

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA  
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI**

**QISHLOQ XO‘JALIK MAHSULLOTLARINI QAYTA ISHLASH  
TEXNOLOGIYALARI KAFEDRASI**



# **GIDRAVLIKA VA GIDRAVLIK TIZIMLAR**

fanidan

## **O‘QUV-USLUBIY MAJMUA**

Bilim soxasi	800 000 – Qishloq, o‘rmon, baliq xo‘jaligi va veterinariya
Ta‘lim soxasi	810 000 – Qishloq xo‘jaligi
Ta‘lim yo‘nalishlari	60810100 – Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalashtirish

**Guliston – 2024**

Gidravlika va gidravlik tizimlar fanidan o'quv-uslubiy majmua. – Guliston, 2024. –231 b.

Ushbu o'quv-uslubiy majmua 60810100 – Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish bakalavriyat ta'lim yo'nalishida ta'lim olayotgan talabalarga mo'ljallangan. O'quv metodik majmua Guliston davlat universiteti tomonidan 2024-yil 28-avgustda tasdiqlangan Gidravlika va gidravlik tizimlar fan dasturi talablari asosida tayyorlanib, unda Gidravlika va gidravlik tizimlar fanining mohiyati, rivojlanishi, bilish jarayonlari, ta'lim-tarbiya jarayonini to'g'ri tashkil qilishning yoshga bog'liq mexanizmlarini o'z ichiga qamrab oladi.

Tuzuvchi: **R.Q.Raxmatullayev** GulDU “QXMQIT” kafedrasida katta o'qituvchisi PhD

Taqrizchilar: **M.To'raqulov** – GulDU, “Qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash texnologiyalari” kafedrasida muduri, dotsent.

**K.K.Nuriyev** - GulDU, “Qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash texnologiyalari” kafedrasida prof., t.f.d.

Mazkur o'quv-uslubiy majmua “*Gidravlika va gidravlik tizimlar*” fanini yangi o'quv majmualarini tayyorlash bo'yicha davlat standarti asosida tayyorlangan bo'lib, Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish bakalavr ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan

O'quv-uslubiy majmua Guliston davlat universiteti Ishlab chiqarish texnologiyalari fakulteti “QXMQIT” kafedrasining 2024-yil 28-avgustdagi 1-sonli yig'ilishida muhokama qilingan.

O'quv-uslubiy majmua Guliston davlat universiteti O'quv-metodik Kengashi tomonidan ko'rib chiqilgan va o'quv jarayonida qo'llashga tavsiya etilgan. (2024-yil 30-avgust, №1 bayonnoma).

## MUNDARIJA

Kirish.....	4
O‘quv materiallari (ma’ruza mavzulari va mazmuni, amaliy mashg‘ulotlari ishlarini bajarish b o‘yicha uslubiy ko‘rsatmalar).....	7
Mustaqil ta’lim mashg‘ulotlari.....	199
Glossariy.....	207
Ilovalar:	
Tarqatma materiallar.....	211
Test savollari.....	213

## KIRISH

Suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlarini hamda bu qonunlarni texnikaning turli sohalariga tadbiiq etishni o'rgatuvchi fan gidravlika deb ataladi.

Gidravlika so'zi grekcha «xyudor» va «aulikos» so'zlari birikmasidan olingan bo'lib, «suv» va «quvur» degan ma'nolarni anglatadi.

Gidravlika suyuqliklarda kuchlarning tarqalishi va uning harakati vaqtida o'zgarish qonunlarini har xil qurilmalar va mashinalarni hisoblash, hamda loyihalashga tadbiiq etish bilan shug'ullanadi.

Suyuqliklar gidromexanikasi gidravlika va gidrodinamika bo'limlardan tarkib topgan.

Gidravlika – suyuqliklarning nisbiy tinch holat qonuniyatlarini o'rganib, ularni amaliyotda qo'llashni o'rgatadi.

Gidrodinamika – suyuqliklar harakatining qonuniyatlarini va oqimlarning tarkibini o'rganadi.

Ma'lumki, gidravlika fani gidrotexnika, irrigatsiya, suv ta'minoti va kanalizatsiya, neft mexanikasi kabi bir qancha fanlarning asosi hisoblanadi. Insoniyat tarixining dastlabki davrlaridayoq suvdan foydalanib kelgan va u muhim o'rin egallagan. Insoniyat qadim zamonlardan beri turli gidrotexnik inshootlar qurgan va ulardan foydalanib kelgan. Qadimgi Xitoyda, Misrda, Gretsiyada, Rimda, Markaziy Osiyoda va boshqa madaniyat markazlarida kema, to'g'on, vodoprovod va sug'orish sistemalari bunyod etilgan. Bu qurilmalarning ayrimlari shu kungacha saqlanib kelgan. Shuni alohida ta'kidlash kerakki, bu qurilish inshootlari hech qanday hisoblashlar qilinmagan, ya'ni amaliy bilimlarga tayangan holda bajarilgan.

Bizgasha yetib kelgan, gidravlikaga aloqador ilmiy ishlardan birinshisi Arximedning "Suzib yuruvshi jismlar haqida" asari bo'lsa, keyinchalik VIII-XI asrlarda Markaziy Osiyoda yashab ijod qilgan qator olimlarning asarlarida gidravlikaga oid masalalar o'z aksini topgan. Jumladan, buyuk vatandoshimiz Ahmad Farg'oniy (832-833 yillarda) Shom (Suriya) shimolidagi Sinjor dashtida Tadmur va arRaqqa oralig'ida yer meridian bir darajasining uzunligini o'lchashda qatnashdi. Yuqorida aytib o'tganimizdek, Ahmad Farg'oniy Nil daryosidagi suv sathini o'lchaydigan inshoot barpo etish uchun Misrning Qohira shahri yaqinidagi Fustat shahriga keladi. Ilmiy-texnik va me'moriy jihatdan g'oyat ulug'vor bu qurilma Nil daryosining Sayyolat ul-Rod mavzesida hozirga qadar saqlanib qolgan. Shunisi qiziqki, aynan shu uskuna yordamida Misr aholisidan olinadigan yillik soliq miqdori belgilanib turilgan. Ya'ni, suv sathi ekinlarni sug'orish uchun qulay kelib, bir me'yorda oqsa, soliqning miqdori shunga qarab ko'tarilgan. Yoki suv sathi kamayib qurg'oqchilik boshlanadigan, aksincha suv ko'tarilib, ekinlarni yuvib ketishi mumkin bo'lgan vaqtlarda soliqlar miqdori kamaytirilishi mumkin edi. Bu Misr aholisining turmushi uchun adolatli qonunlardan biri hisoblangan.

Gidravlikaga oid dastlabki ilmiy asarlardan biri Arximedning (eramizdan avval 287-212 y.) «Suzib yuruvchi jismlar haqida» asaridir. Suyuqlikka oid qonunlarning kashf etilishi eramizning XV-XVSh asrlariga to'g'ri keladi. Bularga, Leonardo da Vinchining (1452-1519 y.) suyuqliklarning ochiq kanal va trubalardagi harakati, jismlarning suyuqlikda suzib yurishi, S.Stevenning (1548-1620 y.) idish

tubiga va devorlariga ta'sir etuvchi bosim kuchi, G.Galileyning (1564-1642 y.) jismlardagi harakati va muvozanati, E.Torichellining (1608-1647 y.) suyuqliklarning kichik teshikdan oqib chiqishi, B.Paskalning (1623-1662 y.) bosimning suyuqlik orqali uzatilishi to'g'risidagi, I.Nyutonning (1643-1727 y.) suyuqliklardagi ichki qarshilik qonuni va boshqa asarlari kiradi. Keyinchalik suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlari ikki yo'nalish bo'yicha rivojlandi:

- nazariy yo'nalish – nazariya asoslarini matematik qonuniyatlar asosida o'rganish;

- texnik yo'nalish – suyuqliklarning nisbiy tinch holati va harakat qonuniyatlarini amaliyotda qo'llashga doir tadqiqotlarni o'tkazish va o'rganish.

