok joylashgan bo'lsa, u holda so'rish trubasidagi absolyut bosim suyuqlikning to'yingan 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 (yuqorida kavitatsiya hodisasi deb atalgan). Kavitatsiyaning asosiy zararlaridan biri uning kuchayib ketishi natijasida nasosning moslashgan ish tartibining buzilishidir. Ikkinchi zarari kavitatsiya kuchaygan joylarda metall emiriladi. Shuning uchun ham so'rish trubasidan nasosga kirishda havo qalpog'i o'rnatiladi.

Ba'zan havo qalpog'i gidravlik zarbni susaytirish bilan birga, so'rishni tekislash maqsadida haydash trubasining boshlanishiga ham o'rnatiladi. So'rish trubasida bosim aylanish sonining va so'rish balandligining ortishi natijasida kamayishi mumkin.

Aylanish sonining ortishi porshening 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 suv so'rishining to'xtashigacha olib kelishi mumkin.

Ana shu chegara qiymati chegara so'rish balandligi deyiladi. Chegara so'rish balandligini aniqlash uchun foydalanamiz. Ta'minlovchi idishdagi sathni birinchi kesim, nasosga kirishdagi sathni ikkinchi kesim deb, bu ikki kesimga Bernulli tenglamasini qo'llaymiz. Birinchi kesimda bosim  $p_1$ , tezlik  $g_1$  ikkinchi kesimda bosim  $p_s$  (so'rish bosimi) tezlik  $g_c$  (so'rish tezligi), kesimlar sathining farqi  $N_s$  (so'rish balandligi) deb hisoblab, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = \frac{p_s}{\gamma} + \frac{g_s^2}{2g} + H_s + h_{12} \quad (2.26)$$

Bun tenglamadan so'rish balandligini topamiz:

$$H_s = \frac{p_1}{\gamma} - \left( \frac{p_s}{\gamma} + \frac{g_s^2 - g_1^2}{2g} + h_{12} \right) \quad (2.27)$$

Albatta  $h_{12}$  gidravlika qismida ko'rilgandek, so'rish trubasidagi gidravlik yo'qotishlarning yig'indisidan iborat, ya'ni



$$h_s = h_{12} = \lambda \frac{l_s}{d_s} \frac{g_s^2}{2g} + \sum_{i=1}^n \xi \frac{g_s^2}{2g} \quad (2.28)$$

Bu erda birinchi had ishqalanish qarshiligi bo'lib, so'rish trubasining uzunligi  $l_s$  va diametri  $d_c$  ga bog'liq; ikkinchi had mahalliy qarshiliklar yig'indisidir.

Tenglamadan ko'rinadiki, so'rish balandligi ta'minlovchi idishdagi bosimning ortishi bilan ortib, so'rish bosimi esa so'rish tezligi va so'rish trubasidagi qarshilikning ortishi bilan kamayadi. Agar ta'minlovchi idishdagi bosim atmosfera bosimiga teng ( $p_t = p_a$ ), tezlik nolga teng ( $g - 0$ ) (ochiq idish), so'rish bosimi esa suyuqlikning bug' bosimiga teng bo'lsa, u holda (4.7) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$H_s \leq \frac{p_a}{\gamma} - \left( \frac{p_t}{\gamma} + \frac{g_s^2}{2g} + h_s \right) \quad (2.29)$$

Bunda tenglik belgisi  $N_s$  ning chegara so'rish balandligiga teng bo'lgan holatini ko'rsatadi. Chegara so'rish balandligi  $N_s$  so'rish tezligi  $g_c$ , so'rish trubasining qarshiligi  $h_s$  va to'yingan bug' bosimi  $p_t$  ni hisobga olmagan holda ham dengiz sathidan  $20^\circ S$  temperaturada, 10 m. dan oshmaydi. Amaliy tekshirishda chegara so'rish balandligi 6 ...8 m, so'rish tezligi esa  $g_s = 1 \dots 1,5$  m/s ga teng bo'ladi.

### 2.3.3. 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 beriladigan energiya darajasiga etguncha sarf bo'ladi. Bu sarfni nasosning quvvati va foydali ish koeffitsientini tekshirish davomida aniqlanadi.

Nasosning quvvati deb, uning vaqt birligida bajargan ishiga aytiladi. Quvvat kgm/s, (ot kuchi) o-k., kVt va boshqa birliklarda o'lchanadi. Nasosning biror  $t$  vaqtda ko'targan, ya'ni haydagan suyuqligi  $G$  kg, bosimi  $N$  bo'lsa, uning bajargan ishi quyidagicha teng bo'ladi:

$$A = G_c H \quad (2.30)$$

Yuqorida ta'kidlanganlarga asosan:

$$N = \frac{G_s H}{t} \quad (2.31)$$

lekin

$$G_s = \gamma \cdot Q \quad (2.32)$$

Sho'nga asosan quvvat quyidagicha topiladi:

$$N_f = \gamma \cdot Q \cdot H \left[ \frac{kg \cdot m}{s} \right] \quad (2.33)$$

Quvvatni kVt -larda ifodalasak:

$$N_{\Phi} = \frac{\gamma \cdot QH}{\eta \cdot 102}, \quad (2.34)$$

o.k. da ifodalasak:

$$N_{\Phi} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta \cdot 75}. \quad (2.35)$$

Olingan quvvat formulalari nasosning suyuqlikka bergan energiyasini ifodalovchi foydali quvvatni ifodalaydi. Amalda esa dvigatelning valni aylantirishga sarflagan 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:

$$\eta = \frac{N_{\Phi}}{N}. \quad (2.36)$$

Buni nazarga olganda, suyuqlikni so'rish uchun sarf bo'lgan umumiy quvvat dvigatel sarflagan quvvatga teng ekanligini bilamiz. O'lchov birliklarini inobatga olib, umumiy quvvat quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\left. \begin{aligned} N &= \frac{\gamma Q \cdot H}{\eta} \\ N &= \frac{\gamma Q \cdot H}{75\eta} \\ N &= \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102\eta} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{sek}} \right] \\ \left[ \text{o.k} \right] \\ \left[ \text{kVt} \right] \end{array} \quad (2.37)$$

Yuqoridagilarga asosan aytish mumkinki, FIK -  $\eta$ , suyuqlikni ko'tarishdagi barcha energiya yo'qotishlarini ifodalovchi miqdordir. Bu yo'qotishlar asosan uch turga bo'linadi, ya'ni gidravlik, mexanik va hajmiy.

1. Gidravlik yo'qotishlar — nasosdagi gidravlik qarshiliklar, ya'ni nasosga kirish va chiqishda, uyurmalar hosil bo'lishida va hakozalarda gidravlik ishqalanishni engishga sarflanadigan energiyadir. Bu yo'qotishlar gidravlik FIK orqali hisobga olinadi:

2. Mexanik yo'qotishlar — nasosning podshipniklaridagi ishqalanishga, krivoship-shatunli mexanizmlar ishqalanishlariga va o'z ehtiyojlariga sarflangan quvvat yo'qotishlari bo'lib, mexanik FIK bilan hisobga olinadi:

$$\eta = \frac{N_i}{N_b}, \quad (2.38)$$

$$\eta_x = \frac{Q}{Q + \Delta Q}, \quad (2.39)$$

Bu erda,  $\Delta Q$  — 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 yuqorida keltirilgan uchta FIK ning ko'paytmasidan iborat:

$$\eta = \eta_r \cdot \eta_m \cdot \eta_x \quad (2.409)$$

Hajmiy FIK  $\eta_x$  quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta_x = \frac{Q}{Q + \Delta Q} \quad (2.41)$$

Bu erda,  $\Delta Q$  — nasosdagi suyuqlikning hajmiy yo'qotishlari. Hajmiy FIK nasosning germetiklik darajasini va ishlash sharoitini harakterlaydi.

Shunday qilib, nasosning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan to'liq FIK yuqoridagi uchta FIK ning ko'paytmasidan iborat:

$$\eta = \eta_r \cdot \eta_m \cdot \eta_x \quad (2.42)$$

Porshenli nasoslarda FIK  $\eta = 0,7 \dots 0,9$  ga, markazdan qochma nasoslarda esa  $0,6 \dots 0,8$  ga teng. Nasos dvigateliga kerakli quvvat  $N_{DV}$  ushbu formula bilan aniqlanadi:

$$N_{div} = \frac{N_b}{\eta_{uzat}} \cdot a \quad (2.43)$$

Bu erda,  $\eta_{uzat}$  - uzatish FIK;  $a$  – dvigatelning tasodifiy o'ta zo'riqishiga qarshi zapas koeffitsienti bo'lib, dvigatel quvvatiga mos ravishda  $1,1; 1,1 \dots 1,5$  ga teng.

#### 2.3.4. PORSHENLI NASOSLARNI TUZILISHI BILAN TANISHISH

Porshenli nasoslar qo'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'kning joylanishiga qarab, gorizontal va vertikal o'qli nasoslar;

v) tortadigan suyuqligiga qarab, suv, issiq va agressiv suyuqliklar, loyiqa va hokazolar 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 hatto porsheni hamda klapanlarning joylashtirilishiga qarab klassifikatsiyalanadi. Bir tomonlama ishlaydigan krivoship-shatun mexanizmli nasos keltirilgan. Bunda plunjer - vertikal yoki gorizontal joylashgan bo'lishi mumkin. Agar plunjerning o'rniga porshen ishlatilsa, porshen yo'li uzunligi bilan barobar, ichi va sirti silliq pardozlangan-gilzalangan tsilindr kerak bo'ladi.

Vertikal joylashgan tsilindr va porshen ishlatilgan hollarda haydash klapanini porshenga o'rnatib, o'tuvchi porshenli nasos ko'rinishida qulayroqdir.

Ikki tomonlama ishlaydigan nasoslarda so'rish va haydash porshen (plunjer)ning ikki tomonida ham amalga oshiriladi; Natijada nasosning so'rihi ikki baravar ortadi va to'liq aylanish davrida tekisroq ishlaydi. Ikki tomonlama ishlaydigan porshenli va plunjerli nasoslarning sxemasi keltirilgan. Uch, to'rt va ko'p 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.

Differentsial nasoslar yuqorida aytilgan nasoslardan 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 haydash 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 suyuqlik okadi, qolgan qismi yordamchi kameraga so'riladi. Shunday qilib, haydash trubasiga (iste'molchiga) suyuqlik bir tekis etkazib berilishi ta'minlanadi.

Differentsial nasoslar ikki tomonlama ishlaydigan nasosdek ishlasa ham, ulardan to'rt klapan o'rniga faqat ikki klapanidan foydalanishi bilan farqlanadi. Shu bilan birga differentsial nasosning hajmi bir tomonlama ishlaydigan nasos hajmidan uncha katta bulmaydi.

Ba'zan so'rish trubasida suyuqlik bilan bir tekis ta'minlash zarur bo'lganda, yuqorida aytilgan usulni so'rish trubasi tomoniga qo'llash mumkin.

Nasoslarning ishlash sharoitiga qarab turli klapanlar tanlab olinadi. Klapanlarning ishlashida ularning o'z vaqtida ochilib yopilishi muhim 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 mustaqil klapanlar deyiladi. Biror mexanizm ishtirokida ochilib - yopiladigan klapanlar nomustaqil klapanlardir.

Klapan qurilmasining harakteriga qarab ular ko'tarma, tashlama va zolotniksimon klapanlarga bo'linadi. Ko'tarma va tashlama klapanlar mustaqil va nomustaqil emas bo'lishi mumkin, zolotniksimon klapanlar esa faqat nomustaqil 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 h.k.) lar kirib qolishi mumkin.

Klapanlar turlari, turli konstruktiv shakllarga ega bo'ladi: tarelkasimon, konussimon, sharsimon klapanlar. Sharsimon klapanlar toza bo'lmagan suyuqliklarni so'rishda qo'llaniladi. Boshqa tur hajmiy nasoslar: shersterniyali, kolovorotli, vintli, plunjerli, diafragmalik nasoslar.

Hajmiy rotorli nasoslar shesternali, vintli, plastinkali (shiberli) va aylanma porshenli turlarga bo'linadi. Ular o'zgaruvchan sarfli yoki boshqariladigan va o'zgarimas 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 tarmog'idagi qarshilikka mos bo'lishi kerak. Agar bosim tarmog'idagi zadviyka tasodifan yopiq bo'lib qolsa va nasos

muxofaza apparatlari 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 holida va o'zi harakatlanayotgan suyuqlik yordamida harakat olib, energiyasini boshqa mashinalarga, qurilmalarga uzatuvchi gidrodvigatellar holida ishlatilishi mumkin. Rotorli uzatuvchi gidrodvigatellar holida ishlatilishi mumkin. Rotorli nasoslarning hajmiy FIKi 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 shesternali, kolovorotli, vintli, plunjerli va diafragmali nasoslar kiradi.

1. Shesternali nasoslarning tuzilishi juda sodda. Oddiy shesternali nasoslarning asosiy ish detallari ikkita bir xil shesterna 1 bo'lib, ular o'zaro ishlashgan va korpus 2 ichiga joylashgan bo'ladi. Etaklovchi shesterna harakatni dvigateldan oladi. Nasosda ikkita qopqoq bo'lib, ularda etaklovchi va etaklanuvchi valiklar podshipnik va salniklar bilan ta'minlangan. Nasos korpusida ikkita teshik bo'lib, bittasi S – so'rish teshigi, shesterna tishchalari o'zaro ajralayotgan tomonda, ikkinchisi teskari, ya'ni tishchalar ishlayotgan tomonda bo'lib, haydash teshigi- x deyiladi. Nasosning ishlash printsipi quyidagicha: Etaklovchi val o'zida o'rnatilgan shesternasi bilan dvigatel yordamida harakatga keltiriladi, etaklanuvchi shesterna esa undan aylanma harakat oladi. Shesternalar aylanayotganda tishlar so'rish bo'shlig'ida (S) bir – biridan uzoqlashadi. Natijada tishlar orasidagi chuqurchada suyuqlikning katta tezlikda oqib ketishi sababli so'rish bo'shlig'ida siyraklanish vujudga keladi va so'rish teshigiga suyuqlik kela boshlaydi. Tishlar orasidagi chuqurchalardagi suyuqlik tishlar o'zaro ilashish paytida haydash bo'shlig'i (x) ga sikib chiqariladi, natijada haydash bo'shlig'ida bosim ortib, suyuqlik tarmoqqa uzatiladi. Shesternali 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. Shesternali nasoslar tashqi va ichki ilashuvchi qilib yasaladi. Tashqi ilashuvchi nasoslar ko'p ishlatiladi. Ichki ilashuvchi kompakt nasoslar kichik qurilmalarda ishlatiladi. Shesternali nasoslar hosil qilgan bosimga qarab past (10 kg/sm<sup>2</sup>gacha), o'rtacha (30 kg/sm<sup>2</sup>gacha) va yuqori (100 kg/sm<sup>2</sup>) 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, pardoqlash stanoklarida) ishlatiladi. Yuqori bosimli nasoslar stanokning ichki organiga katta kuch uzatish lozim bo'lgan gidrouzatmalarda qo'llaniladi. Shesternali nasos 2, 3, 4 va hatto 5 shesternali bo'lishi mumkin, ammo 3 dan yuqori shesternalar qo'llanilganda FIK kamayib ketadi. 3 shesternali nasos 2 shesternaliga nisbatan katta ish unumiga ega, lekin hajmiy FIK kichik. Keyingi vaqtlarda hajmiy FIK ni oshirish maqsadida gidravlik kompensatorli shesternali nasoslar ishlab chiqarila boshlaydi. Yon chetdagi tirqishlarni gidravlik kompensatsiyalash uchun vtulka kuchli ishqalanish va edirilish hosil

qilmaydigan qilib shesternaga mahkam 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 shesterna bilan nasos korpusi orasiga qo'yiladi. Nasos ishlayotganda devordagi tirqishlardan qistirma katakchalari moyga to'latiladi. Bosim ostida katakcha to'siqlari deformatsiyalanadi va tirqishlardagi moy shesterna yonlariga siqiladi. Xususiyl holda nasoslarning shesternasi ikki tishli qilib yasaladi. Bunday nasoslarga kolovorotli nasoslar deyiladi. Bir vintli nasoslarda tortish bir tekis bo'lgani uchun inertsiya ta'siri bulmaydi, natijada so'rish yaxshilanadi. Bu nasoslar ixcham, engil, sodda tuzilgandir. Bir vintli nasoslar ko'mir shaxtalaridan ifloslangan suvlarni tortib olishda, xavzalardan neftni so'rishda, quduqlardan suv tortishda va achitqilarni transportirovka qilishda ishlatiladi.

2. Vintli nasoslar. Vintli nasoslar suyuqlikni bir tekis tortishi bilan farq qiladi. Ular yuqori FIKiga 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 hajmiy 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 harakatlanadigan detallarning kamligi (1 ta vint), klapanlarning va murakkab o'tish joylarining yo'qligi bilan farqlanib, ular gidravlik qarshilikni kamaytiradi.

Bir vintli nasoslarning ishlash printsiipi quyidagicha: Ichki tomoni vint shaklida profillangan tsilindrda vint aylanadi. TSilindr o'ziga xos profilli bo'lgani va vint aylanishi sababli suyuqlikning cheksiz harakati vujudga keladi. TSilindrning ichki vintsimon 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. Biror vaqtda bo'shliq yopiladi va bu tsilindrning haydash tomoniga harakatlana boshlaydi: har bir bo'shliq ma'lum hajmdagi suyuqlikni olib chikadi. Vintning bir to'liq aylanishidagi suyuqlik tsilindr bo'yicha bir qadam uzunlikka siljiydi va o'zgarmas kesimdan to'kiladi. Yopiq 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 nasoslarda asosiy ish organi vintlar bo'lib, ular aylanma harakat qiladi. Ish vinti vazifasini faqat etaklovchi vint bajaradi. Etaklanuvchi vintlar uzatilayotgan suyuqlikning bosimi ta'sirida aylanadi, shuning uchun ekspluatatsiya davrida vintlar tez ishdan chikmaydi, eyilmaydi va ishonchli bo'ladi. Etaklanuvchi vintlar zichlagich rolini o'tab, uzatish kamerasidan so'rish kamerasiga suyuqlikning qaytib tushishiga to'sqinlik 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 hosil qiladi va suyuqlikni so'rish kamerasidan uzatish kamerasiga so'ruvchi porshen rolini bajaradi. Bo'lim yuzasi vintning har bir qadamida takrorlanadi, qadamlar soni ish uzunligida ko'paygan sari bo'shliqlar soni oshib boradi. Vint qadami chegarasidagi har bir bo'shliq ko'p pog'onali nasoslardagi ayrim pog'ona o'rnida bo'lib, vint uzunligi ko'payishi bilan yuqori hajmiy FIKli 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 printsiptal 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 ham deyishadi. Undagi vintlar uzunligi esa ish uzunligi deyiladi. Rubashka oxiriga so'rish va haydash kameralari kelib birlashgan. Etaklovchi 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 suyuqlik okib tushadigan ariqchalar yasaladi.