Nazariy gidromexanika matematikaga asoslangan bo'lib, suyuqlik qonunlarini differentsial tenglamalar bilan ifodalash va ularni echishga asoslangan. Bu nazariy bilimlar XVP-XVSh asrlarda ijod qilgan buyuk matematik-mexanik olimlar L.Eyler (1707-1783 y.), D.Bernulli (1700-1765 y.), M.Lomonosov (1711-1765 y.), Lagranjlarning ilmiy asarlarida o'z aksini topgan. «Gidravlika» fanining rivojiga katta hissa qo'shgan olimlardan D.Poleni (1685-1761 y.), A.Shezi (1718-1798 y.), P.Dyubua (1734-1809 y.), D.Venturi (1746-1822 y.), Yu.Veysbax (1806-1871 y.) O.Reynolds (1842-1912 y.) va boshqalarni keltirish mumkin. U vaqtdagi ishlar sof nazariy bo'lib, suyuqliklarning fizikmexanik xossalarini ideallashtirib va olingan tajriba natijalari umumlashtirib ifodalangan. XVSh-XIX asrlarda Darsi, Bussinesk va boshqa olimlarning ishlari gidravlika deb nomlanuvchi amaliy fanning asosi bo'ldi. «Suyuqliklar mexanikasi» fanining eng rivojlangan davri XIX-XX asrlarga to'g'ri keladi. Bu davrning mashhur tadqiqotchilari F.Forxgeymer (1852-1922 y.), M.Veber (1871-1951 y.), L.Prandtl (1875-1953 y.), M.A.Velikanov (1879-1964 y.), B.A.Baxmetov (1880-1951 y.), N.N.Pavlovskiy (1886-1937 y.), N.M.Vernadskiy (1882-1935 y.), Rebok (1864-1950 y.), Kox (1852-1935 y.) va boshqa olimlar.

Zamonaviy gidravlika nazariyasi tajriba bilan bog'liq bo'lib, nazariy tekshirishlarni tajribada sinash, tajriba natijalarini esa asosda umumlashtirish yo'li bilan rivojlantiruvchi va o'z izlanishlarida gidromexanikaning usullari va yutuqlaridan foydalanuvchi fandır.

Gidravlikaning rivojlanishida rus olimlarining hissasi katta va salmoqlidir. Gidromexanika fanining asoschilari D.Bernulli va L.Eylerlar Peterburg fanlar Akademiyasining haqiqiy a'zolari bo'lib, Rossiyada ijod etganlar. N.P.Petrovning gidrodinamik sirpanish nazariyasi, N.E.Jukovskiyning gidromexanikadagi katta ishlari va trubalardagi zarba nazariyasi, V.G.Shuxovning neft quvurlarini hisoblash bo'yicha ishlari, A.N.Krilovning kemalar nazariyasi, N.N.Pavlovskiyning suyuqliklar filtratsiyasi nazariyasi, L.S.Leybenzonning er osti gidromexanikasi, o'zbek olimi X.A.Raxmatullin asos solgan ko'p fazali muhitlar gidrodinamikasi va boshqa olimlarning ishlari gidravlikaga qo'shilgan buyuk hissa deb hisoblanadi. N.E.Jukovskiy, S.A.Chapligin va N.E.Kochinlar zamonaviy aero- va gaz dinamikasining asoschilari bo'lib, bu fanlar hozir ham samolyot, vertolyot, raketa, kosmik va suv osti va usti kemalarining harakatini o'rganishda muhim ahamiyatga ega.

Zamonaviy sug'orish sistemalarini, kimyo, neft va gazni qayta ishlash va boshqa sanoatlar, qishlok xo'jaligi va Vatanimiz iqtisodiyotining turli sohalarida nasos, kompressor, gidrouzatma va boshqa gidromashinalar keng ko'lamda qo'llanib kelinmoqda.

Gidromashinalar – bu mexanik harakatni suyuqlik harakatiga yoki suyuqlikning harakatini mexanik harakatga aylantiruvchi qurilmalardir. Mexanik harakatni avval suyuqlikning harakatiga aylantirib, so'ngra yana mexanik harakatga aylantiruvchi gidravlik mashinalar **gidroyuritmalar** deb nomlanadi.

Insoniyat tarixida suyuqlik harakatini mexanik harakatga aylantirib beruvchi birinchi qurilma charxpalak bo'lib, uning Markaziy Osiyo, Hindiston, Xitoy va Misrda bundan 3000 yillar avval sug'orish ishlarida va tegirmonlarda qo'llanilgan. Birinchi nasos-porshenli nasos bo'lib, inson yoki hayvon kuchi bilan harakatga keltirilgan. M.V.Lomonosov o'z asarlarida chuqur shaxtalardan suvni tortib olishda foydalanish maqsadida nasoslarning konstruksiyalarini keltirgan. U bir qancha qurilmalarni charxpalak yordamida harakatga keltirish usullari ustida ishlagan va amalda joriy etgan. I.I. Polzunov tomonidan kashf qilingan (1765 y.) bug' mashinasi porshenli nasoslarni harakatga keltirish uchun keng qo'llana boshlangan. L. Eyler (1707-1763 y.y.) o'zining mashhur parrakli gidromashinalar nazariyasini yaratgan va parrakli gidromashinalarning ishini xarakterlovchi hisoblash formulalarini keltirib chiqargan.

V.G. Shuxov neftni chuqur quduqlardan chiqarib olish uchun porshenli nasoslarning bir qancha konstruksiyalarini ishlab chiqdi. N.E. Jukovskiy va S.A. Chaplignlar qanotlarning suyuqlikdagi harakati nazariyasini yaratdilar. Bu nazariya keyinchalik parraklarni va yo'naltiruvchi qurilmalarni loyihalashda asos bo'lib xizmat qildi, turbina va nasoslar konstruksiyasida muhim taraqqiyotlarga yo'l ochib berdi. I.I. Kukolevskiyning dinamik o'xshashlik qonunlarini markazdan qochma nasoslarni loyihalashda qo'llashi nasoslarni loyihalashga ilmiy asos soldi.

Vatanimiz tog'-kon va boshqa sanoat korxonalarida o'tgan asrning 30-40 yillaridan boshlab, gidromashina va gidrouzatlarni qo'llanishi juda tez taraqqiy qila boshladi. Shuni ta'kidlash kerakki, bu mashina va mexanizmlar paxta terish mashinalari, traktor, buldozer, avtomobil va boshqa mexanizmlarda ham keng qo'llanilmoqda.

## **O'quv materiallari.**

(ma'ruza, mavzulari va mazmuni, amaliy mashg'ulatlari ishlarini bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar)

### **1-MAVZU: SUYUQLIKNING ASOSIY FIZIK XOSSLARI.**

#### **Asosiy savollar:**

1. Gidravlika fanining tarixi va roli.
2. Suyuqliklarning fizik xossalari va ularni ifodalovchi kattaliklar.
3. Suyuqlik va ularning fizik xossalari

#### **1. Gidravlika fanining tarixi va roli.**

Suyuqliklarning muvozanat va xarakter qonunlarini o'rganuvchi hamda bu qonunlarni texnikaning har xil soxalarida tadbiq etish bilan shug'ullanuvchi fan **gidravlika** deb ataladi.

Gidravlika shuningdek, gidrotexnika, irrigatsiya, suv ta'minoti va kanalizatsiya, neft mexanikasi kabi bir qancha fanlarning asosi hisoblanadi.

Qadimgi Xitoyda, Misrda, Rimda, O'rta Osiyo va boshqa ibtidoiy madaniyat o'choqlarida kemalar, to'g'onlar, suv ta'minoti va sug'orish sistemalari bunyod etilganligi to'g'risida ma'lumotlar mavjud.

Bizgacha etib kelgan ilmiy ishlardan birinchisi yunon olimi ( 212 – 287 y ) Arximedning «Suzib yuruvchi jismlar xaqida» asardir. Arximeddan keyin to XV asrgacha hech kanday gidravlik buyicha qul yozma saklanmagan. Suyuqlik qonunining ochilishi eramizning XVI – XVII asrlarda boshlandi. Italiyan olimi (1452 – 1519 y) Leonardo Do Vinchi «suyuqliklarining o'zandagi va quvurdagi xarakati, jismlarning suzib yurishi», undan keyin niderland olimi 1586 yilda S. Stevenning idish tubiga va devorlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchi, italian olimi (1564 – 1642 y ) G. Galilleyning jismlarning suyuqlikdagi xarakati va muvozanati xaqidagi ishlari, va Galiley shogirdi 1643 y E. Torichellining suyuqliklarning kichik teshikdan oqib ketishi, B. Paskalning bosimning suyuqlik orqali uzatilishi to'g'risidagi, I. Nyutonning suyuqliklardagi ichki qarshiliklar qonuni va boshqa ishlar kiradi. Suyuqliklarning muvozonat va xarakter qonunlari ikki usulda:

- 1) Tajribalarga asoslangan gidravlika;
- 2) Nazariy gidromexanika yo'nalishlari bo'yicha o'rganiladi.

Nazariy gidromexanika aniq matematikaga asoslangan bo'lib, suyuqlik qonunlari diferentsial tenglamalar bilan ifodalash va ularni echishga asoslanadi.

Buning asoschilari buyuk matematik mexanik olimlar L.Eyler, D.Bernulli, M.Lomonosov va boshqalardir.

Gidravlika o'z xulosalarini suyuqlik xarakatining soddalashtirilgan sxemalarini qarash asosida chiqaradi va odatda, nazariy tenglamalarga empirik koeffitsentlar kiritib, ularni tajribalar o'tkazish yo'li bilan aniqlaydi.

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

Gidromashinalar – mexanik xarakatni suyuqlikning xarakatiga yoki suyuqlikning xarakatini mexanik xarakatga aylantirib beruvchi qurilmadir. Hidromashinalar yuritmalar deb ataluvchi turlarda esa mexanik xarakat avval suyuqlikning xarakatiga aylantirib, so'ngra yana mexanik xarakatga aylantiradi.

Suyuqlik xarakatini mexanik xarakatga aylantiruvchi birinchi qurilma charxpalak bo'lib, u bundan 3000 yil oldin O'rta Osiyo, Xitoy kabi davlatlarda sug'orish va tegirmonlarni yuritishda foydalanilgan.

Suyuq jismlar mexanikasi, qattiq jismlar mexanikasiga qaraganda ancha murakkabdir. Agar qattiq jismlar mexanikasi bir-biriga mustaxkam bog'langan molekulyar sistemasini o'rgansa, bu gidromexanika fani esa, bir-biri bilan juda bo'sh bog'langan molekulyar sistemasini o'rgatadi.

Mana shu gaz va suyuqliklarning o'zaro bo'sh bog'lanishlari, suyuqliklarning va ayniqsa gaz xolatidagi moddalar molekulasining xar tomonlama xarakat qilishiga imkon yaratadi, bu esa oqibatda molekularning tartibsiz xarakat qilishiga olib keladi. Bu xarakatlar esa, gidroaerodinamika fanining ko'pgina masalalarini aniqlashni qiyinlashtiradi. Shuning uchun suyuqliklar va gazlarning xarakatini o'rganishda. Ularning uzluksizligi xaqidagi gipoteza kiritiladi.

Nazariy mexanika fanida material nuqtalar va material nuqtalar sistemasi tushunchasi qo'llaniladi. Keyingi, material nuqtalar sistemasi aloxida-aloxida material nuqtalardan tashkil topgan bo'lib, u moddalarning uzluksiz tarqalishini ta'minlaydi va u fizik xususiyatlari bo'yicha o'zgarmasdir. Absolyut qattiq jism shu abstrakt (mavxum) o'zgarmas uzluksiz moddalarga oddiy misol bo'la oladi. Barcha umumiy xollarda, mexanikadagi moddalarining uzluksizligi ularning elastikligini va plastikligini, umumlashtirib suyuq va gaz xolatidagi jismlarning qattiq jismlarga nisbatan farq qiladigan xususiyati uning deformatsiyalanishidir.

Tartibsiz joylasha olmagan muxitni xajmiy og'irligi bosimi tezligi va boshqa mexanik xarakteristikasi har bir nuqtada vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Kuch ( ogirlik va solishtirma ogirlikda ) Xalkaro birlik tizimi SI da kuch birligi etib nyuton ka'bul kilingan. Shunday kilib

$$1. 1 \text{ H} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{c}^2$$



2. uzunlik L – metr
3. Massa ( ogirlik ) M – kilogram
4. Vakt T – sekund
5. Maydon – L 2- kvadrat metr
6. Xajm L 3 – kub metr
7. tezlik LT-1 – sekund G' metr mG's
8. tezlanish LT-2 sekund kvadratiga metr mG's<sup>2</sup>
9. zichlik kilogram taksim kub metr kgG'm<sup>3</sup>
10. Kuch ogirlik – nyuton

### **Gidravlika fani ikki kismdan iborat :**

1. gidrostatika
2. gidrodinamika

Gidrostatika kismida suyuqlikning tinch turgan xolati urganilsa Gidrodinamikada xakatdagi xolati urganiladi Gidrostatikada ya'ni suklik tinch turganda uning zichligi uzgarmaydi va vakt xam rol uynamaydi lekin u koordinatalarga bolik

Shuning uchun

$$P = f ( x , y , z )$$

Gidrodinamikada tezlik bosim vakt utishi bilan uzgaradi Shuning uchun

$$U_x = f_1 ( x , y , z , t ) \quad U_y = f_2 ( x , y , z , t ) \quad U_z = f_3 ( x , y , z , t )$$

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

### **1. Suyuqliklarning fizik xossalari va ularni ifodalovchi kattaliklar.**

Suyuqlik okuvchanlik xususiyatiga ega bulib u kanday shakldagi idishga kuyilsa usha idish shaklini oladi , ya'ni uzining barkaror shakliga ega emas. Buning sababi shundaki , suyuqlikning tinch xolatida urinma kuchlanish bulmaydi. Suyuqlik uz tabiatiga kura , gaz xolati bilan kattik jism xolati urtasidagi oralik urinini egalaydi.

#### **Solishtirma og'irlik**

Suyuqliklarning xajm birligiga teng miqdorning og'irligi uning solishtirma og'irligi deyiladi.

$$\gamma = G / V; \quad h / m^3 \quad (\text{sistemasida})$$

bu erda V – suyuqlikning xajmi, m<sup>3</sup>.

G – og'irlik, H

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

Solishtirma og'irlik bosimga va xaroratga bog'liq bo'lib, ular o'rtasidagi munosabat ideal gazlar uchun quydagicha bo'ladi:

$$P/\gamma = R \times T$$

Bu erda  $P$  – bosim,  $\text{H}/\text{M}^2$ ;

$T$  – absolyut xarorat,  $0\text{C}$ . ( $0\text{K}$ );

$R$  – gaz doimiysi,  $\text{J}/\text{KG}\cdot\text{grad}$ .

Suyuqlik solishtirma og'irligining  $4^{\text{0s}}$  dagi suvning solishtirma og'irligiga nisbati uning nisbiy solishtirma og'irligi bo'ladi.

Massa bilan ogirlik uzaro quyidagicha boglangan.

$Mg = G$  bundan  $M$  ni topsak

$$M = G/g$$

Bu erda  $g$  – erkin tushish tezlanishi  $\text{m}/\text{c}^2$  bulib u 9,8 ga teng

*Solishtirma xajm*

Suyuqlikning og'irlik birligidagi miqdorining xajmi deyiladi va quydagicha aniqlanadi:

$$V = V / G, \text{M}^3/\text{H}$$

Solishtirma xajm ham bosim va xaroratga bog'liq quydagicha ifodalanadi:

$$PV = RT$$

*Zichlik*

Suyuqlikning xajm birligiga to'g'ri kelgan xolatdagi massasi, uning zichligi deyiladi.

$$\rho = M/V, \text{H}\cdot\text{c}^2/\text{M}^4$$

Bu erda  $M$  – suyuqlikning massasi,  $\text{H}\cdot\text{c}^2/\text{M}^4$

Zichlik xaroratga bog'liq bo'lib, xaroratning ortishi bilan kamayadi.

Suv zichligining eng katta qiymati  $40\text{s}$  ( $3,980\text{s}$ ) da bo'ladi. Uning issiqligi bundan oshsa ham kamaysa ham zichligi kamayib boradi.

### **Qovushqoqlik.**

Kovushqoqlik xodisasi suyuqliklarning xarakati vaqtida yuzaga keladi va xarakatlanayotgan zarracha xarakatiga qarshilik sifatida namoyon bo'ladi. Bu qarshilikni engish uchun ma'lum miqdorda kuch sarflash kerak bo'lib. qovushqoqlik qancha kuchli bo'lsa, sarflash kerak bo'lgan kuch ham shuncha ko'p bo'ladi. Qovushqoqlik darajasini qovushqoqlik koefitsenti tushunchasi bilan ifodalanib, u dinamik va kinematik qovushqoqlik koefitsentlariga bo'linadi.

### **Kavitatsiya xodisasi.**

Tabiatda va texnikada suyuqlik unda xavoning tarkibidagi gazlar oz miqdorda erigan xolda uchraydi. Bosim ortishi bilan yoki xarorat kamayishi bilan erigan gazlar miqdori ortadi va aksincha. Shuning uchun bosim kamayishi yoki

xarorat ortishi bilan suyuqlikdagi erigan gazlarning bir qismi ajralib chiqib, pufakchalar hosil qiladi, ya'ni yuqorida aytilganga ko'ra bosim kamayganda suv ham bug'lanadi, engil komponent sifatida erigan gazlar tezroq ajralib chiqib, pufkachalar hosil qiladi. gaz pufakchalari paydo bo'lishi bilan suyuqlikning tutashligi buziladi va bu xodisa kavitatitsiya deyiladi. Pufakchalar suyuqlik ichida past xaroratli yoki yuqori sohalar tomonga qarab xarakat qiladi. agar u etarli darajadagi bosimga ega bo'lgan soxaga kelib qolsa, yana erib ketadikondensatsiyalanadi. Erigan gaz o'rnida paydo bo'lgan bo'shliqqa suyuqlik zarrachalari intiladi va bo'shliq keskin yopiladi. Bu esa hozirgina bo'shliq bo'lgan erda gidravlik zarbani vujudga keltiradi va natijada bu erda bosim keskin oritib, xarorat keskin kamayadi. Bundan gidravlik zarba va uni vujudga keltigan kavitatsiya xodisasi quvur devorlari va mashinalarning suyuqlik xarakat qiluvchi qismlarining buzilishiga olib keladi.