Nasosni buzilishlardan saqlash uchun saqlagich klapanlar o'rnatilgan. Uch vintli nasoslarning ishlash printsipti quyidagicha: Etaklovchi vint dvigateldan aylanma harakatga keltiriladi, bunday 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 bo'ladi, natijada so'rish trubasidagi suyuqlik so'rish kamerasiga tushib, vint chuqurchasini to'ldiradi. Bu jarayon cheksiz davom etadi va nasos ishining uzluksizligini ta'minlaydi.

Suyuqlik kesimi yuzasi tomonidan ajratib olinmasdan oldin  $r = r_a - r$  bosimi ostida harakatlanayotgan bo'lsa, uning keyingi harakati vintlarning kesimi yuzalarining bosimi ostida sodir bo'ladi (porshenga o'xshab). Suyuqlik nasosga 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  $z = 5 h$ , o'rtta bosimlar uchun  $z = 3 h$  va yuqori bosimlar uchun  $z = 5 h$  deb qabul qilingan (bunda  $h$  – vint qadami).

## **2.4. MARKAZDAN QOCHMA TURDAGI NASOSLARNING HARAKAT PRINTSIPI VA KLASSIFIKATSIYASI**

Nasoslar gidravlik mashinalarning eng taraqqiy etgan turlaridan biridir. Suyuqlik oqimini hosil qiluvchi mashina nasos deyiladi. Ularni ko'pgina shakili, turlari mavjudki, ularni klassifikatsiyaga ajratish ancha qiyin.

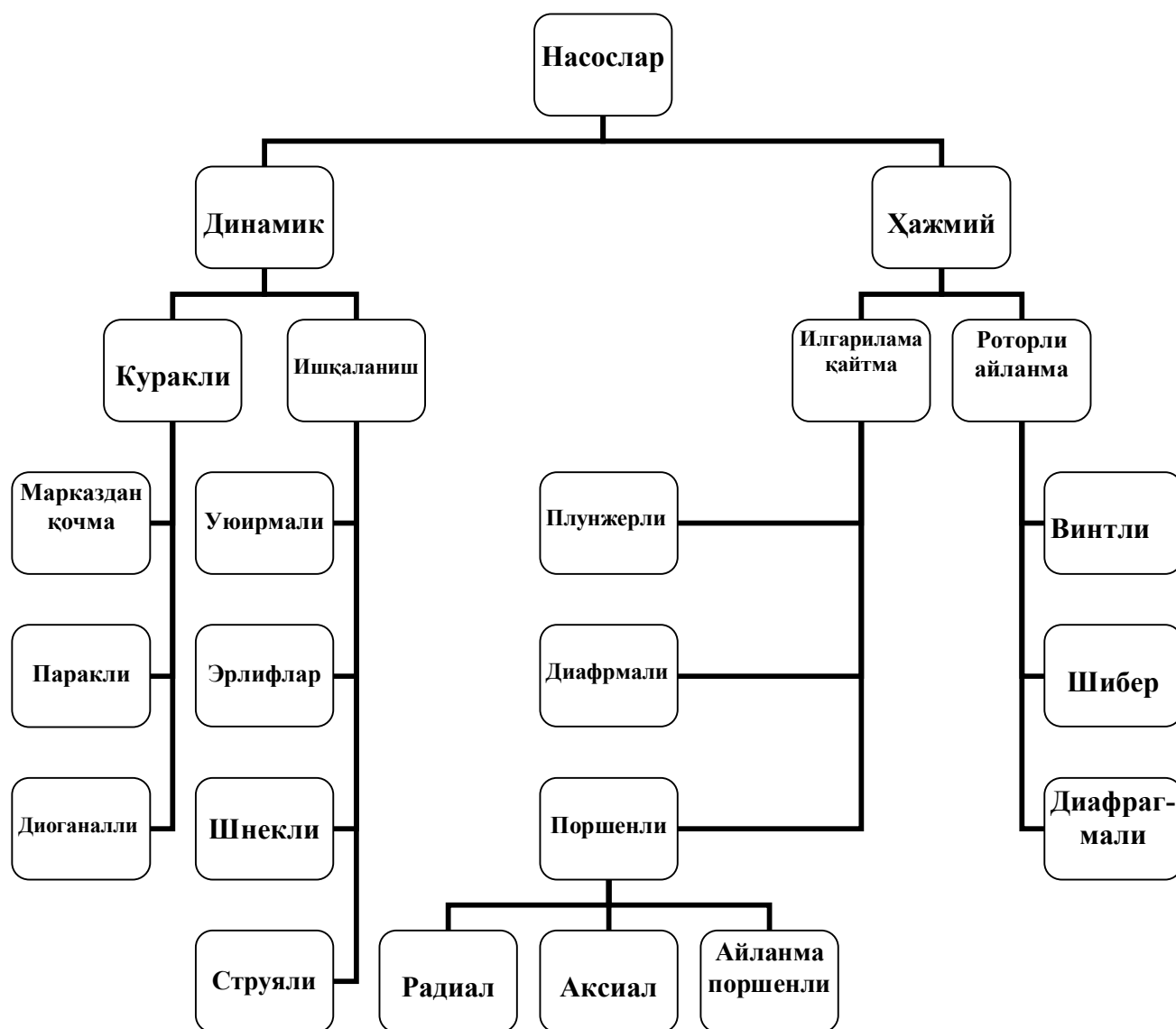
Nasosning ishchi kamerasida yoki haydash kamerasida suyuqlikka qo'shimcha kuch tasiri orqali suyuqlik oqimi hosil qiladi. Ishchi kamera ko'rinishi yoki tuzilishiga hamda suyuqlikni ko'rishda va chiqishdagi holatiga qarab dinamik va hajmiy nasoslar turlari mavjud.

***Dinamik nasoslar uchun quyidagi klassifikatsiyadagi sifatlari avjud:***

- suyuqlikka berilayotgan kuch ko'rinishi;
- suyuqlik muhitining harakat yo'nalishiga qarab;
- taqsimot ko'rinishiga qarab;
- ishchi g'ildirakning konstruksiyasiga qarab;

***Hajmiy nasoslar uchun esa:***

- ishchi organing harakatiga qarab;
- nasos qismining harakat yo'nalishi xarakteriga qarab;
- suyuqlik ko'chishining yo'nalishiga qarab;



- ishchi organ ko'rinishiga qarab;
- ishchi organga berilayotgan harakat ko'rinishiga qarab;
- harakat ko'rinishiga qarab;

***Nasoslar klassifikatsiyasiga ajraladi.***

*Dinamik nasoslar deb, uning kamerasida kuch orqali suyuq muhit ko'chishini hosil qiluvchi hamda nasosga kirish va chiqishini dimiy taminlovchi nasos turiga aytiladi.*

***Dinamik nasoslarga quyidagilarni kiritish mumkin;***

- 1) Kurakli - markazdan qochma va o'qiy;
- 2) Elektromagnitli - induktsion va kanduktsionli;
- 3) Ishqalanuvchi - uyurmali, struyali shnekli, tebranmali va boshqalar.

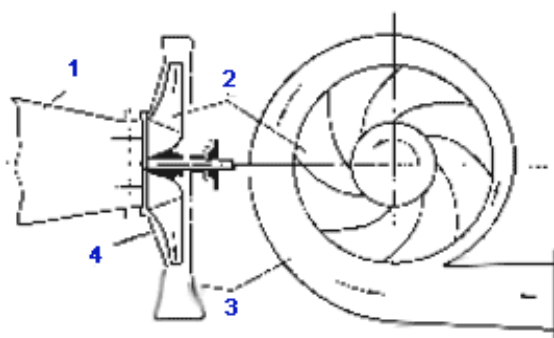


Ishchi g'ildirakdan o'tgan suyuqlik taqsimlash quvuri (3) ga quyiladi. Nasosda kirish va chiqishdagi suyuqlik hamma vaqt bog'liq bo'ladi.

#### 2.4.1. MARKAZDAN QOCHMA NASOSNING TUZILISHI

Makazdan qochma nasoslar, suyuqlikni haydash quvurida 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 sathiga ta'sir qiluvchi, bosim bilan so'rish quvuridagi siyraklanish bosimi, orasidagi farq hisobiga amalga oshadi. Bunda aytilgan bosimlar farqi so'rish balandligini, so'rish quvuridagi qarshiliklarni engishga 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 quvuridagi bosimlar farqi so'rilayotgan suyuqlik bosimidan kam bo'lmasligi kerak. Haydash balandligi markazdan qochma nasos engishi mumkin bo'lgan eng yuqori balandlik bo'lib, g'ildirakning tashqi aylanmasidagi tezlik qancha katta bo'lsa, haydash balandligi ham shuncha katta bo'ladi.



2.7-rasm. Markazdan qochma nasos:  
1 - kirish; 2 - ishchi g'ildirak; 3 -  
taqsimlovchi quvur; 4 - korpus

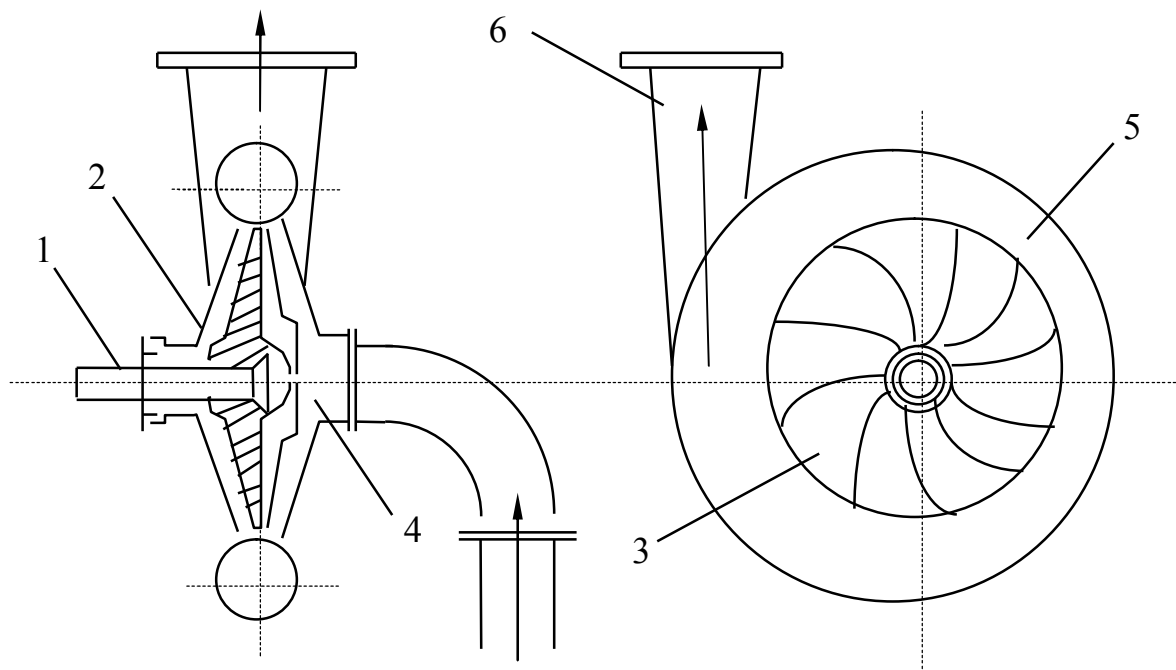
Rasmda markazdan qochma nasosning sxematik ko'rinishi berilgan. Suyuqlik oqimining so'ruvchi qismi (1)ga o'q yo'nalishiga kiradi, (2) ishchi g'ildirak kanallarida harakat yo'nalishi radial hollarga o'zgartiradi. Kuraklarda hosil qilingan kuch orqali suyuqlik oqimini harakat tezligi oshadi va ishchi g'ildirakda bosim ortadi.

Markazdan qochma nasosning sxemasi 2.8-rasmda keltirilgan bo'lib, nasosning ishlash printsipini shartli ravishda ko'rsatadi.

Bunda so'rish quvuri orqali idishdan ko'tarilgan suyuqlik kameraning o'rta qismiga kiradi, so'ngra val (1) orqali harakatga keltiruvchi ish g'ildiragi (2) ning kuraklari (3) orasidan o'tib, nasos kamerasi (4) ga tushadi. Bu erda markazdan qochma kuch ta'sirida hosil bo'lgan bosim suyuqlikni haydash quvuriga siqib chiqaradi. Suyuqlikning haydash quvurida ma'lum miqdordagi tezlik bilan ta'minlanishi uchun o'tkazuvchi kamera, yo'naltiruvchi apparat (5) va diffuzor (6) kabi bir qancha maxsus moslamalardan foydalaniladi.

Nasos korpusining tuzilishi ham haydash 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 quvurchasidan ish g'ildiragiga o'tishdagi kanalidir. Suyuqlikning nasosga so'riladigan yo'lining eng yaxshi shakli o'q yo'nalishidagi konus ko'rinishida bo'ladi.



2.8-расм. Марказдан қочма насоснинг схемаси чизмаси

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 hisoblashda 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 (FIK katta). Lekin spiral kameraning kanallarini mexaniq usulda silliqlab bo'lmaydi. So'nggi vaqtlarda metall quyish ancha aniq va toza bajarilgani uchun spiral kameralar ko'proq qo'llanila boshladi (hatto ko'p pog'onali nasoslarda ham qo'llanilmokda).

Ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlik zarrachasi spiral kameraning biror qismiga kirganda so'ng radius bo'yicha harakatlanishda davom etishi bilan birga aylanma harakat ham qilib, 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 kilinadi. 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'prok ta'sir qiladi.

Odatda spiral kamerada tezlik quyidagicha formula bilan hisoblanadi:

$$c_c = k_c \sqrt{2g \cdot H}, \quad (2.44)$$

Bu erda,  $K_s$  – tezyurarlik koeffitsientiga bog'liq bo'lib, uning qiymati 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'ildirigidan 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 yo'nalishga yaqin tezlik berib bo'lmaydi. Shuning uchun bunday apparatlar kam qo'llaniladi. Parrakli yo'naltiruvchi apparatlarda esa suyuqlik zarrachalariga ish g'ildirigidan chiqqandagi tezlikdan tamoman farqli tezlik beriladi. Bundan tashqari, kesimi o'zgarmaydigan kuraksiz yo'naltiruvchi apparat kurakli yo'naltiruvchi apparatga nisbatan tezlikni ko'proq kamaytirib, kinetik energiyani potentsial energiyaga ko'proq aylantirish mumkin. Yo'naltiruvchi apparatning tuzilishi ish g'ildirigidan chiqqan suyuqlikning haydash trubasiga kirishini osonlashtiradi.

#### 2.4.2. NASOSNING ISH G'ILDIRAGI NAZARIYASI ASOSLARI

Ish g'ildiragi markazdan qochma nasosning asosiy qismini tashqil qiladi. Yuqorida aytganimizdek, bunday tur nasoslarda suyuqlikka markazdan qochma kuch yordamida kinetik energiyaning mumkin kadar ko'proq qismi potentsial energiyaga aylantiriladi. Turbinalarda ham asosiy qism ish g'ildiragi bo'lib, u suyuqlik energiyasi yordamida harakatga keladi. Bunda turbinadan o'tayotgan suyuqlik uning kuraklariga ma'lum kuch bilan bosim uni aylanma harakatga keltiradi. Bu harakat esa generator rotorini aylantiradi. Gidravlika bo'limidagi kabi nasos va turbinadagi harakatni ham bir o'lchovli harakatga keltirib, ish g'ildiragidagi suyuqlik massasining harakati elementar oqimcha harakati kabi qaraladi. Aytilgan usul bilan markazdan qochma nasos uchun tenglama 1755 yilda L.Eyler tomonidan yaratilgan bo'lib, keyinchalik kurakli mashinalar nazariyasida asosiy tenglama deb yuritiladigan bo'ldi va turbinalar hamda boshqa turdagi kurakli mashinalarda ham qo'llanila boshladi. Eyler 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 hosil qilinishi kerak bo'lgan bosim bo'yicha ish g'ildiraklari soni va uning o'lchamlarini aniqlash;

2) berilgan ish g'ildiragi va valning aylanishlar soni bo'yicha sarf va hosil bo'ladigan bosimni hisoblash.

Tenglamani yaratishda:

1) kuraklarning chekliligi hisobga olinmaydi;

2) kuraklar orasidagi kanallardan o'tayotgan suyuqliklar bir xil sharoitida oqadi deb qaraladi. Ana shunday yo'l qo'yishlar bilan hisoblanishiga qaramay hisoblash natijasi to'g'ri chiqadi.

Endi, markazdan qochma nasos ish g'ildiragini hosil qiladigan bosimni hisoblaymiz. Buning uchun g'ildirak kanallaridan birini ko'rib chiqamiz. 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  $g_1$  va kurakka nisbatan nisbiy tezlik  $S_1$  ning kattaligi va yo'nalish bo'yicha kanalning boshlanishidagi absolyut tezlikka, ya'ni aylanma tezlik  $g_1$  va kurakka nisbatan nisbiy tezlik  $g_1$  lardan tuzilgan parallelogrammning diagonaliga teng. Kanaldan chiqishda suyuqlikning absolyut tezligi  $s_2$  aylanma tezligi  $g_2$ , nisbiy tezligi  $g_2$  bo'ladi. Kirishda bosim  $r_1$ , chiqishda  $r_2$  bo'lsa, u holda kanalning kirish va chiqish kesimlari uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Z_1 + \frac{\delta_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{g_2^2}{2g} - H_k + h_{12}, \quad (2.45)$$

Bu erda:

$h_{12}$  – ikki kesim orasidagi gidravlik yo'qotish;

$H_k$  – kanaldagi harakat vaqtida markazdan qochma kuch hisobiga bosimning ortishi.

Ish g'ildiragi kanaliga kirishdagi bosim:

$$I_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} \quad (2.46)$$

g'ildirakdan chiqishdagi bosim:

$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{12} \quad (2.47)$$

U holda kirish va chiqishdagi bosimlar farqi quyidagicha hisoblanadi:

$$H = H_2 - H_1 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{12} - (z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g}) \quad (2.48)$$

Bir xil indeksli hadlarni tenglikning ikki tomoniga guruhlasak, u holda quyidagi tenglama hosil bo'ladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{12} - H \quad (2.49)$$

Ish g'ildiragi kanaliga kirish va undan chiqishdagi tezlik paralleogrammlaridan foydalansak: yuqorida 2.8-rasmda ko'rsatiganidek.

$$\omega_1^2 = \mathcal{G}_1^2 + c_1^2 + 2\rho_1 c_1 \cos \alpha_1 \quad (2.50)$$

$$\omega_2^2 = \mathcal{G}_2^2 + c_2^2 + 2\mathcal{G}_2 c_2 \cos \alpha_2 \quad (2.51)$$

Bularni (2.51) ga qo'yib, ba'zi soddalashtirishlardan keyin quyidagini olamiz:

$$H = \frac{\mathcal{G}_2 c_2 \cos \alpha_2 - \mathcal{G}_1 c_1 \cos \alpha_1}{g} \quad (2.52)$$

Shunday qilib, kirish va chiqishdagi bosimlar farqi yoki boshqacha aytganda suyuqlikning ish g'ildiragidan olgan bosimi (2.52) munosabat orqali aniqlanadi va unga markazdan qochma mashinalarning asosiy tenglamasi yoki Eyler tenglamasi deyiladi. Bu tenglama harakat miqdori momentlari teoremasidan foydalanib ham keltirib chiqarilishi mumkin.