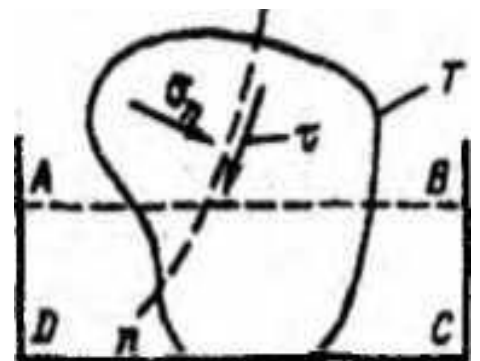
### 1. Suyuqlik va ularning fizik xossalari.

Bizga mi'lumki, tabiatda uch xil modda mavjud: kattik, suyun va gaz yoki plazma kurinishda. Xd^rfat va bosimning uzgarishi natijasida suyak jism kattik. yoki gazsimon xolatda utishi mumkin. MISILIN, yutsori bosim ostida suv — muz kristalli z,olatga utadi yoki aksincha, past bosim ostida gazsimon xolatni tsabul kiladi.

Suyuklikka quyidagichi ti'rif berish mumkin

- tashtsi bosim va xarorat ta'siri ostida uz hajmini uzgartirmaydigan va oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan fizik jismga *suyuklik* deb ataladi.

Suyuqlikni oquvchanlik xususiyatining moxiyatini tushunish uchun quyidagi xisoblash sxemisndan foydalinamiz (1.1—rasm)  $T$  qattiq jism suyuqlikka botirilgan og'irlik kuchi hisobiga ma'lum kuchlanishlar paydo bo'ladi.



оқувчанлиқнинг  
^рминини  
схемаси

Agar jpsmda  $tn$  ixtiyoriy kesimn oladigan bo'lsak, unda normal kuchlanishdan tashkari urinmi kuchlanishlar ham mavjud bo'ladi. Faraz qilaylik,  $T$  - jism tnnch holatda urinma kuchlanish ta'siriga bardosh berolmay, emirila boshlaydi va idishning kurinishini qibul qiladi. Boshqacha qilib aytganda, suyuqlik qattiq jismdan farqli ularoq, nisbiy tinch holatda turganida urinma kuchlinnshiga ega bulmaydi.

Suyuqliklar tomchi va gazlarga bo'linadi. Gidravlika kursida biz asosan tomchisimon suyuqliklarning qonuniyatlarini o'rganamiz.

**Tomchisimon suyuqlik** deb, oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan va biror

idishga quyilganda shu idishni shaklini egallaydigan, amaliy sikilmaydigan fizik moddaga aytiladi.

Suyuqlik qattiq jismlardan molekular orasidagi tortishish kuchining juda kichikligi va oquvchanligi (siljuvchanligi) bilan farqlanadi. Shuningdek, suyuqlik, amalda o'z hajmini o'zgartirmaydi, tashqi kuchlar ta'sirida va haroratning o'zgarishn bilan sezilmas darajada o'zgaradi. Gazlar ham oquvchanlik hususiyatiga ega bo'lish bilan bir qatorda, uz hajmlarini tashki kuchlar ta'sirida o'zgartiradylar. Tomchili suyuqliklarga - suv, benzin, kerosin, spirt va boshqalar kiradi.

Kursimiz davomida "suyuqlik" deganda, melioratsiya va gidrotexnika sohalarini qamrab olgan suv ko'zda tutiladi. Suyuqliklar — ma'lum fizik hususiyatlari bilan bir-biridan farqlanadi. Bulardan, Gidravlika fanini o'rganishda asosiylari kuyidashlar xisobdanadi:

Suyukdikiig zichligi deb, xajm birligidagi suyuklik massasiga yoki suyuqlik massasining uning xajmiga bo'lgan nisbatiga aytiladi.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1.1)$$

bunda,  $M$  — suyuklik massasi;

$V$  — suknuhsk xdjmi;

$\rho$  - zichlik.

$$M = \rho V \quad (1.1')$$

Solishtirma ogarlik:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.2)$$

Hajm birligidagi suyuqlik og'arligiga yoki suyuqlik oshrligini uning hajmiga bo'lgan nisbatiga solishtirma og'irlik yoki hajm og'irligi deb ataladi (1.2) dan

$$G = \gamma V \quad (1.2')$$

Bnzga ma'lumki.

$$G = \gamma M \quad (1.3)$$

bunda,  $g$  - jismlarning erkin tugish tezlanshpi.

(1.3) ni (1.Γ) va (1.2') ga qo'ysak,

$$\gamma V = g \rho V \quad (1.4)$$

bundan quyidagi ifodaga ega bo'lnshimiz mumkin:

$$\rho = \frac{\gamma}{g}; \gamma = \rho g \quad (1.5)$$

$\rho$  va  $\gamma$  ulchov oirlklari:

$$\rho = \left[ \frac{M^3}{L} \right]; \gamma = \left[ \frac{F}{L^3} \right] = \left[ \frac{M}{T^2 L^2} \right] \quad (1.3)$$

bunda, M, L, F, T- massa, uzunlik, kuch va vaqt.

$$M \rightarrow \kappa z = \frac{Hc^2}{M}; L \rightarrow m; F \rightarrow H; T \rightarrow c$$

Demak:

$$\gamma = \frac{H}{M^3} \frac{\kappa z}{M^2 c^2}$$

Toza distillangan suv zichligining xaroratga bogain ravishda uzgarishi

### 1.1-jadval

t °C	0	2	4	6	8	10	20	30	40	60
$\rho, \text{кг/м}^3$	999,87	999,97	1000	999,97	999,88	999,70	998,20	995,70	992,20	983,20

Siqiluvchanlik — suyuqliklarning tashqi kuchlari ta'sirida hajmining kamayshpidir. Bu holat siqiluvchanlik koeffitsienta,  $\beta$ , ( $m^2 G'H$ ) bilan belgilanadi.

$$\beta_c = \frac{1}{W} \frac{dw}{dp} \quad (1.7)$$

formuladagi minus hajm bosimining ortishi bilan suyuqlik kamayishini kursatadi. Suyuqlik massasi o'zgarmagan holda,

$$\beta_c = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dp} \quad (1-8)$$

Hajm siqiluvchanlik koeffitsienta  $\beta_c$  teskari qiymati suyuqliklarning elastiklik moduli —  $E_j$  xarfi bilan belgilanadi.

$$E_{\text{жс}} = \frac{1}{\beta_c} \quad (1.9)$$

(1.8) formulani xnsobga olsak, (1.9) ifoda kuyidagi kurinishga eta buladi:

$$E_{\text{жс}} = \rho \frac{dp}{d\rho} \quad (1.10)$$

bundan,

$$\frac{dp}{\rho} = \frac{dp}{E_{\sigma}} \quad (1.11)$$

(1.10) ifoda Guk qonunini ifodalaydi va u harorat  $0^{\circ}$  dan  $20^{\circ}$  gacha va bosim 20 atmosfera bo'lganda chuchuk suv (distillangan suv)ning o'rtacha hajm siqilish koeffitsientiga teng. Suyuqliklarning siqilish imkoniyati juda kichik bo'lganligi sababli, gidravlikaning amaliy masalalari echilganda ular hshsobga olinmaydi va ularni amalda siqilmaydigan deb qaraladi.

*Suyuqliklarttg yopihqoqligi* deb, suyuqlik bir qatlamini ikkinchi qatlamiga nisbatan siljiganda ko'rsatadigan qarshilikka aytiladi. Yoki suyuqlik harakatida qatlamlardagi ishqalanish kuchiga *yopishqoqlik* kuchi deb ataladi.

I.Nyuton 1687 yilda quyidagi gipotezani aytadi, ya'ni, suyuqlik qatlamlari harakat davomida ishkalanganda ichki ishqalanish kuchi quyidagiga teng:

$$T = \mu \omega \frac{du}{dh} \quad (1.12)$$

bunda, T - qatlamlardagi ishqalanish kuchi;

$\omega$  - tsatlam ishkalanish yuzasi;

$\frac{du}{dh}$  - tezlik gradus», sirpanish tezligi;

$\mu$  - ishkalanish yopiphotslik dinamik koeffitsienti.

N.P.Petrov 1876-1920 yillarda Nyuton gipotezasini tasdiqladi.

(1.12) formuladan dinamik yopishqoqlik koeffitsienti  $\mu$  kuyidagicha aniqdanadi.

$$\mu = \frac{T}{\omega \frac{du}{dh}} = \frac{\tau}{\frac{du}{dh}} \quad (1.13)$$

bunda,  $\tau$  - iphalanish kuchlanshpi.