Yuqorida keltirilgan Eyler tenglamasi barcha kurakli mashinalar uchun umumiy bo'lib, bir qancha soddalashtirishlar kiritilgandan keyin hosil bo'lgan. Haqiqatda esa, ish g'ildiragi kuraklari orasidagi harakat ancha murakkabdir. Shuning uchun (2.52) tenglama yordamida hisoblangan 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 o'tib, 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:

$$H_i = \frac{\mathcal{G}_2 c_2 \cdot \cos \alpha_2}{g} \quad (2.53)$$

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. Tezlik parallelogrammidan ko'rinadiki  $\mathcal{G}_2$  bilan  $c_2$  o'rtasidagi quyidagi munosabat mavjud:

$$c_2 \cos \alpha_2 = \mathcal{G}_2 - \omega_2 \cos \beta_2 \quad (2.54)$$

Bu tenglikni (2.54) ga qo'ysak, ushbu ko'rinishga keladi:

$$H_i = \frac{\mathcal{G}_2^2}{g} \left( 1 - \frac{\omega_2}{\mathcal{G}_2} \cos \beta_2 \right). \quad (2.55)$$

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 holda (2.55) tenglamada kavs ichidagi miqdor 1 dan katta:

$$H_n > \frac{u_2^2}{2g} \quad (2.56)$$

2. Kuraklar ish g'ildiragi aylanishiga teskari egilgan, ya'ni  $\beta_2 < 90^\circ$  va  $\cos \beta_2 < 0$ . Bu holda (2.62) da qavs ichidagi miqdor 1 dan kichik:

$$H_n < \frac{u_2^2}{2g} \quad (2.57)$$

3. Kuraklar radial yo'nalishga ega, ya'ni  $\beta_2 < 90^\circ$  va  $\cos \beta_2 > 0$ . Bu holda qavs ichidagi miqdor birga teng:

$$H_m = \frac{u_2^2}{2g} \quad (2.58)$$

Ko'rinib turibdiki, nazariy bosimning eng katta qiymati kuraklar ish g'ildiragi aylanishi tomoniga egilganda bo'lib, eng kichik qiymat teskariga egilganda bo'ladi. Lekin  $\beta_2$  ning qiymati ortgan sari gidravlik yo'qotishlar ortib, nasosning gidravlik FIKi kamayib ketadi. Shuning uchun amalda nasoslarda nazariy bosim kam bo'lishiga karamay  $\beta_2$  ni  $90^\circ$  dan kichik qilib olinadi. Amalda eng ko'p qo'llaniladigan burchaklar  $16^\circ$  dan  $40^\circ$  gacha qiymatlarda qabul kilinadi. 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 hisoblashda bir qancha soddalashtirishlar kiritilgan. Ish g'ildiragiga kirish va undan chiqish davomida parraklar orasidagi kanalning kengayib borishidan, kuraklar egriligining ortishi natijasida tsirkulyatsiya hosil 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:

$$\eta_r = \frac{H_a}{H_t} \quad (2.59)$$

Gidravlik FIK 0,8 bilan 0,95 o'rtasida o'zgardi va yuqorida aytilgan sabablarning ta'siriga qarab turli qiymatlarni qabul qiladi. Shunday qilib:

$$H_a = \eta_2 \cdot H_n = \eta_r \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g} \quad (2.60)$$

yoki gidromashinalar uchun bu tenglamani quyidagi umumiy ko'rinishda yoziladi:

$$H_a = \eta_r \frac{u_2 c_2 \cos \alpha - u_1 c_1 \cos \alpha_1}{g} \quad (2.61)$$

Yuqorida keltirilgan bosim tenglamalariga ish g'ildiragidagi kuraklar soni kirmaydi. Xaqiqatda 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. (2.61) tenglik yordamida hisoblangan bosim kuraklar soni cheksiz ko'p bo'lgan holga to'g'ri keladi, chunki u kanallarda okayotgan suyuqlikning barcha zarralari bir xil traektoriya bo'yicha harakat qilgan holat uchun o'rinlidir. Kuraklar sonini bosim tenglamasiga kiritish yo'li bilan nasosning foydali bosimi uchun tenglama olish mumkin:

$$H_f = H_n \eta_2 \varepsilon, \quad (2.62)$$

Bu erda:  $\varepsilon$  - nasos kuraklari soni chekliligini hisobga oluvchi koeffitsient bo'lib, u 0,6 – 0,8 ga teng.

#### 2.4.3. MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING SARFI, NAPORI VA NASOSNING ISH XARAKTERISTIKASI

Nasos yordamida oshirilgan bosim nasosning napori deb ataladi. Nasos napori ( $N$ ) deganda, suyuqlikning nasos yordamida uzatishdagi solishtirma mexanik energiyasi tushuniladi.

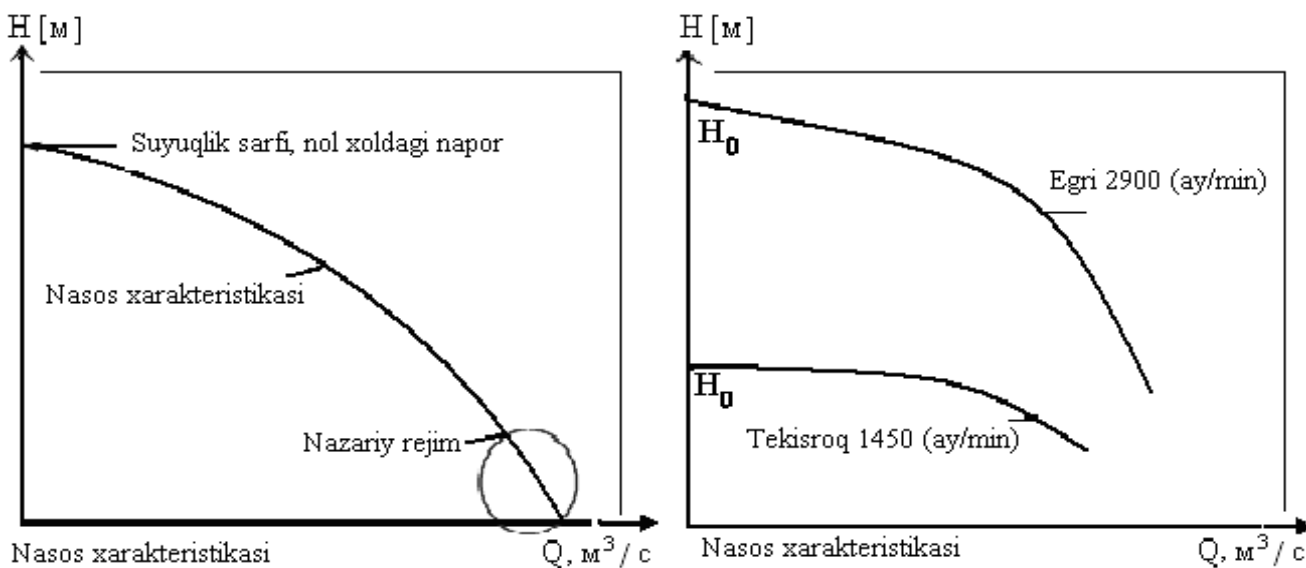
Bunda nasos orqali berilgan napor va suyuqlik sarfi o'zaro bir-biriga bog'liq. Bu bog'liqlik grafik ravishda nasos xarakteristikasini ifodalaydi. Vertikal o'q (ordinata) nasos napori ( $N$ ) ni, gorizontaal o'q [ $x$ ]da esa nasos sarfi ( $Q$ ) [ $m^3/soat$ ] ifodalaniladi. Naporni boshqacha masshtablarda ham olish mumkin. Bunda quyidagilar o'rinli qilib olinadi:

$$10 \text{ m v.st.} = 1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa.}$$

Gorizontaal o'q (obsissa)da nasos tomonidan uzatilayotgan suyuqlik miqdori ( $Q$ ) [ $m^3/soat$ ] shkalalarida belgilanadi. Shuningdek, boshqacha masshtablarda, masalan [ $l/s$ ] ladra ham olinishi mumkin. Harakteristika shakli quyidagi bog'lanishlarda ko'rsatilgan: elektr energiyasi orqali nasosga berilgan (barcha FIKlarni e'tiborga olganda), nasos shunday gidravlik energiya hosil qiladiki, bular suyuqlik bosimi va tezligidir. Nasos ishlaganda jo'mrak yopiq bo'lsa, nasosda maksimal bosim hosil bo'ladi. Bu holda nasosda hosil bo'lgan napor ( $N_0$ ) *maksimal* bo'lib, sarf esa nolga teng bo'ladi.

Agar jo'mrak sekin asta ochilsa, nasosdagi suyuqlik harakatga kela boshlaydi, natijada quvurdagi ma'lum qism energiya kinetik energiyaga aylanadi. Nasos xarakteristikasi chizig'i pasayib boruvchi egri chiziqdan iborat. Bu holatda suyuqlik faqat kinetik energiyaga aylanadi yoki nasosda bosim hosil bo'lmaydi. Ammo quvurlar

majmuasida ichki qarshilik kuchi hosil bo'ladi, haqiqatda sarf o'qidan Nasos xarakteristika chizig'idan yuqorida bo'ladi. Naporni katta miqdorda o'zgarishini qo'yidagi (2.9-rasm) grafiklarda kurish mumkin.



2.9-rasm. Nasos xarakteristika chizig'i

Suyuqlik uzatilishida quvur sistemasidagi jo'mraklar ochilishida va yopilishida tezlik o'zgarishida ham qarshilik yuzaga keladi.

Quvurning ko'ndalang kesimini yarim jonli kesimida qarshilik kvadratik qonun asosida o'zgarishi mumkin. Shuning uchun grafik shakli ko'rinishi parabola ko'rinishida ifodalanishi mumkin. Bu bog'lanish quyidagi tenglama ko'rinishida bo'lishi mumkin:

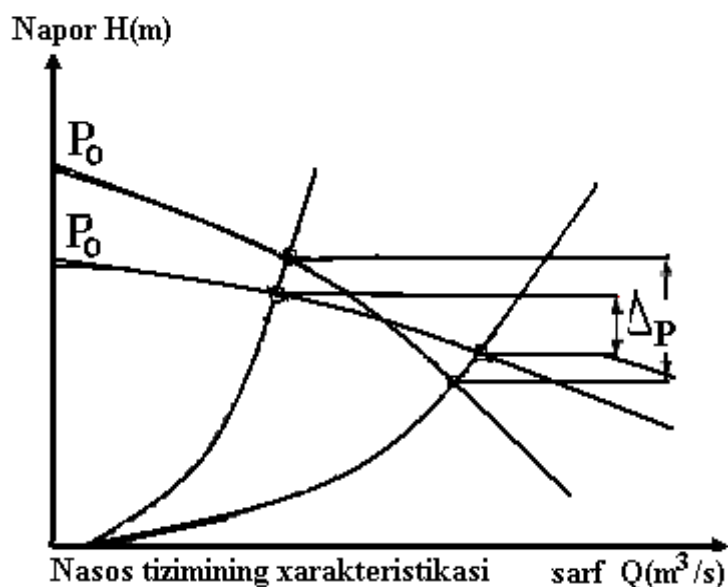
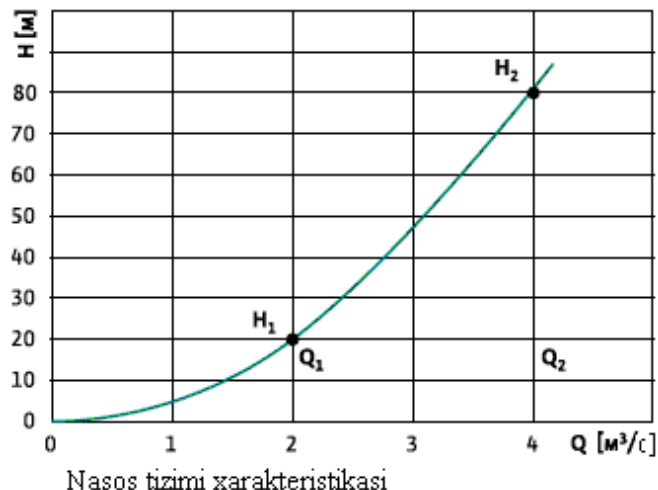
$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right)^2 \quad (2.63)$$

Agar quvur sistemasiga suyuqlik uzatishni ikki baravar kamaytirsa, napor uch qismga kamayadi. Bosimni yuqolish yana tashqi muhit haroratiga, suyuqlik qovushqoqligiga, oqim tezligiga, quvur turiga, uning g'adir-budurligiga qarab qarshilik kuchi o'zgarishi bilan bosimni yuqotilishi yuzaga keladi.

Gidravlik qarshilik quvur sistemasida suyuqlik zarralarining bir-biri bilan ishqalanishida, suyuqlik oqimining quvur devorlari bilan ta'sirlashishida, quvurning egilgan va buqilgan qismlarida yo'qolish sodir bo'lganda hosil bo'ladi.



Quvur tizimidagi bosimni yuqotilishini grafik ko'rinishida ifodalab, uning harakteristika-sini chizish mumkin. Buning uchun 2.10-rasmda keltirilgan nasos xarakteristikasi grafigidan foydalanilish mumkin bo'ladi. Quvur tizimida uning uzunligi bo'yicha ishqalanish kuchi natijasida bosim yo'li bo'yicha kamayib boradi.



Nasos tizimining xarakteristikasi, turli xil nasos uchun ham mavjud bo'ladi (masalan dvigatelni aylanish 2.11-rasmda chastotasi o'zgarishidagi bog'lanishda).

Bu xarakteristika egriligi va ishchi nuqtasi ko'chishi suyuqlik uzatilishi va napor o'zgarishiga olib keladi:

Uzatishning katta o'zgarishi;  
Naporning kichik o'zgarishi

Uzatish (sarf)ning katta o'zgarishi:

- Eng katta egrilik:

### 2.11-rasm. Nasos tizimining xarakteristikasi,

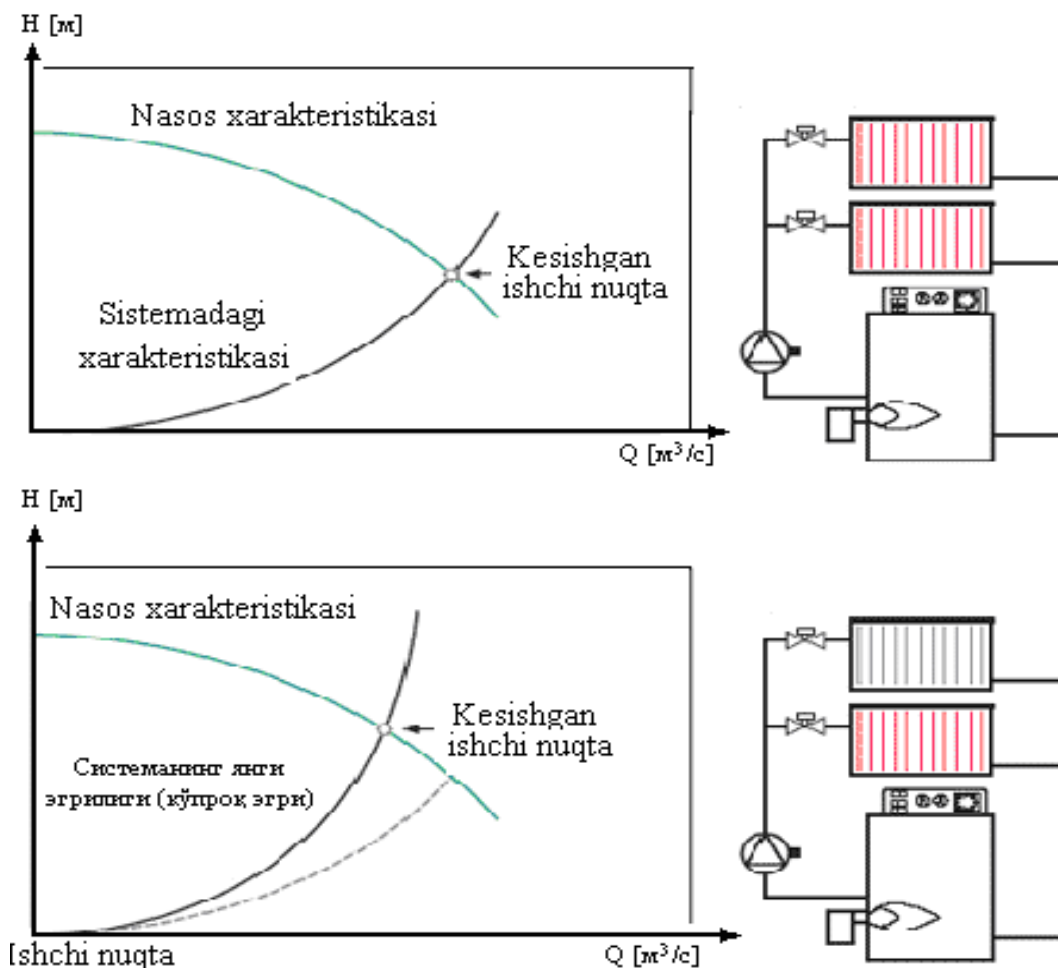
Nasos va sistema xarakteristikalari kesishgan nuqtasi nasos va sistemaning ishchi nuqtasi deyiladi. Bu esa nasos quvvat bilan quvurlar sistemasining quvvatini muozanatlash nuqtasi bo'ladi. Nasos napori sistema qarshiligi bilan teng bo'lib, bu nasos quvvatini sistemaning tegishli sarf bilan taminlanishini ko'rsatadi.

### *Nasos sistemasini xarakteristikasi*

Nasos xarakteristikasi chizig'i - pasayib boruvchi egri chiziqdan iborat. Bu holatda suyuqlik faqat kinetik energiyaga aylanadi yoki nasosda bosim hosil bo'lmaydi. Ammo, quvurlar majmuasida ichki qarshilik kuchi hosil bo'ladi, haqiqiy sarf o'qidan nasos xarakteristika chizig'idan yuqorida bo'ladi.

Nasos yordamida bosimning oshirilishi napor deb ataladi. Nasos napori ( $N$ ) - deganda nasos yordamida suyuqlikni uzatishdagi solishtirma mexanik energiya tushuniladi.

Boshlang'ich bosim ikki baravar bo'lganda, nasos napori taxminan 20 metrni tashkil etadi. Bu holda (2.12-rasmda) DN 1/2 rusumli jo'mrakdan  $2m^3$ /soat suyuqlik sarfi oqadi. Sarfni ikki baravarga oshirish uchun boshlang'ich bosimni 2 dan 8 baravargacha oshirish kerak bo'ladi.



2.12-rasm. Nasos va sistemaning kesishgan ishchi nuqtasidagi xarakteristikasi

### *Nasos xarakteristikasi.*

Sarfni ikki baravarga oshirish uchun boshlang'ich bosimni 2 dan 8 baravargacha oshirish zarur bo'ladi.

Suyuqlik uzatilishida quvur sistemasidagi qarshilik jo'mraklar ochilishi va yopilishida tezlik o'zgarishi jarayonida ham o'zgaradi.

- Uzatish (sarf)ning katta o'zgarishida;
- Uzatishning turli o'zgarishi va bosimi o'zgarishida;

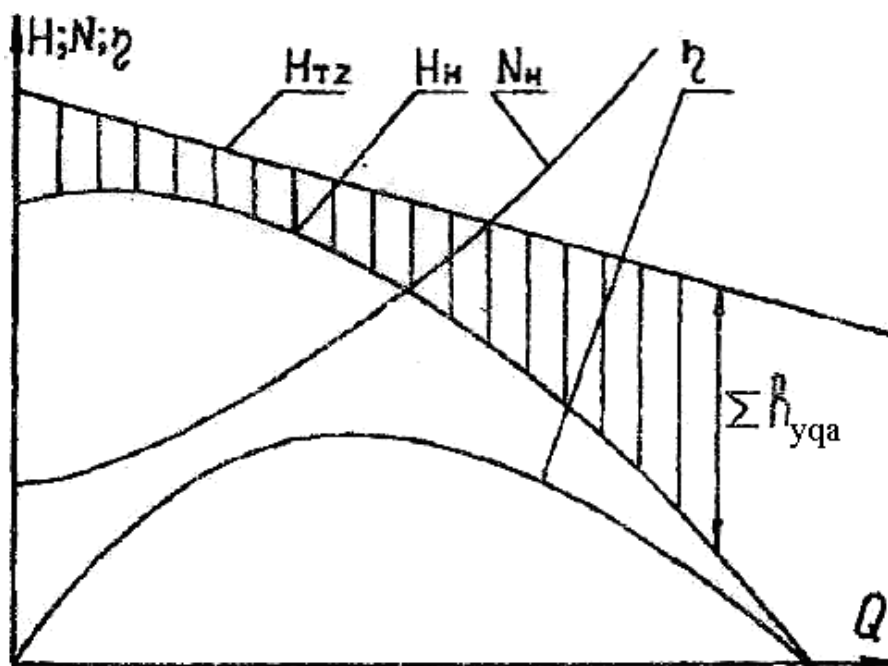
Nasos kamerasiga markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlikning kelishi natijasida bosim ortib, suyuqlik nasos kamerasidan haydash trubasiga ko'tariladi.

Markazdan qochma nasoslarning ishlashi shu printsiptga asoslangan bo'ladi.

Bu xarakteristikada to'g'ri chiziq napor o'zgarishini (2.13-rasimda) berilgan. Haqiqiy

napor  $H_{haq}$  nazariy napor  $H_{naz}$  dan kichik bo'lib, nasosda yo'qotilgan naporlar qiymati miqdorida undan kam bo'ladi, yani:

$$H_{xak} = H_{naz} - \sum h \quad (2.64)$$



2.13-rasm. Markazdan qochma nasosning ishchi xarakteristikasi

Nasoslardan foydalanishda turli aylanish sonlari uchun umumlashtirilgan va universal xarakteristika deb ataluvchi  $Q-H$  xarakteristikadan foydalaniladi.

Bunday xarakteristikani hosil qilishda turli aylanish sonlari ( $n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$ ) uchun  $Q-H$  xarakteristikani tuziladi. So'ngra bu xarakteristikada biror F.I.Kga tegishli nuqtalar ajratiladi. Bunda bitta F.I.Kning qiymati uchun ikkita bosim qiymati to'g'ri keladi. Bu nuqtalar tutash chiziq bilan birlashtiriladi. Bu jarayonni bir qancha F.I.K ( $n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$ ) uchun takrorlab, bir nechta tutash chiziqlari olinadi. Bu chiziqlar bilan chegaralangan sohada F.I.K chiziqlari qiymatidan kichik bo'lmaydi. Bunday usulda F.I.Kni aniqlash ancha murakkab jarayon hisoblanadi. Buning uchun amaliyotda eksperiment usulda ishchi xarakteristika aniqlanadi. Bu shunday usulki, unda valning o'zgarmas chastotali aylanishida nasosga ulangan quvurning o'zgaruvchi qarshiligiga ega bo'lgan holatda sinovdan o'tkaziladi. Quvur qarshiligining o'zgarishini jo'rakning ochilish darajasiga qarab belgilanadi.

Agar markazdan qochma nasosning ishchi xarakteristikasi ma'lum bo'lgan  $n_1$  chastotali valdan boshqa  $n_2$  chastotada aniqlanadigan bo'lsa, markazdan qochma nasos rejimini o'rganish uchun ishlatiladigan o'xshashlik nazariyasiga asoslangan formulalardan foydalaniladi. Bu formula napor, foydali quvvat va sarf orqali ifodalanadi.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3; \quad (2.65)$$

Bu formulalar qo'llanilayotganda F.I.K-  $\eta$  o'zgarmas qiymatda bo'ladi.

Nasoslarni ishlatishda ularning pasportida keltirilgan shartlarda foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Buning uchun turli sharoitda nasosning ishlashi

to'g'risida batafsil ma'lumot bo'lishi kerak. Odatda bunday ma'lumot nasoslarning xarakteristikalari ko'rinishida beriladi.

Bosim, quvvat va F.I.K.ning sarfga bog'liqlik grafigi nasosning xarakteristikasi deb ataladi:

$$H = f_1(Q); N = f_2(Q); \eta = f_3(Q); \quad (2.66)$$

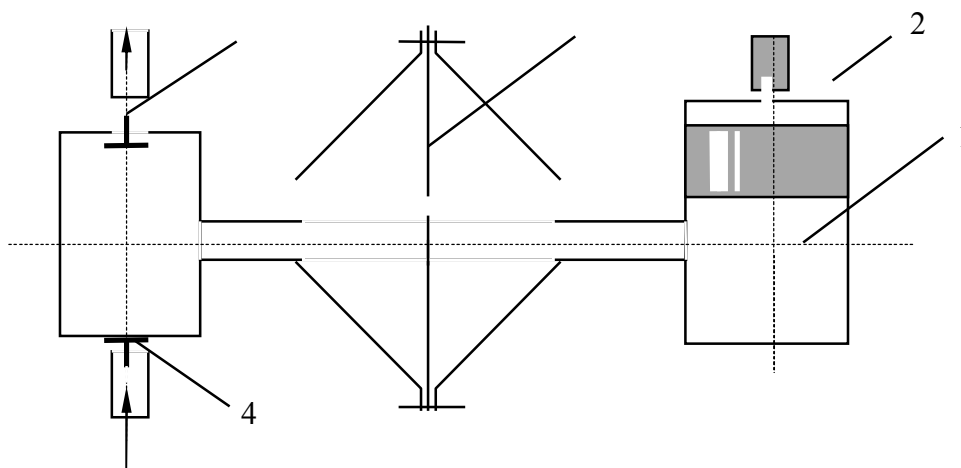
## 2.5. MAXSUS NASOSLAR

### 2.5.1. DIAFRAGMALI NASOSLARNING TUZILISHI VA ISHLASH PRINTSIPI

Kimyoviy aktiv suyuqliklarni va qattiq modda zarrachalari aralashgan suyuqliklarni so'rish uchun proshenli nasoslarni maxsus turlari ishlatiladi.

Bunday nasoslarning eng tarqalgan turi diafragmali yoki membranali nasosdir. Bu nasoslarning ishlash printsipti bo'yicha bir porshenli oddiy nasoslarga o'xshaydi va suspenziyalar hamda metall qismlarining emirilishiga katta ta'sir qiluvchi aktiv suyuqliklarni so'rishda ishlatiladi. Ko'pgina ichki yonish dvigatellarining yonilg'i ta'minlash nasoslari ham shu printsiptda ishlaydi. 2.14-rasmda keltirilgan nasos chizmasi diafragmali nasoslarning bir ko'rinishdan iborat bo'lib, nasosning tsilindri (1) va plunjeri so'rilayotgan suyuqlikdan elastik to'siq (3) diafragma (membrana) bilan ajratilgan bo'lib, to'siq yumshoq rezina yoki maxsus po'latdan ishlanadi.

Plunjer orqaga yurganda diafragma bo'lmasining o'ng qismida siyraklanish, ya'ni vakuum hosil bo'ladi. Natijada diafragma o'ng tomonga egilib, siyraklanish, ya'ni vakuum diafragmaning chap tomoniga, so'ngra nasosning ish bo'lmasiga beriladi.



2.14-rasm. Diafragmali nasosning sxematik ko'rinishi

Bu esa xuddi porshenli nasoslardagi kabi, so'rish yopqichi ochilib, so'rish jarayoni boshlanishiga sabab bo'ladi. Plunjer pastga qarab harakatlanganda diafragmaning o'ng qismida bosim ortib diafragma chapga egiladi. Shu yo'l bilan bosimning ortishi ish bo'lmasiga berilib, so'rish yopqichi (4) yopiladi, so'ngra haydash yopqichi (5) ochilib, suyuqlikni haydash boshlanadi. Bu turdagi nasoslarning boshqacha ko'rinishlarida diafragma (membrana)ni harakatga keltirish uchun boshqacha usullardan

ham qo'llaniladi. Masalan, maxsus ilgariylanma-qaytma harakat qiluvchi mexanik richaklardan foydalaniladi (masalan avtomobillarda).

Nasosning suyuqlik berish sarfi quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$Q_n = \frac{\pi \cdot D^2 L \cdot n}{4}, \quad \left[ \frac{cm^3}{cek} \right]. \quad (2.67)$$

Bu erda:  $D$  - diafragma (membrana) ning diametri [ $cm$ ];  $L$  - diafragmaning yurish yo'li, [ $sm$ ];  $n$  - vaqt birligi ichida dafragmaning buqilish soni.

Bu nasoslarning indiqator diagrammasi va so'rish grafigi porshenli nasoslarnikiga o'xshash bo'ladi. Nasosga beriladigan quvvatning bir qismi (yuqorida aytilgan sarflardan tashqari) diafragmaning elastiklik kuchini engishga sarf bo'ladi. Shuning uchun FIK ham kamroq bo'ladi. Diafragmani elastikligi maxsus materialdan tayyorlab, bu yo'qotishni kamaytirish mumkin.

**Shesternali nasoslar** hajmiy nasoslarning bir turiga kiradi.

Barcha hajmiy nasoslarning ishlash printsipi, nasosning ishchi kameradagi siqib chiqaruvchi detallar (masalan: porshen, plastinka va boshqalar) orqali suyuqlikni siqib chiqarishga asoslangan.

$$Q_n = g_{nas} n / 60 \quad (2.68)$$

bu erda  $n$ -nasos valining aylanish chastotasi;

$g_{nas}$ - nasosga kiradigan suyuqlikni hajmi.

$g_{nas}$ - kattaligini shesetrnali nasoslarda ma'lum darajadagi aniqlikda quyidagi formula bilan topiladi.

$$g_{nas} = \pi D h b \quad (2.69)$$

bu erda  $D$  - shesternani diametri

$h$  - shesterna tishlarining balandligi

$b$  - shesternani qalinligi.

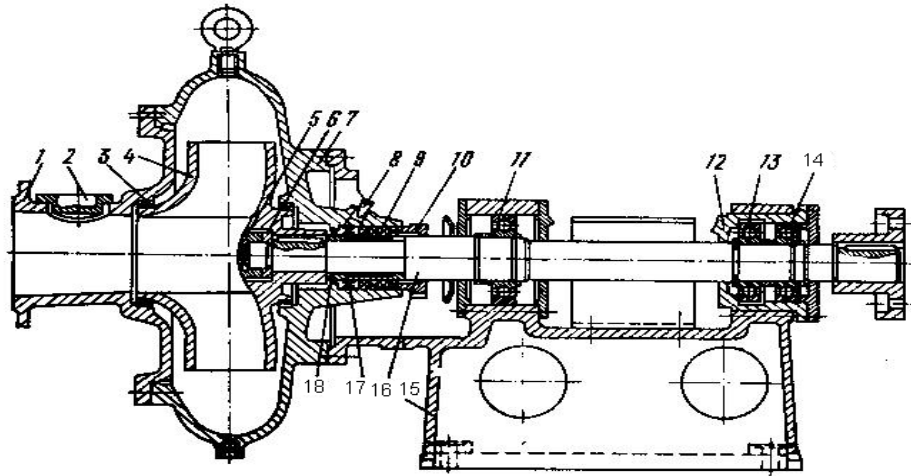
Odatda real holatda nasos sarfi  $Q_{nas}$  nazariy olingan sarfdan kichik bo'ladi. Unda nasos tizimidagi qismidan va quvur ulangan qismlaridagi suyuqlikni oqib chiqib ketayotgan sarfi miqdori -  $q_y$  ni ayirmasiga teng bo'ladi.

$$Q_{nas} = Q_{q_{yoq}} \quad (2.70)$$

Tirqishlardan chiqayotgan suyuqlik harakati laminar harakatdan iborat bo'lgani uchun sizib chiquvchi sarf bo'luvchi bosimlar farqiga proporsional bo'ladi. Shuning uchun ham haqiqiy ishchi xarakteristika barcha hajmiy nasoslarda to'g'ri chiziqdan iborat bo'lib vertikal yo'nalishga qandaydir burchak ostida qiyalangan bo'ladi.

Shesternali nasos neft xujaligida ishlatiladigan mexanizimlarni moylashda va mashina mexanizimlarida ishlatiladi.

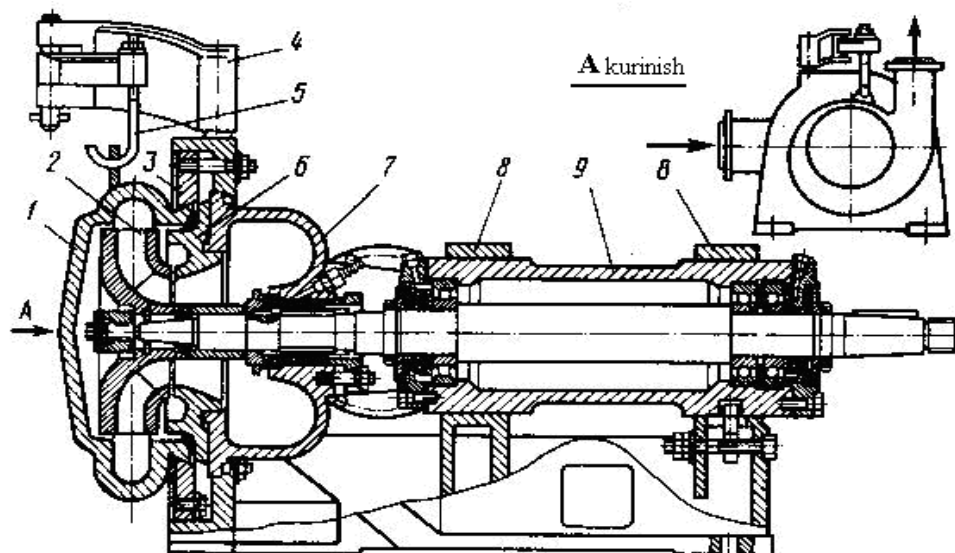
**Qum va loyqa so'ruvchi nasoslar.** Bir bosqichli, konsolli, gorizontaal va vertikal nasoslar, harorati  $100^{\circ}\text{S}$  gacha bo'lgan, 2.15-rasmda ifloslangan quyuq suyuqliklarni haydash uchun ishlatiladi. Kirish naychasi diametri 400 mm gacha bo'lgan bunday nasoslarning sarfi – Q 2-1000 l/s, bosimi – H. 8-100 m atrofida bo'ladi. Kirish naychasi 400 mm dan katta bo'lgan nasoslar, alohida talab b o'yicha tayyorlanadi.



**Rasm 2.15. Nasosning konstruksiyasi**

1-s o'rish naychasi, oldingi qopqog'i bilan; 2-tozalash turish tirqish qopqog'i; 3-himoyalash-zichlash halqasi; 4-ish gildiragi; 5-kontur gayka; 6-gayka; 7-olib ketuvchi-korpus; 8-salnikni gidravlik zichlash uchun suv uzatish; 9-salnikli tirqish; 10-salnik korqog'i; 11, 14-radial tebranish podshipniklari; 12-stakan-podshipniklarni o'rnatish uyasi; 13-radial-tanyach podshipnik; 15-kravaship tayanch; 16-val; 17-gidravlik zichlash xalqasi; 18-vtulka.

Ishchi g'ildiraklari boshqa nasoslarnikiga qaraganda kengroq kanallarga ega. Nasosga kirishda va olib ketishda, kirish qismini va ishchi g'ildirakni tozalab turish uchun germetik qopqoqli lyuk o'rnatiladi.

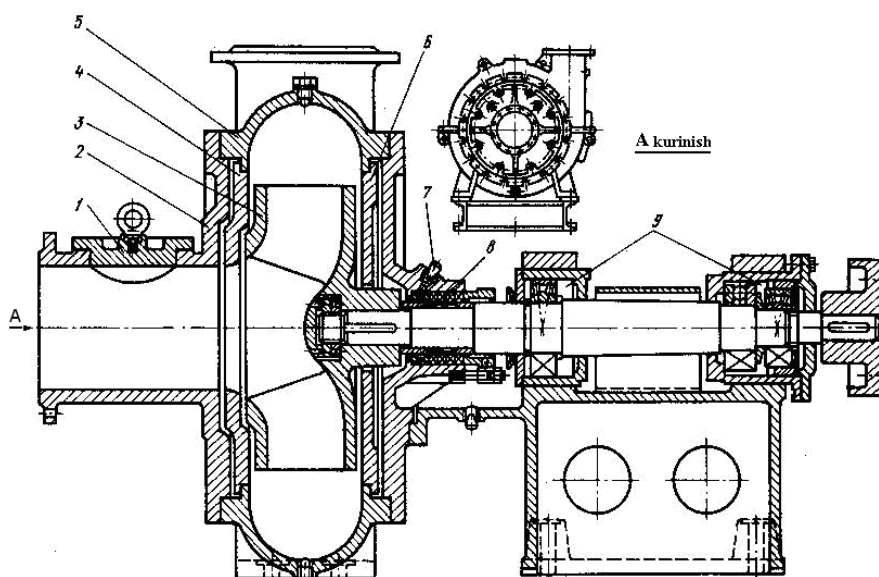


**2.16-rasm. Qumli va shag'alli suyuq aralashmani ko'tarib beruvchi nasosning konstruksiyasi.** 1 –spiralsimon olib ketgich; 2 –ish g'ildiragi; 3 –ikkita yarim halqadan iborat siqish xalqasi; 4–buriladigan kronshteyn; 5–ilgak; 6 –zirhli disk; 7 - xalqasimon olib kelgich; 8 –tayanch ustunlari (kronshteynlar); 9 –tayanch ustunlarida siljivchi stakan.

Bir bosqichli, konsolli, gorizontaal va vertikal nasoslar harorati,  $60^{\circ}$  S gacha bo'lgan har xil gidroaralashmalar (qum, sha g'al va boshqalar)ni haydashda ishlatiladi. Ularning sarfi 15 – 1800 m<sup>3</sup>/soatni, bosimi 10 – 50 m ni tashkil qiladi. Suyuqlik oqadigan qismi emirilishga chidamli materialdan tayyorlanadi. 2.16– rasmda, kuyukligi 1,8 dm<sup>3</sup> qumli va shag'alli suyuq aralashmani kutarib beruvchi nasosning konstruksiyasi keltirilgan.