$\mu$  - Z'lchov birligi kuyidagicha:

$$\mu = \frac{M}{LT}; \quad \frac{Hc}{M^2}; \quad \frac{Kz}{M c} \text{ ёки } \frac{z}{CMC} = \text{пуаз}$$

Xar xil xaroratdagi suv uchun G'G' kiymatlari

1.2-jadval

t, °C	0	10	20	30
$\mu, 10^4 \text{ Па} \cdot \text{c}$	17,92	13,04	10,01	8,00

Gidravlika fanini urganishda dinamik yopishqoqlik koeffitsienti bilan bir qatorda kinematik yopishqoqlik koeffitsientidan ham foydalaniladi:

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.14)$$

Bu kattalik o'zida uzunlik, vakt, kinematik qiymatlarni mujassamlashtiradn.

Uning o'lchov birligi:  $[v] = \frac{L^2}{T}; \frac{M^2}{c}; \frac{CM^2}{c} = \text{stons.}$

Amaliy tajribalar ko'rsatishicha, suyuqlikning yopishqoqligi suyuqlik turiga va uning haroratiga bog'liq. Harorat ko'tarilishi bilan suyuqliklarning yopishqonligi kamayadi. Suyuqliklarning kinematik

yopishqoqlik koeffitsienti quyidagi jadvallarda keltirilgan.

1.3-jadval

t, °C	V. $10^4 \text{ M}^2 \cdot \text{c}$	1, °C.	V. $10^4 \text{ M}^2 \cdot \text{c}$
0	0,0179	18	0,0106
2	0,0167	20	0,0101
4	0,0157	25	0,0090
6	0,0147	30	0,0080
8	0,0139	35	0,0072
10	0,0131	40	0,0065
12	0,0124	45	0,0060
14	0,0118	50	0,0055
16	0,0112	60	0,0048

Suyuqlik	t, °C	V. 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> · c	Suyuqlik	t, °C	V. 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> · c
Sifatli sut	20	0,0174	AMG-10moyi	50	0,1
Sut	18	600	Neft		
kerosin	15	0,027	Engil	18	0,25
Mazut	18	20,0	Og'ir	18	1,40
Suvsiz gliserin	20	11,89	Simob	15	0,0011

Suyuqliklarning yopishqoqlik koeffitsienti viskozimetr yordamida o'lchanadi.

*Suyuqliklarning maydonni uzluksiz to'la egallash modeli.* Biz o'rganadigan suyuqliklar bir jinsli suyuqliklar. bo'lib, ularni o'z maydonlarini uzluksiz to'la egallaydi, deb qaraymiz. Haqiqatda esa, molekulalar oralig'i mavjud bo'lib, uzlukli bo'lsada, matematik usulda gidromexanikaning murakkab masalalarini echishda ko'rsatilgan suyuqliklarning to'la uzluksiz maydonni egallashi ko'l keladi. Uzluksiz to'la maydon lotincha "*contunuum*" deb ataladi. Amaliyotda suyuqliklarning uzluksiz maydonni to'la egallash modeli tasdiqlangan.

Real va ideal suyuqliklar. Suyuqliklarning harakat qonuniyatlarini o'rganiishda yopishqoqlik, ichki ishkalanish kuchlari asosiy rol o'ynaydi. Ideal suyuqliklar tabiatda uchramaydi, ularni absolyut siqiluvchan emas va ko'ndalang kuchlanishlarni qabul qilmaydi, yopishqoqlikka ega emas deb Hisoblanadi. Bunday holatda, matematik qonuniyatlarini keltirib chiqarishda suyuqliklar harakati bilan bog'lik bo'lgan qiymatlar bizga qo'l keladi. Real suyuqlik zarrachalari harakatchan deb qaralsada, ular cho'zilish va siljish kuchlariga qarshilik ko'rsatadilar. Ko'ndalang kuchlanishlar suyuqliklar harakatida asosiy masalalardan biri hisoblanadi.

Ideal suyuqliklar — suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunyatlarini matematik keltirib chiqarishda asosiy omillardan biri hisoblanadi. Xaqiqiy suyuqliklarga tajribaga asosan topilgan koeffitsientlar yoki kuchlanishlarni o'zgarishini bilgan holda o'tiladi. Shunday qilib amaliyot nazariya bilan bog'lanadi.

*Suyuqliklarning muvozanat (tinch) va harakati davomida ta'sir etuvchi kuchlar.* Suyuqliklarga ta'sir etuvchi kuchlarni ikki turga bo'lish mumkin:

*Massa kuchlari* — suyuqliklar tomchisi (zarrasi) massasiga proporsional kuchlar. Bir jinsli suyuqliklarda massa kuchlarini hajmga proporsional kuchlar deb



atash mumkin. Bunday kuchlarga — og'irlik kuchlari, inertsiya kuchlari va boshqalar kiradi.

$$F = m A \quad (1.15)$$

bunda,  $m$  — qajmdaga suyuqlikning massasi;

$A$  — nisbiy solishtirma massa birligidagi kuch, ya'ni tezlanish,

*Tashqi yuzaga ta'sir etuvchi kuchlar* — suqlik tashqi yuzasiga proportsional bo'lgan kuchlar. Bu kuchlar turkumiga - sirtga normal yo'nalgan siquvchi bosim kuchlari va kundalang ishqalanish kuchlari kiradi. Masalan:

$$P = P\omega = \sigma\omega \quad (1.16)$$

$$T = \tau\omega \quad (1.17)$$

bunda,  $P$  - bosim kuchi;

$T$  - ishqalanish kuchi;

$\sigma$  - suyuqliklar harakatidagi siqiluvchan normal kuchlanish;

$\tau$  - suyuqliklar harakatidagi ko'ndalang ichki kuchlanish;

$\omega$  - kuch ta'sir etayotgan yuza.

Yuqorida zikr etilgan kuchlar tashqi kuchlar turkumiga kiradi. Ichki kuchlar esa suyuqliklarning zarralarini bir-biriga ta'sirini ko'rsatadi va berilgan hajmda juft kuchlar bo'lganligidan ularning yig'indisi hamma vaqt nolga teng bo'ladi.

### **Mavzuga doir nazorat savollari**

1. Fanni uo'gatishdan asosiy maqsad.
2. Suyuqlik kattiq jism va gazlardan qanday farq qiladi?
3. Suyuqlik qanday fizik hossalarga ega?
4. Ideal va real suyuqliklar orasida qanday tafovut mavjud?
5. Aeratsiya va kapillyarlik tupgunchalarini qanday ta'riflash mumkin?

## **2-MAVZU: GIDROSTATIH BOSIM VA UNING XOSSALARI**

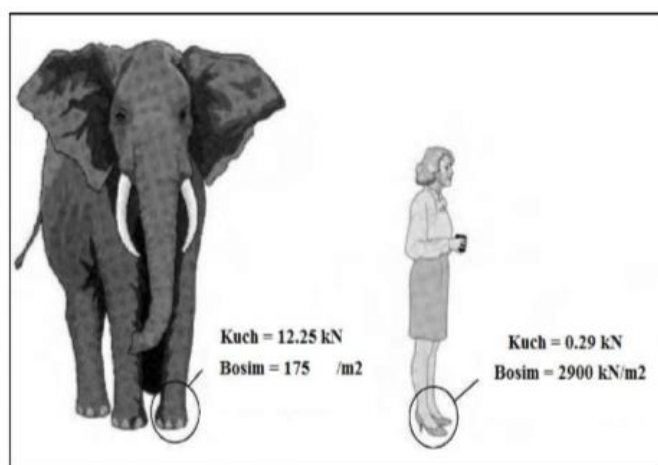
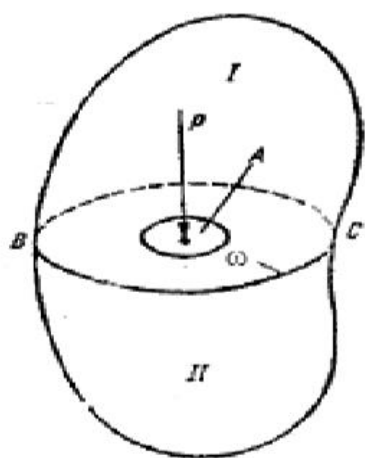
### **Asosiy savollar:**

1. Suyuqliklarda bosim.
2. Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari.
3. Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi (Eyler differentsial tenglamasi).

Gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini o‘rganib, ularni texnikaga tadbiiq qilish bilan shug‘illanuvchi bo‘limi gidrostatika deb yuritiladi. Bu qonunlarni tekshirish suyuqliklar orqali kuchlarni uzatish bilan bog‘liq masalalarni hal qilishda muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, gidrostatika suyuqliklarga to‘liq yoki qisman botirilgan qattiq jismlarning muvozanat qonunlarini ham o‘rganadi. Odatda, suyuqliklar muvozanat holatda bo‘lganda uning ayrim bo‘laklarining boshqa bo‘laklariga bo‘lgan ta‘siri, suyuqlik saqlanayotgan idish devorlariga va unga botirilgan jismga ta‘siri bosim orqali ifodalanadi.