Ishchi g'ildiraklari boshqa nasoslarnikiga qaraganda kengroq kanallarga ega. Nasosga kirishda va olib ketishda, kirish qismini va ishchi g'ildirakni tozalab turish uchun germetik qopqoq o'rnatiladi. 2.15-rasmda nasosning konstruksiyasi keltirilgan. Spiralsimon olib ketgich -1, zirhli disk -6, halqasimon olib kelgich -7-larning hammasi, ikkita yarim halqa va tortish shpilkalaridan iborat siqish xalqasi -3 yordamida korpusdagi kronshteynga mahkamlanadi. Buriladigan kronshteyn -4, ilgak -5 bilan birgalikda, spiralsimon olib ketgichni qismlarga ajratishda yoki bosimli patrubkani burishda ( $230^{\circ}$  ga burish mumkin) ularni tutib turish uchun xizmat kiladi.

**Loyqa nasoslari (Tuproq so'ruvchilar).** Bir bosqichli, konsolli, gorizontaal va vertikal nasoslar, gidroaralashmalar (loyqa, qum, torfli, k o'mirli va boshqalar)ni haydash uchun xizmat qiladi (2.17-rasm). Bu nasoslarning sarfi 7-16000 m<sup>3</sup>/soat, bosimi 8-80 m atrofida buladi.



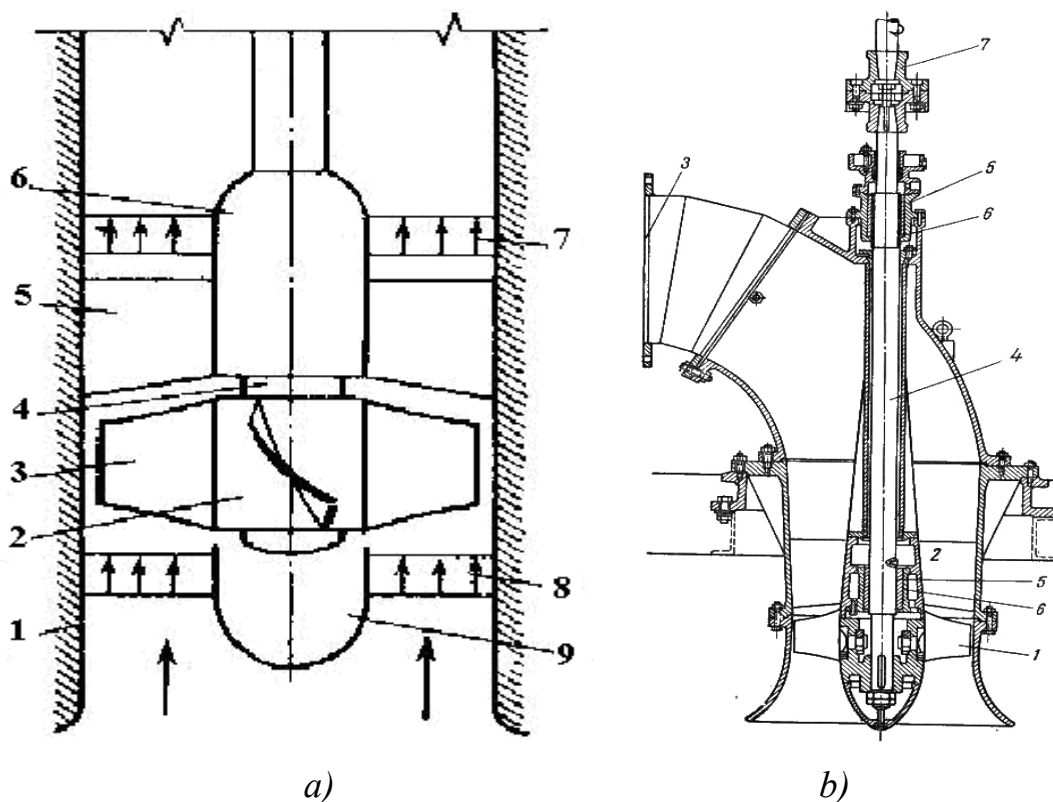
2.17-rasm. Zirxli diskli, tuprok so'ruvchi nasosning konstruksiyasi.

1 – kirish quvuridagi kuzatish tirqishi; 2 – korpus qopkog'i; 3 – ish gildiragi; 4, 6 – zirxli disklar; 5 – spiralsimon olib ketgichli korpus; 7 – gidrozatvorga toza suv uzatuvchi shtutser; 8 – salnik; 9 – podshipniklar;

Markazdan qochma loyqa nasoslarning quyidagi turlari tayyorlanadi: L – (legkie) engil, bir korpusli; R – engil, rezina bilan qoplangan; T – (tyajjol) og'ir, ikki korpusli, emirilishga chidamli metall bilan himoyalangan. Loyqali nasoslar quyidagicha belgilanadi: 5 Gr L – 8; 10 GruTV – 8; 5 Gr RV – 8. Bu erda: 5, 10 – kirish quvurchasining 25 marta kichraytirilgan diametri, mm; Gr – (gruntov) loyqa so'ruvchi; Gru – loyqa so'ruvchi, suyuqlik oqadigan qismi kattalashgan qirqimli; L – (lyogkiy) engil, bir korpusli; T – (tyajjol) og'ir, ikki korpusli; R – rezina bilan qoplangan; V –

vali vertikal joylashgan. Fekal, qum shag'al va tuproq so'ruvchi nasoslar markalaridagi belgilar birinchi qismda keltirilgan.

**Uqiy nasoslar, parrakli nasoslar** sinfiga mansubdir. Suyuqlik, nasosning uqi buylab xarakat qilgani uchun, parrakli nasoslarning bu turi, uqiy nasoslar nomini olgan (2.16-rasm). Ish g'ildiragiga-2 kirishda va tug'rilovchi apparatdan-5 chiqishda, suyuqlik xarakatining yunalishi, val uqining aylanishi yunalishiga mos keladi. Uqiy nasoslarning klassifikatsiyasi 2.18-rasmdagi sxemada keltirilgan.



2.18-rasm. 15. Uqiy nasoslarning sxemasi va konstruksiyasi.

a) - uqiy nasoslarning sxemasi: 1, 6 –nasos va podshipniklar uzeling korpusi; 2 –ish g'ildiragi; 3 –ish g'ildiragining parragi; 4 –val; 5 –tug'rilovchi apparat; 7, 8 –ish g'ildiragiga kirishda va tug'rilovchi apparatdan chiqishda tezlik epyuralari; 9 – tug'ri shaklidagi oqib o'tuvchi; b)-uqiy nasoslarning konstruksiyasi: 1-ish g'ildiragi; 2-tug'rilovchi apparat; 3-olib ketuvchi; 4 –val; 5 –podshipnik vkladishlari; 6 –podshipnik; 7 – mufta.

Uqiy nasoslar ikki xil turda ishlab chiqariladi: (uqiy, parraklari ish g'ildiragi quzgolmas qilib mahkamlangan) va (parraklari, ish gildiragi, o'z uqi atrofida aylanib buraladigan qilib mahkamlangan).



### III. BULIM. KOMPRESSORLAR

#### 3.1. KOMPRESSORLAR HAQIDA UMUMIY TUSHINCHALAR VA ULARNING TURLARI

Gazlarni qisishga va aralashtirishga ixtisoslangan mashinalarni gaz purkovchi yoki kompressor mashinalar deb ataladi. Keyinchalik bu mashinalarni, “kompressor mashinalar” yoki soda qilib, kompressorlar deb yuritimiz.

Kompressorlarni xususiyatlariga qarab quyidagi klassifikatsiyalarga ajratamiz:

- qisiluvchi muhit turiga qarab: havo kompressorlari, azotli, etilenli, ko'mir vodorodli gazlar uchun, kislorodga, freonga, uglekislotali gazlar uchun kompressorlar.
  - tsilindr soniga qarab (porshenli uchun) bir tsilindrli, ko'p tsilindrli:
  - so'ruvchi gaz bosimiga qarab:
  - so'ruvchi quvuridagi me'yoriy bosim atmosfera bosimiga teng;
  - siquvgacha bosim atmosfera bosimidan katta;
  - uzatgich turiga qarab;
  - mexanik yuritmalı transmissiya vallari, o'qi va boshqalar;
  - elektr uzatgichli o'zgaruvchi tokka asoslangan;
  - bug' kuchiga asoslangan uzatkichli bug' mashinasidan, bug' turbinasidan;
  - gaz turbinasidan foydalangan yuritgich;
  - ichki yonish dvigatelidan olingan yuritgich;
  - gazmotorli, «gaz dvigatelli kompressor» yagona nomga ega;
  - siqishning bosqichlar soniga qarab: birbosqichli, ko'pbosqichli;
  - kompressor o'rnatilgan joyga qarab;
  - statsionar – qimirlamas asosga mahkamlangan;
  - transportli (ko'chib yuruvchi) – o'zining asosiga ega bo'lib, ko'chuvchi (aviatsiyada, kemalarda va b.q.) yoki maxsus aravalarda olib yuriluvchi (qurilish tashkilotlarda, shaxtalarda va h.k.)
  - sovutilishi bo'yicha:
  - sovutilmaydigan:
    - suv yordamida maxsus o'rov ichidagi sovutish va vaqti-vaqti bilan (bosqichma bosqich) sovutiladigan;
    - havo yordamida sovutilish;
  - bosim o'zgarishiga qarab:
    - vakuum kompressorlar atmosfera bosimdan kichik bo'lgan maydondan gazni so'rish bilan va atmosfera bosimi yoki undan ortiq bosimli maydonga haydovchi;
    - ventilyatorlar, haydash bosimi 0,01 MPa gacha gaz puflovchi (havo puflovchi), haydash bosimi 0,01 do 0,35 MPa;
    - kompressorlar, haydash bosimi 0,35 MPa dan ortiq;
- O'z navbatida bosim berish qobiliyatiga qarab, kompressorlar quyidagi xillarga bo'linadi;
- past bosimli kompressorlar 0,35-1 MPa oralig'ida;
  - yuqori bosimli kompressorlar 1-10 MPa;
  - o'ta kuchli bosimli kompressorlar, bosimi 10-100 MPa dan ortiq;
1. Tsilindrlar soniga qarab: bir tsilindrli, ikki tsilindrli va uch tsilindrli;

2. Tsilindrlar joylashuviga qarab: gorizontal, vertikal, *W*-shaklida, V- shaklida;
3. Qism bosqich soniga qarab: bir bosqichli va ikki bosqichli;
4. Uzatgich rusumiga qarab: elektrodvigatelda uzatish, dizeldan uzatish.

***Kompressorlarning asosiy texnik xarakteristikalarini quyidagicha:***

- havo qismidagi bosim miqdori(atm, bar);
- so'rish yoki haydash unumdorligi ( $m^3/min$ , l/min, l/sek);
- kuch qurilmasi boshlang'ich quvvati (kVt);
- kompressor massasi va o'lchami.

***Kompressorlar klassifikatsiyasi:***

***1. Havo qismi rejimi harakteriga va mashinaga qo'llash xilligi:***

- statik - bunda porshenli, rotatsion va vintli sistema ishlatiladi;
- dinamik - radial va o'qli rusumdagi hamda o'ramali turbomashinalar bilan.

***2. Konstruktiv qo'llashdagi qo'shimchalar:***

- boshlang'ich qurilma kuchi ko'rinishi (elektrodvigatel, korbyuratorli yoki dizelli ichki yonish dvigateli);
- havo qismi bosqichi soni (bir-ikki bosqichli);
- sovutish sistemasini qo'llashdagi ko'rinishi (yog', havo bilan);
- ko'chirish mumkinligi (statsionarli, ko'chishli, bir o'qli va ikki o'qli pritsepli);
- uskuna kuchining montaj qismida, qismlarni joylashtirish o'rni (ramada, resiverda);
- resiverning joylashuvi (gorizontal, vertikal);
- apparatning komplektatsiya darajasi (havo tayyorgarligi, nazorat va havfsizlik).

Mashinaning asosiy energiya manbai - bu qisiluvchi havo, uskuna va butlovchi qismlar.

Kompressor orqali ishlov berilgan havoning iqtisodiy samaradorligi uning tozaligiga bog'liq. Havoni boshqarish uchun qo'llash ma'lum qonun-qoidalar va me'yorlar bilan belgilangan.

### **3.1.1. KOMPRESSORLAR KLASSIFIKATSIYASI VA ULARNI QO'LLANISH SOHALARI**

Quyidagi rasmda kompressorlar klassifikatsiyasi keltirilgan bo'lib, ularning konstruktiv xususiyatlari tahlil qilingan.

Og'ir metalli porshenli mashinalar, ularning harakatlanuvchi qismi to'liq muzoqatlanmagan, ularga nisbatan sekin harakatli ammo yuqori bosimli (10 MPa dan oshiq) va (250 —300 MPa) ishlab chiqarishga ta'luqli kompressorlar hamda 2000 MPa gacha — laboratoriyaga mo'ljallangan kompressorlar) yuqori iqtisodiy ko'rsatkichda ishlovchi, turli gazlarni, hatto xavfli (toksin) gazlarni siquvchi mashinalarga kiradi.

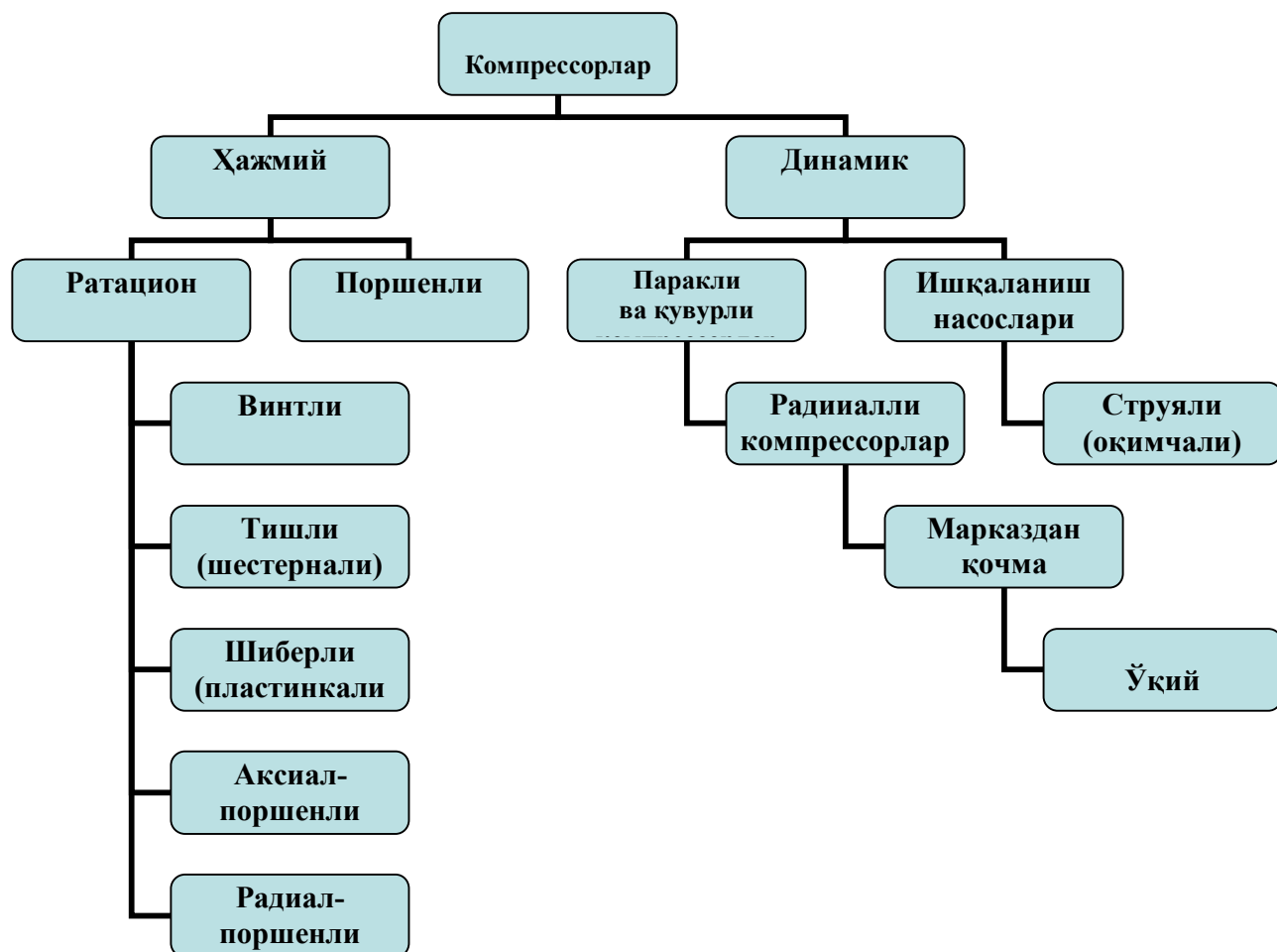
***Dinamik ta'fsifli kompressorlar.*** Bunday kompressorlar katta aylanishga ega, nisbatan engil metalli, yuqori unumdorli porshenliga nisbatan FIK kamroq, lekin harakati tekis muvozanatlashgan. So'rish va haydashda bosimlar farqi yuqori bo'lishi

uchun ko'p bosqichli sxemaga ega bo'lgan kompressorlar yaratilishi maqsadag muvofiq hisoblanadi.

Bu holda mashina haddan tashqari katta va iqtisodiy ko'rsatkichlari bo'yicha maqsadga muvofiq emas. Unumdorligi (sarfni kamayishi 100 m<sup>3</sup>/min. dan kam) iqtisodiy jihatdan keskin kamayadi.

**Rotorli mashinalarning** FIK dinamik kompressorlarga nisbatan biroz kamroq bo'ladi. Uning tezlik xarakteristikasi rotor va tsilindrdagi mexanik bog'liqligi uchun chegaralangan. Shuning uchun dinamik mashinaga nisbatan ishonchsizroq ishlaydi. Dinamik mashinada aylanma tezlik, disk yoki parraklar mustahkamligiga qarab, ma'lum chegaraga ega.

Bunday mashinalar ishonchligi va FIK bo'yicha yuqori nisbiy bosim hosil qilmaydi. Bunday mashinalarda FIK va ishlash jarayonidagi shovqunning kamligiga va rotor aylanish chastatasi nisbiy bosimiga bog'liq emasligi uning asosiy xarakteristikasini ifodalaydi (Dinamik mashinalarda bosim farqi rotorni aylanishiga bog'liqligi).



**Membranali kompressorlar** ichki jarayon va konstruktsiyasi ko'rinishi xarakter jihatdan porshenli kompressorlarga o'xshash bo'ladi. Ishchi a'zo—membrana, haydash bosimini yuqoriligi (20-40MPa) va berilayotgan gazning tozaligi va konstruktsiyasiga qator chegaralanadi. Ular porshenli kompressorlarga nisbatan metallning ko'p

ishlatilganligi hamda sekin harakatliligi bilan farqlanadi. Membrananing kichik egilishi hisobiga mashinaning unumdorligi juda kam o'zgaradi. Membranali mashinaning ishlash vaqti ham chegaralangan. Bu mashinalar gazni siqish va uzatishni eng yaxshi (optimal) holga keltirish uchun ko'p faktorli tahlillar, ma'lum sharoitlardagi mashina ishlatilishida konstruktsiya elementlarini o'zgartirishda quyidagi holatlarga e'tibor qaratish kerak bo'ladi. Boshlang'ich kapital xarajatlar, ishlatish faktorlarni (FIK, ishlatish vaqti, taklif qilingan vaqtgacha ishlab berishi va h.k.) atrof muhit faktorini (tovush tebranishi, germetiklik va h.k.) har bir faktorning muhimligi iste'molchi tomonidan bohalanadi.

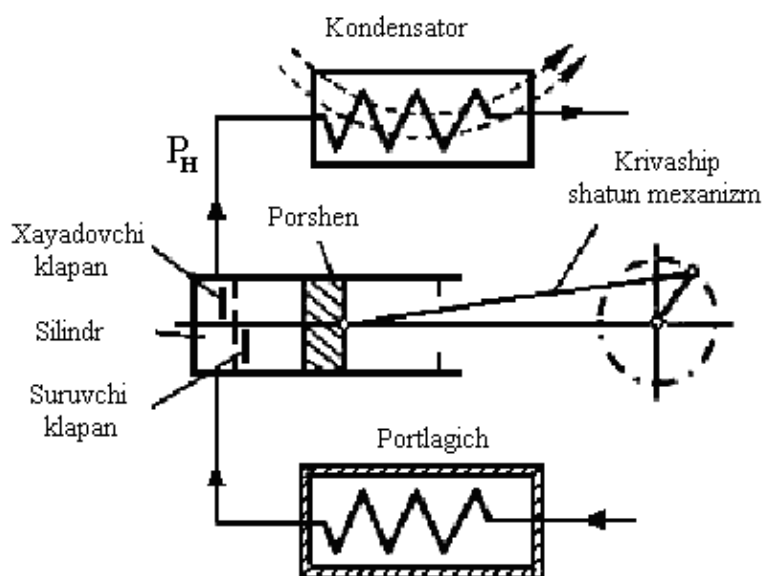
Yuqoridagi faktorlarga asosan joylarda qaysi mashinaga ehtiyoj sezilsa, shunga qarab kompressorlar rusumi tanlanadi.

### 3.1.2. PORSHENLI KOMPRESSORLAR

Porshenli kompressorlar — eng ko'p ishlatiladigan kompressorlar bo'lib, konstruktiv jihatidan ham turli ko'rinishda bo'ladi. Porshenli kompressorlar to'qimachilik sanoatida, mashina qurulishida kriogen texnikada, kimyo va sovutgichlar ishlab chiqarishda ko'plab ishlatiladi. Porshenli kompressorlar ko'rinishi, tsilindrlar joylashuvi, shatun mexanizmi qurilmasi va bosim hosil qilish darajasiga qarab farqlanadi.

#### *Porshenli kompressorning ishlash printsipti.*

Porshenli kompressor — bu shunday kompressorki, unda tsilindr ichida porshen ilgari qaytarma harakat qiladi. Eng sodda kompressor porshen va tsilindrdan iborat bo'lib, 3.1-rasimda ular orasida kichik oraliq mavjud.



3.1-rasm. Porshenli kompressorning ishlash printsipti.

Porshen dvigetelga ulangan val orqali krivoship-shatun mexanizm orqali harakatga keladi.

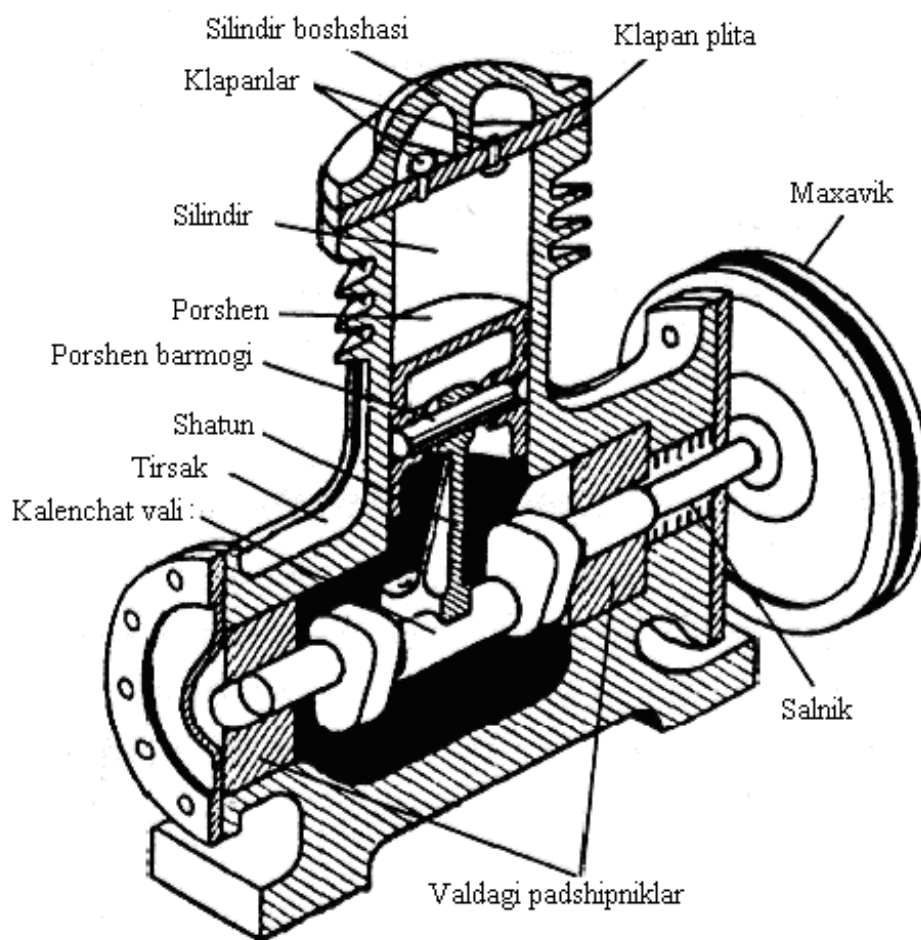
Porshenli kompressorlarda so'ruvchi va haydovchi klapanlar tsilindr qopqog'i (krishka) ichiga joylashtirilgan. Har bir kompressor tsilindri ichida valning bir marta aylanishida yoki porshening ikki yurishida to'liq ish jarayoni namoyon bo'ladi.

Tsilindr ichida porshen harakati natijasida kondensator ichida porshen ust qismida havo siyraklanishi hosil bo'ladi va klapan ochilishi bilan parlatgich orqali parbug' tsilindr ichiga kira boshlaydi. Porshening teskari harakatida esa bug'lar qisiladi va natijada bosim oshadi.

So'ruvchi klapan bu vaqtda yopiladi, haydovchi klapan orqali siqilgan bug' kondensatorga itariladi. Shundan keyin porshen harakat yo'nalishi o'zgaradi va haydovchi klapan yopiladi, kompressor bug'ini parlatgich orqali so'ra boshlaydi.

Cho'yandan ishlangan kompressorning qismlari tsilindr va kompressordan iborat bo'lib, tirsakli val karter ichiga joylashtirilgan. Karter ichiga moy quyilib, bu moy kompressor qismlarini moylab turadi.

Tirsakli val podshipniklarga quyilgan maxsus bo'yinchalarga o'rnatilgan. Bo'yinchalar salniklar bilan zichlangan. Bu esa tirqishlardan moyning oqib ketishiga to'sqinlik qiladi. Valning bo'yinchasiga maxovik presslangan bo'lib, kamarli uzatgich yordamida dvigatel tirsakli valni aylantiradi.



3.2-rasm. Porshenli kompressorning tuzilish sxemasi

Shatun yuqori boshchasi yordamida porshen barmoqchasiga biriktirilgan. Valning aylanishi bilan tsilindr o'qida porshen bir chetki holatidan ikkinchi chetki holatgacha harakatlanadi. Bu vaqtda krivoship ikki radius qiymatga aylanadi.

Porshenga maxsus xalqacha o'rnatilgan bo'lib, o'zining qayishqoqligi bilan moy idishi (karter) ga bug' qoldiqlarini tushirmay turadi hamda tsilindr ichida zich holda harakatlanadi.

Tsilindirning yuqori qismi maxsus boshcha (golovka) bilan berkitilgan. Tsilindir bosh qismi ikki kameradan iborat: so'ruvchi va haydovchi. Har bir kamerada klapanlar bo'lib, ular so'ruvchi va haydovchi klapanlardir. Klapanlar tsilindrning ikki tomoniga o'rnatiladi.

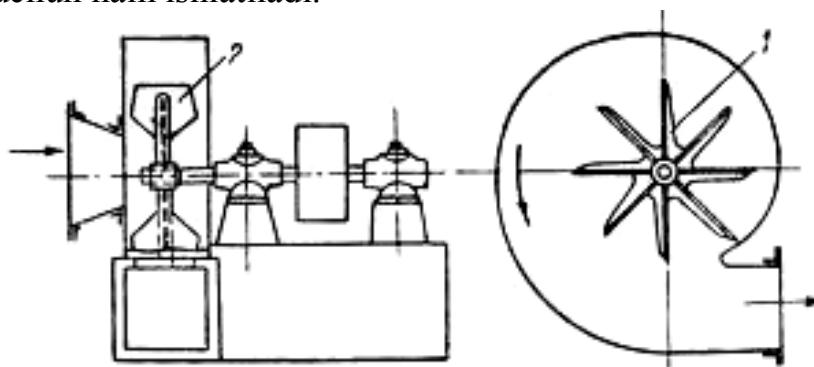
So'ruvchi klapanlarga so'ruvchi quvur o'rnatilib, porlatgich bilan ta'minlangan. Haydovchi kameraga haydovchi quvur esa kondensator orqali ulangan.

### 3.1.3. XAVO HAYDAGICHLARNING TUZILISHINI O'RGANISH

Ventilyatsiya (shamolotish) tizimlari ham kompressorlar tizimlariga o'xshab, turli tuman uskanali guruhlarga bo'linadi. Bular ventilyatorlar, ventilyator agregatorlari yoki ventilyator qurilmalaridir.

#### *Ventilyatorlar.*

Ventilyatorlar - mexanik qurulma bo'lib, xonalarni shamollatishga, havoni tashuvchi tizimlarda havo almashtirib turishga va salqin havo hosil qilishga mo'ljallangan. Shuningdek, 3.3-rasmda havoni to'g'ridan-to'g'ri xonalarga uzatib berish, xonadagi havoni so'rish bilan birga ventilyatorga kirishda va chiqishdagi kerakli bosim farqini hosil qilish uchun ham ishlatiladi.



3.3-rasm. Ventilyatorlar konstruksiyasi va ishlash turi bo'yicha quyidagilar turlarga bo'linadi

O'qiy (aksial); markazdan qochma (radial); diametralli (tangentsial).

Ventilyatorlar havoni uzatishi hamda to'liq bosim miqdoriga bog'liq hamda quyidagilarga bo'linadi: past bosimli (1 kPa) gacha; o'rtacha bosimli (Z kPa) gacha; yuqori bosimli (12 kPa) gacha.

Ventilyatorlarni ishlatish sharoitiga va muhit tarkibiga qarab quyidagilarga bo'linadi:

800°S gacha bo'lgan haroratli havo uchun; korroziyali muhitlar uchun;

issiqqa chidamli 200°S gacha haroratli havo uchun;  
portlashga xavfsiz, portlashga moyil muhitlar uchun;  
chang-to'zonli havo uchun (qattiq zarrachalar 100 mg/m<sup>3</sup> dan katta).

**Ventilyator** parraklarini mahkamlanish usuli va elektrodvigatelъ o'rnatilishiga qarab ventilyatorlar quyidagicha bo'ladi:

elektrodvigatelъ bevosita ulanish bilan; kamarli bog'lanish bilan.

**Ventilyatorlarni** o'rnatish joyiga qarab ular quyidagilarga bo'linadi:

Oddiy, maxsus tayanchga o'rnatilgan (rama yoki mustahkam asosga);

kanalli, bevosita havoni haydaydigan havo yo'liga o'rnatilgan;

tomga, ya'ni maxsus o'rindiqqa o'rnatilgan.

**Radial ventilyatorlar** — turli tuman loyihali so'rib olib- uzatuvchi shamolatgich, ishchi bosimi hamda sarfi keng spektrli bo'lgan ventilyatorlar. Ushbu ventilyator murakkab mahsulotlarni va portlashga moyil muhitlar uchun qo'llaniladi.

**Kanalli ventilyatorlar** dumaloq va to'rtburchak kanallar uchun, mahsulotlarni joyni shamollatish tizimini ishga solishga juda qulay bo'lib, o'rnatish va uni ishga tushirish tez va qulay. Bunday ventilyatorlar yuqori sifatli dvigatelъ bilan jihozlangan bo'lib, tashqi rotdorga ega hamda kam quvvat talab qiladi va ishlatish uchun juda qulaydir.

**O'qiy ventilyatorlar** — eng sodda shamollatish usuliga ega. U ishlab chiqarish ob'ektlarida, qishloq xo'jalik va boshqa binolarni shamollatishda keng miqyosda qo'llaniladi.

#### **Asosiy xarakteristikalar**

Barcha ventilyatorlar ma'lum texnik xarakteristikalariga ega bo'lib, qo'llanish sohasiga qarab tanlanadi hamda klassifikatsiyalanadi.

#### **Ventilyatorlar quyidagi texnik xarakteristikalariga ega:**

aylanish chastota (ayl/min), bosimning to'liq hosil qilinishi (Pa), havo sarfi (m<sup>3</sup>/s), tovush bosimi hosil qilinishi (dB), FIK (foydali ish koeffitsienti) va kerakli quvvati (Vt).

#### **Ventilyatorlar turlari:**

Ventilyatorlar turli rusum va turlarga ega. Ventilyatorlar qurulma konstruktsiyasi, qo'llanish sohasi, ish sharoiti hamda texnik xarakteristikasi va parametrlari orqali farqlanadi.

#### **Ventilyatorlar konstruktsiyasi:**

O'qiy (aksial), markazdan qochma (radial), diagonal va tangentsialli (diametralli).

#### **Ventilyatorlar bosim hosil qilishiga qarab bog'lanish turlari:**

Past bosimli (1 kPa gacha), o'rta bosimli (1-3 kPa gacha), yuqori bosimli (3 - 12 kPa gacha):

#### **Ish sharoitiga qarab bog'lanishli ventilyatorlar:**

-oddiy ventilyatorlar;

-chang uchun (changli muhitda ishlash uchun);

-portlashlardan himoyalangan (portlashga moyil muhitlarda ishlash uchun) ;

-issiqqa chidamli ventilyatorlar (80°S dan yuqori haroratda ishlash uchun);

- korroziyaga chidamli (korroziyali muhitda ishlash uchun) ;
- tutunni yo'qotish uchun ishlaydigan ventilyatorlar.

***Ventilyatorlarning elektrodvigatellarga ulanish usuliga ko'ra:***

bevosita ulanish bilan, bosqichli ulanish bilan va kamarli uzatgich bilan:

***Ventilyatorlarni o'rnatish usuliga ko'ra:***

- oddiy ventilyatorlar (tayanchga mustahkamlangan):
- kanalli ventilyatorlar (havo o'tkazish yo'liga o'rnatilgan):
- tomga mo'ljallangan ventilyatorlar (bino tomiga o'rnatilgan):
- ko'p tarmoqli ventilyatorlar (ko'p hajmdagi havo o'tkazishga mo'ljallangan ventilyatorlar):

***Ventilyatorlar hosil qiladigan bosimiga qarab quyidagilarga bo'linadi:***

- past bosimli ventilyatorlar (markazdan qochma, o'qiy), haydash bosimi 1000 Pa-gacha;
- o'rta bosimli (markazdan qochma), bosimi 3000 Pa gacha;
- yuqori bosimli (markazdan qochma), bosimi 10 kPa va ayrim hollarda 15 kPa gacha;

***- Ventilyator qurilmasining ishlash tartibiga asosan:***

- Hajmiy, shu jumladan, porshenli ilgarilanma-qaytarma harakatli porshenli, bir ishchi yoqlama, oddiy yoki ikki yoqlama, rotorli va vintli;
- parrakli (kurakli), ular o'z navbatida ishchi jism radial yo'nalishdagi harakatli markazdan qochma radial o'qiy (aksialli) ishchi jism o'qi ko'chiga bo'linadi;
- kurakli markazdan qochma va o'qiy kompressorlar hamda havopurkagichlar, turbokompressor va turbomashinalar deyiladi;
- oqimchali (struyali) (ijektorlar, aspiratorlar), past bosimli havo(gaz) ni so'rish va siqishga mo'ljallangan bo'lib, ishchi jismi kengaytirilgan, kinetik energiyadan foydalanishga asoslangan.

***Ventilyatorlar turlari***

Havo o'tkazgichlar tizimidagi binolarda ishlatiladigan, havoni haydash va so'rishda, shamollatish uchun qo'llanadigan qurilmalarga ventilyatorlar deb yuritiladi. Ventilyatorlarning asosiy vazifasi, havo o'tkazgichdagi qarshilikni va diametrlar farqini engish, ventilyatsiya tizimidagi mahalliy qarshiliklarni kamaytirishdan iborat. Havo qarshiligi tizimidagi bosim farqlari mo'tadil bo'lmasligi sababli bosim farqlarini o'zgartirish uchun ventilyatorlar turlari tanlanadi.

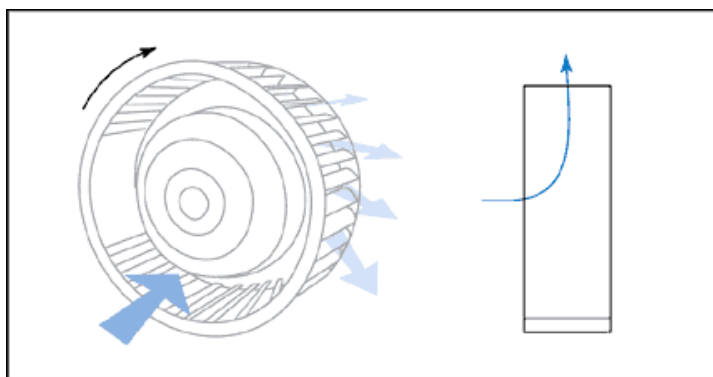
Ventilyatorlarning ishlash tartibiga va geometrik ko'rinishiga qarab parrakli, radial, o'qiy, yarim o'qiy hamda diagonal ventilyatorlarga bo'linadi.

***Radial ventilyatorlar***

Shamollatish tizimida asosan yuqori bosimli ishlash sharoitida radial ventilyatorlar ishlatiladi. Uning asosiy texnik xarakteristikalari ishchi g'ildirak va parraklar orqali aniqlanadi.