### 1.Suyuqliklarda bosim

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



2.1-rasm. Suyuqliklarda bosim tushunchasiga doir misollar.

Bu kuchning  $\omega$  yuzaga ta‘sir qilgan qismini  $P$  bilan belgilaymiz.

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

$$P_{o'r} = \frac{P}{\omega}$$

Agar  $\omega$  yuzani kichraytira borib, nuqtaga intiltirsak ( $\omega \rightarrow 0$ ),  $P_{o'r}$  biror chegaraviy qiymatga intiladi:

$$p = \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{P}{\omega}$$

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

Gidrostatik bosim  $N/m^2$  bilan o'lchanadi.

## 2. Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari

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

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

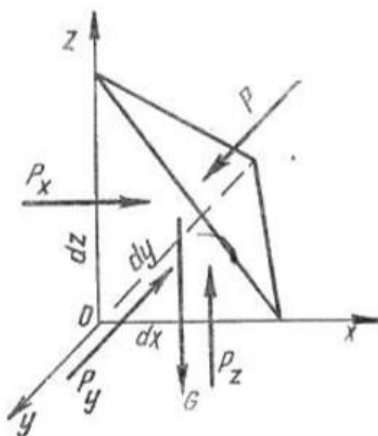
Urinma yo'nalishidagi proeksiya I va II qismlarining bir-biriga nisbatan siljishiga olib keladi (2.1-rasm). Suyuqlik muvozanatda bo'lgani uchun bu hol yuz berishi mumkin emas. Bundan  $p$  normal bo'yicha yo'nalmagan degan fikr noto'g'ri ekanligi kelib chiqadi.

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

U holda  $yOz$  tekislikdagi yuza bo'yicha,  $P_x$ ,  $xOz$  tekislikdagi yuza bo'yicha,  $P_y$ ,  $xOy$  tekislikdagi yuza bo'yicha, esa  $P_z$  kuchlar ta'sir qiladi. Qiya yuzaning sirti  $d\omega$  ga teng deb hisoblaymiz. Agar gidrostatik bosim  $Ox$  o'qi bilan  $\alpha$ ,  $Oy$  o'qi bilan  $\beta$ ,  $Oz$  o'qi bilan  $\gamma$  burchak tashkil qilsa, u holda  $d\omega$  yuzaga ta'sir qilayotgan kuch ( $p d\omega$ ) ning o'qlardagi proyeksiyalari  $p d\omega \cos \alpha$ ,  $p d\omega \cos \beta$ ,  $p d\omega \cos \gamma$  larga teng. Og'irlik kuchi esa

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

Suyuqlik muvozanatda bo'lgani uchun kuchlarning o'qlardagi proyeksiyalarining yig'indisi nolga teng, ya'ni  $Ox$  o'qi bo'yicha



**2.2-rasm. Bosimlarning xossalariga doir chizma.**

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

$Oy$  o'qi bo'yicha

$$\frac{1}{2} p_y dydz - p d\omega \cos \beta = 0,$$

$Oz$  o'qi bo'yicha

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

$d\omega$  yuzaning proyeksiyalari quyidagilarga teng:

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

Yuqoridagi tenglamalar qisqartirilgandan keyin quyidagicha yoziladi: ;

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

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

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

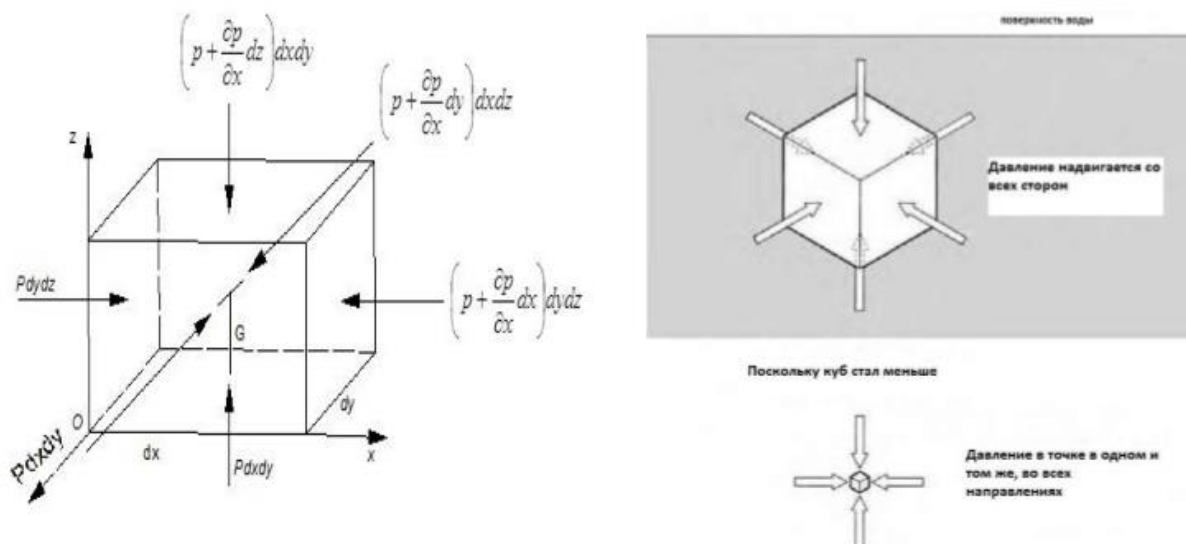
Shunday qilib, barcha yo'nalishlarda ta'sir qiluvchi bosim kuchlari teng ekanligi isbotlandi. Bu esa ikkinchi xossaning to'g'riligini ko'rsatadi.

### 3. Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi (Eylar differentsial tenglamasi)

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

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

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



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

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

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

$$p dx dz - \left( p + \frac{\partial p}{\partial y} dy \right) dx dz + \rho X dx dy dz = 0 \quad (2.1)$$

Shuningdek,  $Oz$  o'qi bo'yicha

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

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

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

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

### Mavzuga doir nazorat savollari

1. Suyuqliklarda bosim kuchuni tushuntirin?.
2. Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalarini tushuntirin?.
3. Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi nima?

## 3-MAVZU: BOSIMNI TENG SIRTLAR ERKIN SIRT, EYLER TENGLAMASI VA GIDROSTATIKANING ASOSIY TENGLAMASI.

### Asosiy savollar:

1. Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt.
2. Eyler tenglamasining integrallari.
3. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.

## 1. Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt

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

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

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

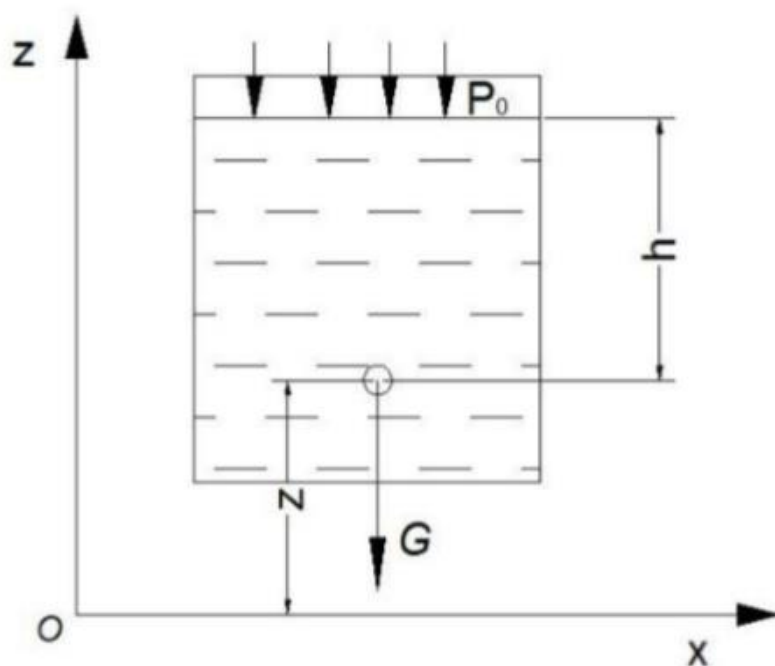
$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz). \quad (2.3)$$

Hosil bo‘lgan tenglama bosimning suyuqlik turiga va fazoning nuqtalari koordinatalariga bog‘liqligini ko‘rsatadi hamda bosimning ixtiyoriy nuqtadagi miqdorini topishga yordam beradi. Bu tenglama tomchilanuvchi suyuqliklar uchun ham, gazlar uchun ham o‘rinli bo‘lib, gazlar uchun qo‘llanganda gaz holati tenglamalari bilan birgalikda ishlatiladi. (2.3) dan hamma nuqtalarida bir xil bosimga ega bo‘lgan ( $p = const$ ) sirtlarni topish mumkin. Bunday tekisliklar bosimi teng sirtlar

deb ataladi.  $p = sonst$  bo‘lganda  $dp = 0$  bo‘ladi,  $\rho$  esa nolga teng bo‘lishi mumkin emas. Shuning uchun bosimi teng sirtlar tenglamasi quyidagicha yoziladi:

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

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



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

## **2. Eyler tenglamasining integrallari**

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

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

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

$$X=0, Y=0, Z=-g \quad (2.5)$$

bo‘ladi. Bu qiymatlarni (2.4) ga qo‘ysak,  $gdz=0$  ga ega bo‘lamiz. Uni integrallasak,  $z=\text{const}$  bo‘ladi. Bu esa gorizontalk tekislikning tenglamasidir. Shunday qilib, tinch turgan suyuqliklar uchun har qanday gorizontalk tekislik bosimi teng sirt dan iborat. Uning havo bilan chegaralangan sirti ham gorizontalk bo‘lib, u erkin sirt bo‘ladi. Erkin sirt da bosim  $p_0$  ekanligini hisobga olsak, (2.3) tenglamadan quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$p = \gamma h + p_0$$

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

### **b) Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik**



Suyuqlik a tezlanish bilan harakat qilayotgan idishda muvozanat holatida bo'lsin (2.5-rasm), bu holda suyuqlik zarralari tezlanish  $a$  va og'irlik ta'sirida bo'ladi, ular uchun birlik massa kuchlar esa quyidagicha bo'ladi:

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

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

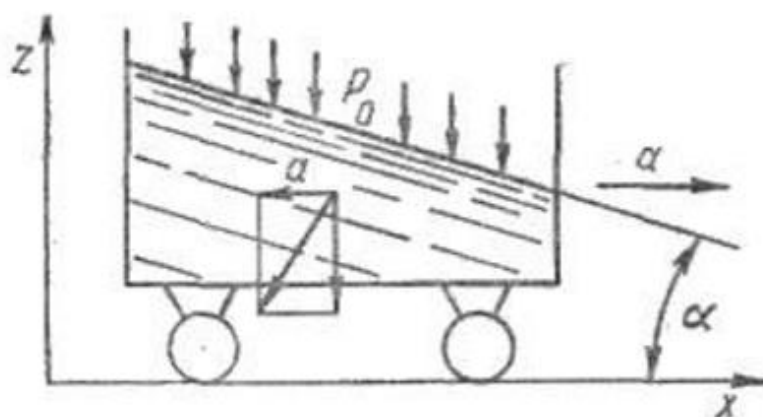
$$ax + gz = const \quad (2.6)$$

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

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

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

$$p = \rho ax + \gamma z + p_0 + C$$



**2.5 –rasm. Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik.**

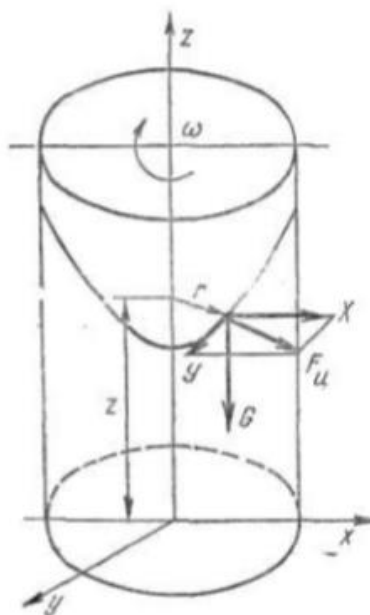
v) Aylanayotgan idishdagi suyuqlik.

Suyuqlik vertikal o'q atrofida  $\omega$  burchak tezlik bilan aylanayotgan idish ichida muvozanat holatida bo'lsin (2.6- rasm). Bu holda suyuqlik zarralari markazdan qochma kuch va og'irlik kuchlari ta'sirida bo'ladi. Markazdan qochma kuch quyidagiga teng:

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

Uning proyeksiyalari esa quyidagicha topiladi:

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



**2.6-rasm. Aylanayotgan jism ichidagi suyuqlik.**

Shuning uchun birlik massa kuchlar quyidagilarga teng:

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

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

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

Uni integrallasak

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

bo‘ladi.

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

$$\frac{\omega^2 r^2}{2} - g z = const \quad (2.7)$$

Bu bosimi teng sirtning tenglamasidir. Bu sirt aylanma paraboloid ekanligi ko‘rinib turibdi. Shunday qilib, bosimi teng sirtlar o‘qi vertikal bo‘lgan aylanma paraboloidlar oilasidan iborat. Bu sirtlar vertikal tekislik bilan kesishganda o‘qi  $Oz$

da boʻlgan parabolalar, gorizontal tekisliklar bilan kesishganda esa markazi  $Oz$  da boʻlgan kontsentrik aylanalari hosil qiladi.

### 3. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi

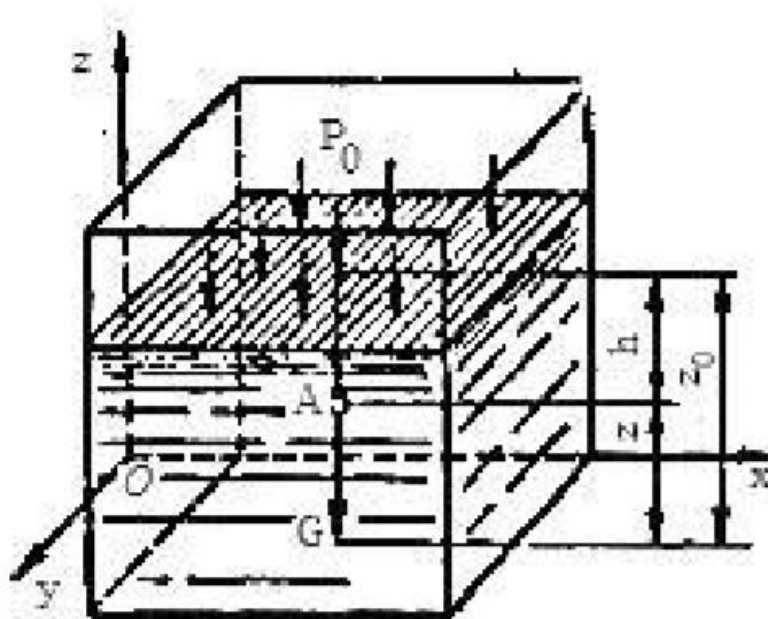
Tinch turgan idishdagi suyuqlikni qaraymiz. Bu suyuqlikka ogʻirlik kuchi taʼsir etadi. Koordinata oʻqlarini  $Oz$  oʻqi vertikal yuqoriga yoʻnaladigan qilib yoʻnaltiramiz (2.7-rasm).

Koʻrilayotgan idish ichida biror  $xOy$  tekisligidan  $z$  masofada, erkin sirtidan esa  $h$  masofada joylashgan biror  $A$  nuqtani olamiz. U holda birlik massa kuchlarning bu koordinata sistemasidagi proyeksiyalari quyidagicha boʻladi:

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

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

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



2.7-rasm. Hidrostatikaning tenglamasiga doir chizma.

Birinchi va ikkinchi tenglamalardan bosimning  $x$  va  $y$  koordinatalarga bogʻliq emas ekanligi kelib chiqadi. U holda uchinchi tenglamadan quyidagini olamiz:

$$dp = -\rho g dz$$

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

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

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

$$p = p_0 + \rho gh$$

yoki

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

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

### **Mavzuga doir nazorat savollari**

1. Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt nima?
2. Eyler tenglamasining integrallari?
3. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi tushunturib bering?

## **4-MAVZU: ABSOLYUT, MANOMETRIK, VAKUUMMETRIK VA ATMOSFERA BOSIMLARI.**

### **Asosiy savollar:**

1. Absolyut, manometrik, vakuummetrik va atmosfera bosimlari. Bosim o'lchov birliklari.
2. Bosim o'lchash asboblari.
3. Paskal qonuni.

## 1. Absolyut, manometrik, vakuummetrik va atmosfera bosimlari. Bosim o'lchov birliklari

Suyuqlik ichidagi ixtiyoriy nuqtadagi (gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida aniqlanadigan) bosim  $p$  shu nuqtadagi absolyut bosim deb ataladi. Suyuqlikning erkin sirtidagi bosim  $p_0$  erkin sirtidagi absolyut bosimni beradi,  $\gamma h$  esa suyuqlik ustunining nuqtadagi bosimini beradi. Usti yopilmagan idishlardagi, suv sig'implaridagi suyuqliklarning erkin sirtiga ta'sir qiluvchi bosim atmosfera bosimi deb ataladi va  $p_a$  harfi bilan belgilanadi. Bu holda (2.8) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$p = p_a + \gamma h \quad (2.9)$$

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

$$p_m = \gamma h = p - p_a \quad (2.10)$$

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

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

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

$$p_v = \gamma h = p_a - p \quad (2.11)$$

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

Bosimni o'lchash uchun texnikada turli birliklar ishlatiladi:

1. Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati, masalan,

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

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

3. Birlik yuzaga to'g'ri kelgan berilgan kuch miqdoriga nisbati yoki suyuqlik ustunining berilgan balandligi miqdorlari, masalan, texnik atmosfera (*atm*) ( $1 \text{ atm} = 1 \text{ kgK/sm}^2 = 104 \text{ kgK/m}^2 = 735,6 \text{ mm sim. ust.}$ ) bar ( $1 \text{ bar} = 105 \text{ N/m}^2$ ) va hokazo.