Agar kuraklar egilgan bo'lsa, kam shovqunga va 80% samarali ishlashga ega bo'ladi, ammo bunday kuraklar orqali havo miqdorini o'tishi bosimga bevosita bog'liq. Bunday ko'rinishga ega bo'lgan kuraklar changli havoga tavsiya etilmaydi.



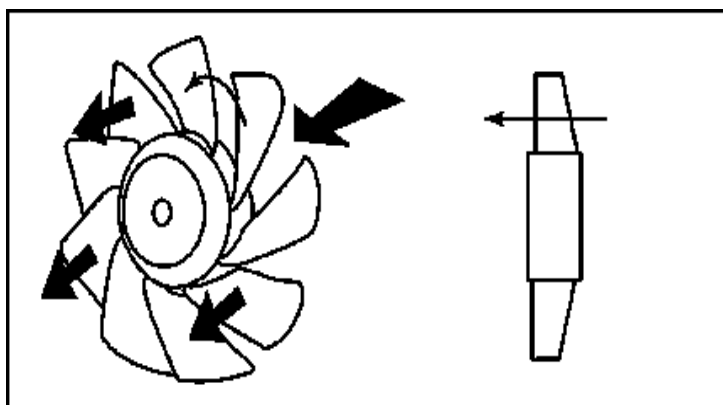


**3.4-rasm. Radial ventilyatorlar.**

Agar ishchi g'ildirakdagi kuraklar to'g'ri shaklga ega bo'lib, orqa tomonga egilgan bo'lsa, 70% gacha ishlash samaradorligiga ega. Bu rusumdagi ventilyatorlar ifloslangan havo uchun yaxshi ishlaydi. Agar ishchi g'ildirakdagi kuraklar to'g'ri radial holatda bo'lsa, havodagi iflosliklarga kam yopishish koeffitsientiga ega bo'lib, 3.4-rasmda ventilyator ishlashi 50% samaradorlikni tashkil qiladi.

Ventilyator konstruktiv jihatdan oldinga buralgan bo'lsa, ventilyator 60% samaradorlikda ishlaydi va havoning yuqori bosimi uning unimdorligiga kam ta'sir qiladi. Bunday ventilyatorlar gabarit jihatdan kichik miqdorni tashkil qilib, o'rnatishga ham qulay hisoblanadi.

**O'qiy ventilyatorlar.** Bunday rusumdagi ventilyatorlar samaradorligi jihatidan past bo'ladi. Samaradorligini oshirish yo'li tsilindr shaklidagi tayanchga o'qiy ventilyatorlarni joylashtirishdan hisoblanadi. Ushbu usullar yordamida (3.5-rasmda) o'qiy ventilyatorlarning ishlash samaradorligini 75% ga oshirish mumkin yoki yo'naltiruvchi kuraklar ishlatilsa, u holda ishlash samaradorligi 85% ga oshirish mumkin bo'ladi. Propellerli ventilyatorlar - o'qiy ventilyatorlarning eng sodda turlari qatoriga kiradi.

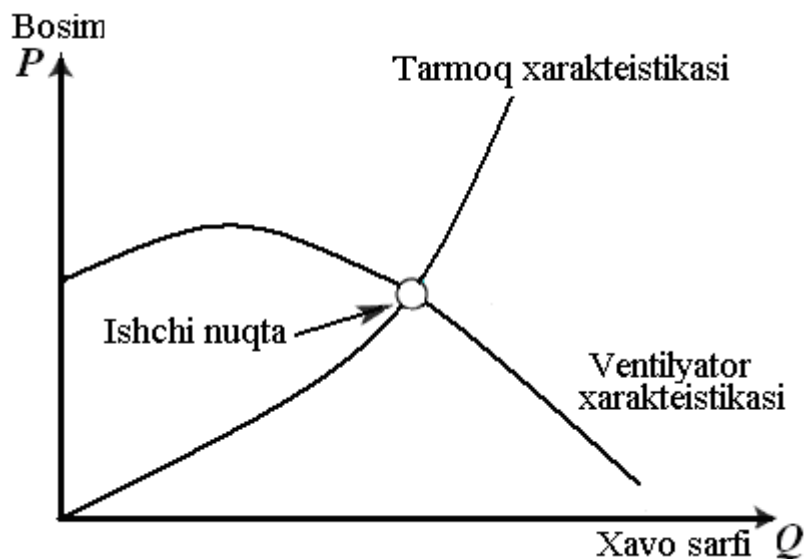


**3.5-rasm. Propellerli ventilyatorlar**

### ***Ventilyatorlarning aerodinamik xarakteristikasi***

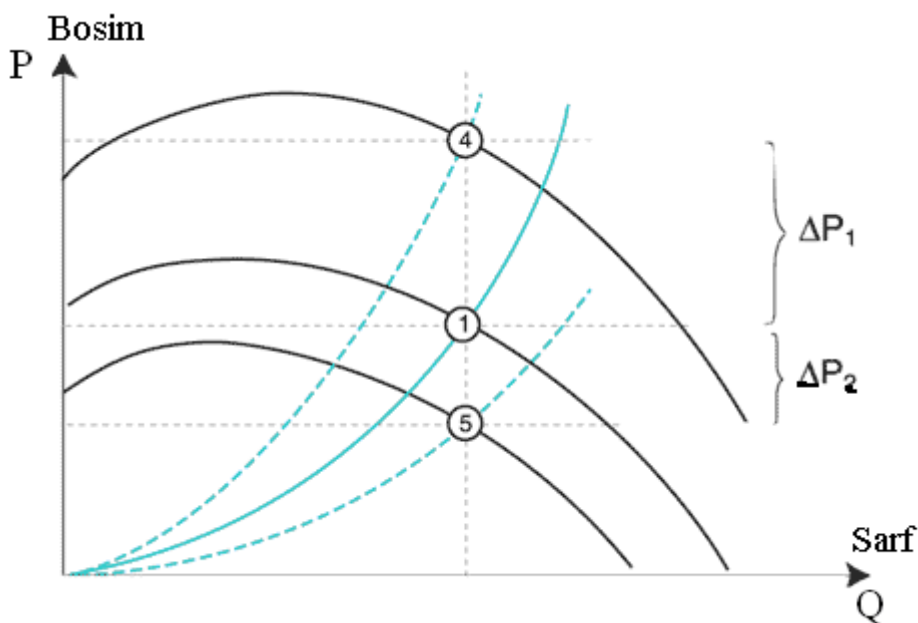
Aerodinamik xarakteristikani aniqlashda ventilyator unudorligining havo bosimiga bog'liqligi tushuniladi. Ma'lum havo bosimi qiymatida, havo massasining

solishtirma sarfiga to'g'ri keladi. Bunday bog'lanish quyidagi (3.6-rasmda) grafik ko'rsatilgan.



3.6-rasm. Bosim o'zgarishining sarfga bog'liqlik grafigi

Bu grafik havo sarfining o'zgarishi tizimidagi qarshilikning o'zgarishini ko'rsatadi. Qarshilik egri chizig'idagi ishchi nuqta yuqoriga va pastga ko'chishi, sarf oshishi va kamayishini ko'rsatadi. Agar bosim farqlarining nazariy qiymatidan chetlashuvchi natijasida, ishchi nuqta joylashuvi va sarf qiymati ham nazariyaga nisbatan farqlanadi.



3.7-rasm. Ventilyator ishchi g'ildirigidagi aylanish tezligining bosm o'zgarishiga bog'liqlik grafigi

Birinchi va ikkinchi holatlarda nazariy hisob ma'lumotlariga qaraganda (3.7-rasmda) bosimning haqiqiy ko'rsatgichidagi chetlashuvi grafikda  $\Delta R_1$  va  $\Delta R_2$  larda ko'rsatilgan. Bunda ishchi nuqta nazariy jihatdan hisoblashlarda aniqlangan bo'lib,

ventilyatorning eng qulay samaradorligi aniqlangan. Bu holda ventilyatorning ishchi g'ildiragi aylanish sonining o'zgarishi (oshishi va kamayishi) ventilyatorni samaradorligining o'zgarishiga olib keladi.

***Ventilyatorning samaradorligi, ya'ni FIK.***

$$\eta = \frac{\Delta P_t \cdot q}{N}, \tag{3.1}$$

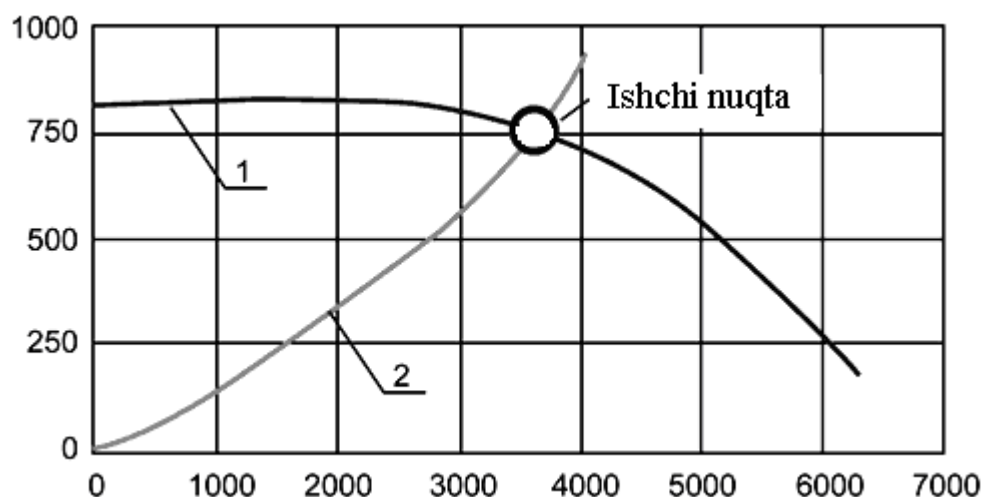
Bu erda:  $\Delta P_t$  - bosimning umumiy o'zgarishi (Pa);

$q$  - havo sarfi ( $m^3$ /soat);

$N$  — quvvati (Vt).

***Ventilyatorning ishchi nuqtasi***

Har qanday ventilyator uchun uning ma'lum aerodinamik xarakteristikasi (3.7-rasmda) 1-egri chiziq mavjud. Bunda bosimga nisbatan sarf o'zgarishi grafigi ko'rsatilgan.



**3.8-rasm. Ventilyatorlarning aerodinamik xarakteristikas**

Ishchi nuqta 1-egri chiziq (ventilyatorning aerodinamik xarakteristikasi) va 2-egri chiziq kesishgan nuqtada (tarmoqning xarakteristikasi) joylashgan. Ishchi nuqta muayyan (konkret) shamolatish tarmog'ida ventilyatorning haqiqiy ko'rsatgichini aniqlaydi va ventilyatorning optimal ishlash rejimi hisoblanadi.

## FOYDALANILADIGAN ASOSIY ADABIYOTLAR

1. Қ.Ш.Латипов, Гидравлика гидромашиналар . -Т. 1994,
2. А.Ю. Умаров Гидравлика. Узбекистон. Т.2002,
3. Д.Р. Бозоров, Р.К. Каримов ва б.қ. Гидравлика. Т. Билим, 2003,
4. Р.Р.Чугаев. Гидравлика. Л. Энергоавтомиздат, 1982.
5. М.Э. Дезэ и др. Гидрогазодинамика. - М.: Энергоатомиздат, 1984,
6. Х.К.Ташматов., А.А.Шокиров, А.А.Мукольянц. Гидравлика Т.2009.
7. О.Х.Nizomov., А.А.Mukolyants. Hidrostatika Т.2010.
8. А.А.Мукольянц. Гидравлика, гидравлический машини и гидропневмоприводов. Т.2010
9. Б.А.Алиев., А.А.Мукольянц., А.А. Каримов., С.Ш.Хабибуллаев. Гидрогазодинамика нефти и газа в процессе эксплуатации нефтегазохранилищ. Т.2012.
10. А.Д.Гиргидов. Механика жидкости и газа (Гидравлика). - Санкт-Петербург. Издательство СПб ГПУ. 2004,
11. Л.Л.Повх. “Технический гидромеханика”. - Л.: Маш.,1986,
12. А.А.Shokirov, А.А.Karimov, А.Е.Parmanov. “Ixcham gidravlika”, - Т. 2010,
13. С.А.Абдарашитов, А.А.Туршенков. Насосы и компрессоры. - М.: Недро, 1984,
14. З.С.Шлипченко. Насосы, компрессоры и вентиляторы. – Киев: Техника, 1989,
15. В.М.Черкассий, Т.М.Раманова. Насосы, компрессоры и вентиляторы. - М.: Энергия, 1978,

## QO'SHIMCHA ADABIYOTLAR

1. Р.Х.Убайдуллаев, В.Р.Убайдуллаев. Amaliy suyuqlik mexanikasi (Gidravlika) o'quv qo'llanma. - Т.: 2003,
2. А.А.Каримов. Насос, компрессор лойхалаш ва ишлатиш (маруза матни). – ТошДТУ, 1999,

## ELEKTRON RESURLAR:

1. <http://www.uzbekistan.uz>
2. <http://www.bilim.uz>

# M U N D A R I J A

1.	<b>SO'Z BOSHI</b>	4
2.	<b>I. GIDRAVLIKA</b>	6
3.	<b>1.KIRISH</b>	6
4.	1.1.1. ASOSIY TUSHUNCHALAR VA QOIDALAR	8
5.	<b>1.2. SUYUQLIKLARNING ASOSIY FIZIK XOSSALARI</b>	9
6.	1.2.1 ASOSIY O'LCHAMLAR VA ULARNING O'LCHOV BIRLIKLARI	11
7.	<b>1.3.SUYUQLIKLARDAGI ISHQALANISH UCHUN NYUTON QONUNI</b>	12
8.	1.3.1 MASALALAR	13
9.	<b>1.4. GIDROSTATIK BOSIM, UNING XOSSALARI VA O'LCHASH BIRLIKLARI</b>	14
10.	1.4.1. GIDROSTATIK BOSIMNING XOSSALARI	14
11.	<b>1.5. BOSIM O'LCHASH ASBOBLARI. PASKAL QONUNI</b>	16
12.	1.5.1. BOSIM TURLARI	18
13.	1.5.2. GIDROSTATIK BOSIM EPYURALARI	21
14.	1.5.3. GIDROSTATIK BOSIM KUCHI	22
15.	1.5.4. GIDROSTATIK BOSIM KUCHI KO'YILADIGAN MASOFA	23
16.	<b>1.6. GIDROSTATIK MASHINALAR. ARXIMED QONUNI</b>	24
17.	<b>1.JISMLARNI SUYUQLIKDA SUZISHI. SUZUVCHANCHANLIK. NISBIY TINCHLIK. ARXIMED QONUNI</b>	25
18.	1.7.1 ARXIMED QONUNI	29
19.	<b>1.8. SUYUQLIKLARNI IDISH DEVORIDAGI BOSIMI</b>	32
20.	1.8.1. YAASSI QIYA SIRTGA TA'SIR ETUVCHI GIDRAVLIK BOSIM KUCHINI ANIQLASH USULLARI	33
21.	1.8.2. EGRI SIRT KO'RINISHIDAGI YUZAGA TA'SIR ETUVCHI GIDROSTATIK BOSIM KUCHI	36
22.	1.8.3. SUYUQLIKARNI IDISH DEVORIDAGI BOSIMIGA DOIR MASALALAR	37
23.	1.8.4. NEFT VA NEFT MAHSULOTLARNI QOVUSHQOQLIGINI ANIQLASH	39
24.	<b>1.9. GIDRODINAMIKA ASOSLARI. SUYUQLIKLARNING HARAKAT TAVSIFI, ASOSIY KATTALIKAR</b>	44
25.	1.9.1. OQIMALI HARAKAT. OQIM CHIZIG'I, OQIM NAYASI VA OQIMCHA	46
26.	1.9.2. OQIMNING GIDRAVLIK ELEMENTLARI.	47
27.	1.9.3. ELEMENTAR OQIMCHA VA TO'LA OQIMCHA UCHUN UZLUKSIZLIK TENGLAMALARI	49
28.	1.9.4. SUYUQLIKNING BARQAROR HARAKATIDA UZLUKSIZLIK TENGLAMASI	50
29.	<b>1.10. SUYUQLIKLARNING HARAKAT REJIMI. REYNOLDS TAJRIBASI</b>	55
30.	1.10.1. SUYUQLIKNING LAMINAR HARAKATI. TEZLIKNING TSILINDRIK QUVUR KESIMI BO'YICHA TAQSIMLANISHI	57
31.	1.10.2. QUVUR UZUNLIGI BO'YICHA BOSIMNING PASAYISHI (PUAZEYL FORMULASI)	58
32.	1.10.3. SUYUQLIKLARNING TURBULENT HARAKATI	59

33.	1.10.4. TEZLIK VA BOSIM PUL'SATSIYALARI	62
34.	1.10.5. IDEAL SUYUQLIK, ELEMENTAR OQIMCHASI UCHUN BERNULLI TENGLAMASI	63
35.	1.10.6. REAL SUYUQLIK ELEMENTAR OQIMCHASI UCHUN BERNULLI TENGLAMASI	66
36.	1.10.7. GIDRAVLIK VA P'EZOMETRIK QIYALIKLAR	68
37.	1.10.8. . GIDRAVLIK YO'QOTISH TURLARI	69
38.	<b>1.11. MAHALLIY QARSHILIKLAR. MAHALLIY QARSHILIK KOEFFITSIENTINI ANIQLASH</b>	71
39.	1.11.1. QUVURNING KESKIN KENGAYISHI (BORDA QOIDASI)	74
40.	<b>1.12. QUVURLARDA SUYUQLIK HARAKATI. UVURLARNING VAZIFASI VA TUZILISHI. QUVURLARNI HISOBLASH</b>	75
41.	1.12.1. QUVURLARNI VA SODDA QUVURLARNI GIDRAVLIK HISOBLASH	76
42.	1.12.2. MURAKKAB QUVURLAR HISOBI	81
43.	<b>1.13. SUYUQLIKLARNI TESHIK VA KICHIK TESHIKLARDAN (NASADKALARDAN) OQIB CHIQQSHI</b>	87
44.	1.13.1. SUYUQLIKNING TSILINDRIK NAYCHADAN OQISHI	88
45.	1.13.2. O'ZGARUVCHAN BOSIMDA SUYUQLIKLARNING TESHIKDAN OQISHI	90
46.	1.13.3. TIRQISHDAN NAYCHALAR ORQALI SUYUQLIKNI OQISHI	91
47.	1.13.4. OQIMCHALAR TURLARI	94
48.	1.13.5. KICHIK TIRQISHDAN OQIMCHANING SUV SATHI OSTIGA CHIQISHI (TIRQISHNING KO'MILGANLIK HOLATI)	97
49.	1.13.6. NAYCHALARNING SHAKLLARIGA UMUMIY KO'RSATMALAR	100
	<b>II. NASOSLAR</b>	105
50.	<b>2.1. UMUMIY TUSHUNCHALAR. PORSHENLI NASOSLAR</b>	105
51.	<b>2.2. PORSHENLI NASOSLARNI TURLARI VA HARAKAT PRINTSIPI</b>	107
52.	2.2.1. RADIAL ROTORLI PORSHENLI (PLUNJERLI) NASOSLARNI VA GIDRODVIGATELLARNI TUZILISHI VA ISHLASH PRINTSPI	110
53.	2.2.2. AKSIAL-ROTORLI PORSHENLI (PLUNJERLI) NASOSLARNING VA GIDRODVIGATELLARNING ISHLASH PRINTSIPI	111
54.	2.2.3. PORSHENLI NASOSLAR KLASSIFIKAYSIYASI	114
55.	<b>2.3. PORSHENLI NASOSLAR ISH UNIMDORLIGI VA ULARDAN FOYDALANISH</b>	116
56.	2.3.1. NASOSNING BOSIMI, UNUMDORLIGI (SO'RISH MIQDORI)	117
57.	2.3.2. SO'RISH BALANDLIGI	120
58.	2.3.3. NASOSLARDA ENERGIYA BALANSI, UNING FIK VA BOSHQA PARAMETRLARI	121
59.	2.3.4. PORSHENLI NASOSLARNI TUZILISHI BILAN TANISHISH	123
60.	<b>2.4. MARKAZDAN QOCHMA TURDAGI NASOSLARNING HARAKAT PRINTSIPI VA KLASSIFIKATSIYASI</b>	127
61.	2.4.1. MARKAZDAN QOCHMA NASOSNING TUZILISHI	129
62.	2.4.2. NASOSNING ISH FILDIRAGI NAZARIYASI ASOSLARI	131
63.	2.4.3. MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING SARFI, NAPORI VA NASOSNING ISH XARAKTERISTIKASI	135

<b>64.</b>	<b>2.5. MAXSUS NASOSLAR. DIAFRAGMALI NASOSLARNING TUZILISHI VA ISHLASH PRINTSIPI</b>	140
	<b>III. KOMPRESSORLAR</b>	145
<b>65.</b>	<b>3.1. KOMPRESSORLAR HAQIDA UMUMIY TUSHINCHALAR VA ULARNING TURLARI</b>	145
<b>66.</b>	3.1.1. KOMPRESSORLAR KLASSIFIKTSIYASI VA ULARNI QO'LLANISH SOHALARI	146
<b>67.</b>	3.1.2. PORSHENLI KOMPRESSORLAR	148
<b>68.</b>	3.1.3. XAVO HAYDAGISHLARNING TUZILISHINI O'RGANISH	150
<b>69.</b>	<b>FOYDALANILADIGAN ASOSIY ADABIYOTLAR</b>	156

# О Г Л А В Л Е Н И Е

1.	<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>	4
	<b>I. ГИДРАВЛИКА</b>	6
2.	<b>1.ВВЕДЕНИЕ</b>	6
3.	<b>1.1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ</b>	8
4.	<b>1.2. ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ</b>	9
5.	<b>1.2.1.ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ</b>	11
6.	<b>1.3. ЗАКОН НЬЮТОНА ДЛЯ ТРЕНИЯ ЖИДКОСТИ</b>	12
7.	<b>1.3.1. ЗАДАЧИ</b>	13
8.	<b>1.4. ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЯ, СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ</b>	14
9.	<b>1.4.1.СВОЙСТВА ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЯ</b>	14
10.	<b>1.5. ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ. ЗАКОН ПАСКАЛЯ</b>	16
11.	<b>1.5.1. ВИДИ ДАВЛЕНИЯ</b>	18
12.	<b>1.5.2. ЭПЮРЫ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ</b>	21
13.	<b>1.5.3. СИЛА ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ</b>	22
14.	<b>1.5.4. РОСТОЯНИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ СИЛА ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ</b>	23
15.	<b>1.6. ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ. ЗАКОН АРХИМЕДА</b>	24
16.	<b>1.7.ПЛАВАНИЕ ТЕЛ В ЖИДКОСТИ. ПЛАВАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ПАКОЙ, ЗАКОН АРХИМЕДА</b>	25
17.	<b>1.7.1. ЗАКОН АРХИМЕДА</b>	29
18.	<b>1.8. ДАВЛЕНИ ЖИДКОСТИ НА СТЕНКЕ САСУДА</b>	32
19.	<b>1.8.1. ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПЛОСКУЮ СТЕНКУ</b>	33
20.	<b>1.8.2. ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЯ НА КРИВОЛИНЕЙНЫЙ ПОВЕРХНОСТИ</b>	36
21.	<b>1.8.3. ЗАДАЧИ ДЛЯ ДАВЛЕНИЯ НА СТЕНКИ САСУДА</b>	37
22.	<b>1.8.4. ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ НЕФТЬ И НЕФТИ ПРОДУКТОВ</b>	39
23.	<b>1.9. ОСНОВЫ ГИДРОДИНАМИКИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ, ОСНОВНЫЙ ЕДИНИЦЫ</b>	44
24.	<b>1.9.1. СТРУЙНЫЙ ТЕЧЕНИЯ ЛИНИЯ СТРУИ. ЭЛМЕНТАРНАЯ СТРУЙКА.</b>	46
25.	<b>1.9.2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛМЕНТЫ СТРУИ</b>	47
26.	<b>1.9.3. УРАВНЕНИЕ НЕРАЗРЫВНОСТИ ДЛЯ ЭЛМЕНТАРНАЯ СТРУЙКИ И ПАТОКА ЖИДКОСТИ</b>	49
27.	<b>1.9.4. УРАВНЕНИЕ НЕРАЗРЫВНОСТИ ДЛЯ УСТАНОВИВШЕЙСЯ ДВИЖЕНИЯ</b>	50
28.	<b>1.10. РЕЖИМЫ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ. ОПЫТЫ РЕЙНОЛЬДСА</b>	55
29.	<b>1.10.1.ЛАМИНАРНОЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЧАСТИЦЫ ПО СЧЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ</b>	57
30.	<b>1.10.2. УМЕНЬШЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ВДОЛЬ ДЛИНЫ ТУРБОПРОВОДА (ФОРМУЛА ПУАЗЕЙЛЯ )</b>	58
31.	<b>1.10.3. ТУРБУЛЕНТНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТИ</b>	59



32.	<b>1.10.4. ПУЛЬСАЦИЯ СКОРОСТИ И ДАВЛЕНИЕ</b>	62
33.	<b>1.10.5. УРАВНЕНИЕ БЕРНУЛЛИ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СТРУЙКИ. ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ</b>	63
34.	<b>1.10.6. УРАВНЕНИЕ БЕРНУЛЛИ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СТРУЙКИ. РЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ</b>	66
35.	<b>1.10.7. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПЗОМЕТРИЧЕСКИЕ УКЛОНЫ .</b>	68
36.	<b>1.10.8. ВЫДИ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАТЕРЫ</b>	69
37..	<b>1.11. МЕСТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЙ МЕСТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ</b>	71
38.	<b>1.11.1. РЕЗКОЕ РАСШИРЕНИЕ ТРУБЫ(ФОРМУЛА БОРДА)</b>	74
39.	<b>1.12. ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ В ТРУБАХ. ВЫДИ И ЗАДАЧИ ТРУБОПРОВОДОВ РАСЧЁТ ТРУБОПРОВОДОВ</b>	75
40.	<b>1.12.1. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЁТ ТРУБ И ПРОСТЫХ ТРУБ</b>	76
41.	<b>1.12.2. РАСЧЁТ СЛОЖНЫХ ТРУБ</b>	81
42.	<b>1.13. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИТКОСТИ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЙ И НАСАДКИ</b>	87
43.	<b>1.13.1. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИТКОСТИ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИИ С ПРЕМЕННЫМ ДАВЛЕНИЕМ</b>	88
44.	<b>1.13.2. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИТКОСТИ ЧЕРЕЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ НАСАДОК</b>	90
45.	<b>1.13.3. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИТКОСТИ ЧЕРЕЗ ЩЕЛИ ПРИ ПОМАЩИ НАСАДОК</b>	91
46.	<b>1.13.4. ВЫДИ СТРУИ</b>	94
47.	<b>1.13.5. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИТКОСТИ ЧЕРЕЗ ЩЕЛИ ПОД НАПОРОМ (ЗАТОПЛЕННОГО ОТВЕРСТИЯ)</b>	97
48.	<b>1.13.6.ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ВЫДИ НАСОДОК</b>	100
	<b>II. НАСОСЫ</b>	105
49.	<b>2.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ. ПОРШЕНОВЫЕ НАСОСЫ</b>	105
50.	<b>2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОРШЕНОВЫЕ НАСОСОВ И ПРИНЦИПЫ ДВИЖЕНИЯ</b>	107
51.	<b>2.2.1. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И КЛАСИФИКАЦИЯ РАДИАЛ-РОТОРНЫХ, ПОРШЕНОВЫХ (ПЛУНЖЕРНЫХ) НАСОСОВ И ГИДРОДВИГАТЕЛЕЙ</b>	110
52.	<b>2.2.2. ПРИНЦИПЫ РАБОТА АКСИ-РОТОРНЫХ, ПОРШЕНОВЫХ (ПЛУНЖЕР) НАСОСОВ И ГИДРОДВИГАТЕЛЕЙ</b>	111
53.	<b>2.2.3. КЛАСИФИКАЦИЯ ПОРШЕНОВЫХ НАСОСОВ</b>	114
54.	<b>2.3. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ПОРШЕНОВЫХ НАСОСОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ</b>	116
55.	<b>2.3.1. ДОВЛЕНИЕ НАСОСОВ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ (КОЛИЧЕСТВО ВСАССИВАНИЯ)</b>	117
56.	<b>2.3.2. ВЫСОТА ВСАССИВАНИЯ</b>	120
57.	<b>2.3.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС В НАСОСАХ, ИХ КПД И ДРУГИЕ ПАРАМЕТРЫ</b>	121
58.	<b>2.3.4. ЗНАКОМЕСТВА РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМЫ ПОРШЕНОВЫХ НАСОСОВ</b>	123
59.	<b>2.4. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИНЦИПЫ ДВИЖЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ</b>	127

<b>60.</b>	<b>2.4.1. УСТРОЙСТВО ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА</b>	<b>129</b>
<b>61.</b>	<b>2.4.2. РАБОЧИЕ КОЛЬЦО НАСОСА И ЕГО ТЕОРИИ</b>	<b>131</b>
<b>62.</b>	<b>2.4.3. РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА, ЕГО РАСХОД И НАПОРИ</b>	<b>135</b>
<b>63.</b>	<b>2.5. СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАСОСЫ, ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И УСТРОЙСТВА ДИАФРАГМЕННЫХ НАСОСОВ</b>	<b>140</b>
<b>64.</b>	<b>III. КОМПРЕССОРЫ</b>	<b>145</b>
<b>65.</b>	<b>3.1. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЯ О КОМПРЕССОРАХ И КЛАССИФИКАЦИЯ</b>	<b>145</b>
<b>66.</b>	<b>3.1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПРЕССОРОВ И ИХ ОБЛОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ</b>	<b>146</b>
<b>67.</b>	<b>3.1.2. ПОРШЕНОВЫЕ КОМПРЕССОРЫ</b>	<b>148</b>
<b>68.</b>	<b>3.1.3. ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ВЕНТИЛЯТОРОВ</b>	<b>150</b>
<b>69.</b>	<b>ОСНОВНЫЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	<b>156</b>

## TABLE OF CONTENTS

<b>1.</b>	<b>PREFACE</b>	<b>4</b>
	<b>I. HYDRAULICS</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	1.1.1. THE BASIC CONCEPTS AND LAWS	8
<b>4.</b>	1.2. THE BASIC PHYSICAL PROPERTIES OF LIQUIDS	9
<b>5.</b>	2.1. THE BASIC SYSTEMS AND UNITS OF MEASURE	11
<b>6.</b>	1.1.3. NEWTON'S LAW FOR THE LIQUID FRICTION	12
<b>7.</b>	1.3.1. PROBLEMS	13
<b>8.</b>	<b>1.4. HYDROSTATIC PRESSURE, ITS PROPERTIES AND THE UNIT OF MEASURE</b>	<b>14</b>
<b>9.</b>	1.4.1. PROPERTIES OF HYDROSTATIC PRESSURE	14
<b>10.</b>	1.5. DEVICES OF MEASUREMENT OF PRESSURE. THE LAW OF PASCAL	16
<b>11.</b>	1.5.1. PRESSURE KINDS	18
<b>12.</b>	1.5.2. HYDROSTATIC PRESSURE DISTRIBUTIONS	21
<b>13.</b>	1.5.3. FORCE OF HYDROSTATIC PRESSURE	22
<b>14.</b>	1.5.4. THE POINT OF APPLICATION OF FORCE OF HYDROSTATIC PRESSURE	23
<b>15.</b>	1.6. HYDROSTATIC CARS. ARCHIMEDES LAW	24
<b>16.</b>	<b>1.7. SWIMMING OF BODIES IN THE LIQUID. RELATIVE REST. ARCHIMEDES LAW</b>	<b>25</b>
<b>17.</b>	1.7.1. ARCHIMEDES LAW	29
<b>18.</b>	<b>1.8. PRESSURE OF THE LIQUID UPON THE VESSEL WALL</b>	<b>32</b>
<b>19.</b>	1.8.1. HYDROSTATIC PRESSURE UPON THE FLAT WALL	33
<b>20.</b>	1.8.2. HYDROSTATIC PRESSURE UPON CURVILINEAR SURFACES	36
<b>21.</b>	1.8.3. PROBLEMS BY PRESSURE FORCE DEFINITION ON VESSEL WALLS	37
<b>22.</b>	1.8.4. DEFINITION OF VISCOSITY OF OIL AND OIL PRODUCTS	39
<b>23.</b>	<b>1.9. HYDRODYNAMICS BASES. THE CHARACTERISTIC OF MOVEMENT OF THE LIQUID. UNITS OF MEASURE</b>	<b>44</b>
<b>24.</b>	1.9.1. THE JET CURRENT. THE CURRENT LINE. THE ELEMENTARY STREAM.	46
<b>25.</b>	1.9.2. HYDRAULIC ELEMENTS OF THE STREAM	47
<b>26.</b>	1.9.3. THE EQUATION OF INDISSOLUBILITY FOR THE ELEMENTARY STREAM AND THE LIQUID STREAM	49
<b>27.</b>	1.9.4. THE EQUATION OF INDISSOLUBILITY FOR THE ESTABLISHED MOVEMENT OF THE LIQUID	50
<b>28.</b>	<b>1.10. MODES OF MOVEMENT OF THE LIQUID. REYNOLDS'S EXPERIENCE</b>	<b>55</b>
<b>29.</b>	1.10.1. LAMINAR MOVEMENT OF THE LIQUID. DISTRIBUTION OF SPEEDS OF PARTICLES ON SECTION IN THE CYLINDRICAL PIPE	57
<b>30.</b>	1.10.2. CHANGE OF PRESSURE ALONG LENGTH OF THE PIPELINE (FORMULA ПУАЗЕЙЛЯ)	58
<b>31.</b>	1.10.3. THE LIQUID WHIRL	59
<b>32.</b>	1.10.4. THE PULSATION OF SPEED AND PRESSURE	62
<b>33.</b>	1.10.5. EQUATION БЕРФУЛЛИ FOR THE ELEMENTARY STREAM OF THE IDEAL LIQUID	63

34.	1.10.6. EQUATION BERNOULLI FOR THE ELEMENTARY STREAM OF THE REAL LIQUID	66
35.	1.10.7. HYDRAULIC AND PIEZOMETRIC ELEVATIONS	68
36.	1.10.8. KINDS OF HYDRAULIC LOSSES	69
37..	<b>1.11. LOCAL RESISTANCE. DEFINITION OF LOSSES OF THE PRESSURE ON LOCAL RESISTANCE</b>	71
38.	1.11.1. KINDS OF LOCAL RESISTANCE. SHARP EXPANSION OF THE PIPE	74
39.	<b>1.12.MOVEMENT OF LIQUIDS IN PIPES. KINDS OF PIPELINES AND THEIR CALCULATION</b>	75
40.	1.12.1. HYDRAULIC CALCULATION OF SIMPLE PIPELINES	76
41.	1.12.2. CALCULATION OF DIFFICULT PIPELINES	81
42.	<b>1.13. THE LIQUID EXPIRATION THROUGH APERTURES AND NOZZLES</b>	87
43.	1.13.1. THE LIQUID EXPIRATION THROUGH APERTURES AT THE ARIABLE PRESSURE	88
44.	1.13.2. THE LIQUID EXPIRATION THROUGH CYLINDRICAL NOZZLES	90
45.	1.13.3. THE LIQUID EXPIRATION THROUGH CRACKS THROUGH NOZZLES	91
46.	1.13.4. STREAM KINDS	94
47.	1.13.5. THE LIQUID EXPIRATION THROUGH CRACKS UNDER THE ESSURE (THE FLOODED APERTURE)	97
48.	1.13.6. TYPES OF NOZZLES	100
	<b>II. PUMPS</b>	105
49.	<b>2.1. THE GENERAL CONCEPTS. PISTON PUMPS</b>	105
50.	2.2. CLASSIFICATION OF PISTON PUMPS AND THE PRINCIPLE OF THEIR WORK	107
51.	2.2.1. WORKING PRINCIPLE OF RADIAL ROTARY PISTON (PLUNGER) PUMPS AND HYDRAULIC MOTORS	110
52.	2.2.2. WORKING PRINCIPLE OF AXIAL ROTARY PISTON (PLUNGER) PUMPS AND HYDRAULIC MOTORS	111
53.	2.2.3. CLASSIFICATION OF RECIPROCATING PUMPS	114
54.	<b>2.3. PRODUCTIVITY OF WORK OF PISTON PUMPS AND THEIR USE</b>	116
55.	2.3.1. A PRESSURE DEVELOPED BY THE PUMP. PRODUCTIVITY	117
56.	2.3.2. ABSORPTION HEIGHT	120
57.	2.3.3. POWER BALANCE OF PUMPS, THEIR EFFICIENCY	121
58.	2.3.4. VARIOUS KINDS OF PISTON PUMPS	123
59.	<b>2.4. CLASSIFICATION AND THE PRINCIPLE OF WORK OF CENTRIFUGAL PUMPS</b>	127
60.	2.4.1. THE DEVICE OF THE CENTRIFUGAL PUMP	129
61.	2.4.2. THE THEORY OF THE DRIVING WHEEL OF THE PUMP	131
62.	2.4.3. PERFORMANCE DATA OF THE CENTRIFUGAL PUMP. THE EXPENSE AND THE PRESSURE	135
63.	<b>2.5. SPECIAL PUMPS, THE PRINCIPLE OF WORK AND DEVICE DIAFRAGMENNYH OF PUMPS</b>	140
64.	<b>III. COMPRESSORS</b>	145
65.	<b>3.1. THE GENERAL CONCEPT ABOUT COMPRESSORS AND THEIR CLASSIFICATION</b>	145
66.	3.1.1. CLASSIFICATION OF COMPRESSORS AND AREA OF THEIR APPLICATION	146

<b>67.</b>	3.1.2. PISTON COMPRESSORS	148
<b>68.</b>	3.1.3. THE DEVICE OF FANS	150
<b>69.</b>	<b>THE LIST OF REFERENCES</b>	156