## 2. Bosim o'lchash asboblari

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

I. Suyuqlik asboblari:

a) **pezometrlar** - idishdagi bosim unga ulangan shisha naychada tekshirilayotgan suyuqlikning ko'tarilishiga qarab aniqlanadi (2.8- rasm). Idishdagi bosimning katta yoki kichikligiga qarab pezometr (shisha naycha) da suvning sathi  $h_n$  balandlikka ko'tariladi. Tekshirilayotgan A nuqtadagi bosim  $p_A$  idishdagi erkin sathdagi bosim bilan undagi suv ustunining bosimi yig'indisiga teng. Pezometr orqali aniqlanganda u gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida quyidagicha aniqlanadi:

$$p_A = p_a + \gamma(h + h_0) \quad (2.12)$$

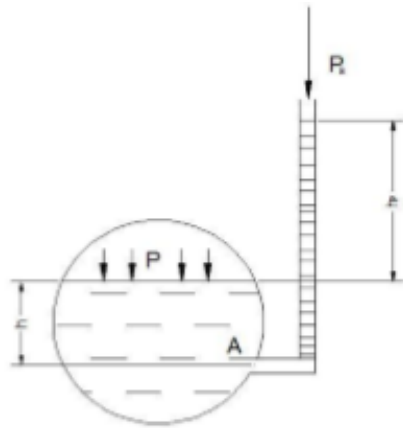
U holda pezometrda suyuqlik erkin sathining balandligi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$h + h_0 = \frac{p_A - p_a}{\gamma}$$

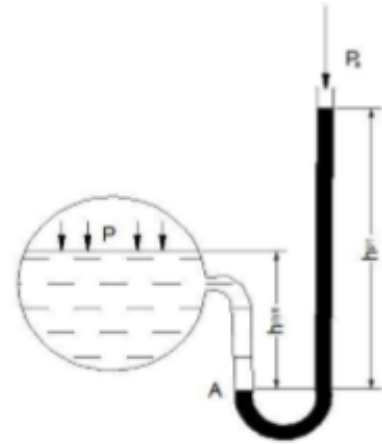
va idishdagi chegirma bosimga to'g'ri keladigan suyuqlik ustunining balandligini ko'rsatadi. Bunday asboblar 0,5 atm dan yuqori bo'lmagan kichik chegirma bosimlarni o'lchashda ishlatiladi. Haqiqatda ham 1 atm ga teng bo'lgan bosim 10 m suv ustunning balandligiga teng bo'lgani uchun yuqori bosimlarni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

b) **Suyuqlik U-simon manometrlari** - bosim tekshirilayotgan suyuqlik bilan emas, simob ustuni yordamida o'lchanadi (2.9-rasm). Bu holda simobli shisha naycha idishga U-simon naycha orqali ulanadi. Bunda simobning bosimi o'lchanayotgan idishga oqib o'tishiga U- simon naychadagi qarshilik to'sqinlik qiladi. U holda A nuqtadagi bosim idish tomondagi qiymatlar orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p_A = p + \gamma h_1$$



2.8- rasm. Pezometr.



2.9-rasm. U-simon manometr.

Simobli naychadagi qiymatlari orqali esa

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

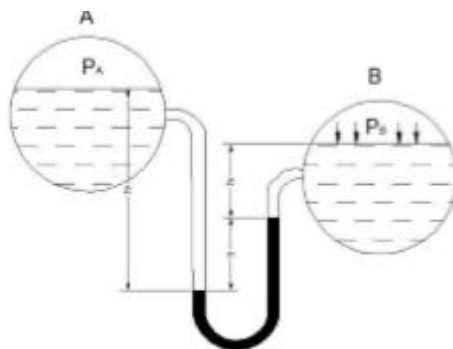
Bu ikki tenglikdan  $p$  ni topamiz:

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

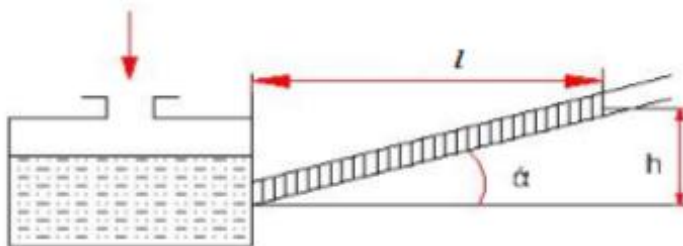
Bunday manometrlar ham bir necha atmosferadan ortiq bosimni o'lchashga yaramaydi.

v) Differentsial manometrlar - ikki idishdagi bosimlar farqini o'lchash uchun ishlatiladi (2.10- rasm). Bosimlarni  $p_A$  va  $p_B$  ga teng bo'lgan ikki idish simobli Usimon naycha orqali tutashtirilgan. Bu holda  $C$  nuqtadagi bosim birinchi idishdan bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$p_c = p_a + \gamma_1 h_1$$



2.10-rasm. Differentsial manometer.



2.11- rasm. Mikromanometr.

Ikkinchi idishdagi bosim orqali esa

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

U holda idishlardagi bosimlar farqi

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

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

$$p_a - p_v = (\gamma_{sm} - \gamma_1) h. \quad (2.15)$$

g) **Mikromanometrlar** - juda kichik bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi va suyuqlik sathining o'zgarishi sezilarli bo'lishi uchun suyuqlik to'ldirilgan idishga shisha naycha qiya burchak ostida ulanadi (2.11-rasm). U holda idishdagi chegirma bosim quyidagicha aniqlanadi:  $p = \gamma h$  bo'lgani uchun

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

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



d) **Vakuummترلar.** Tuzilishi xuddi suyuqlik U-simon manometrlariga o‘xshash bo‘lib, idishdagi siyraklanish darajasini aniqlaydi (2.12-rasm). Hidrostatik bosim tenglamasiga asosan

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

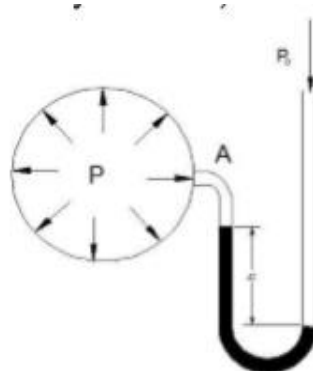
u holda

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

simob ustunining pasayishi idishdagi bosim va  $p_a$  orqali quyidagicha ifodalanadi:

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

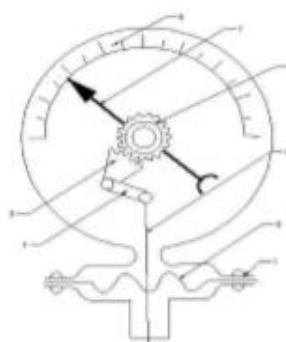
**II. Mexanik asboblار** (katta bosimlarni o‘lchash uchun ishlatiladi va buning uchun turli mexanik sistemalardan foydalaniladi):



2.12- rasm. Vakuummטר



2.13-rasm Prujinali manometr.



2.14-rasm. Membranali manometr.

a) **Prujinali manometr** (2.13-rasm) ishi bo‘sh yupqa egik latun 1 naychadan iborat bo‘lib, uning bir uchi kavsharlangan. Shu uchi zanjir 2 bilan tishli uzatma 3 ga ilashtirilgan bo‘ladi.

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

**b) Membranali manometr** (2.14-rasm) - yupqa metall plastinka yoki rezina shimdirilgan materialdan tayyorlangan plastinkaga ega bo'lib, u membrana deyiladi. Suyuqlik bosimi idish bilan tutashtiruvchi bo'yincha orqali o'tib, membranani egadi. Bu egilish natijasida richaglar sistemasi orqali strelka harakatga keladi va shkala bo'yicha surilib, bosimni ko'rsatadi.

### 3. Paskal qonuni

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

$$p_A = p_0 + \gamma h_A$$

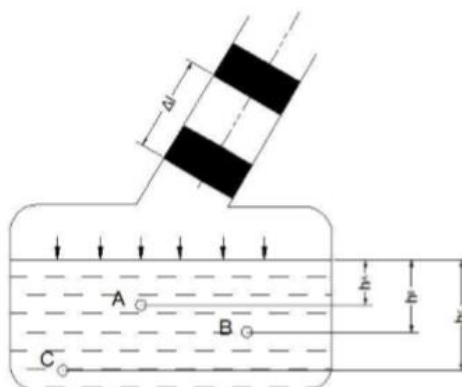
B va C nuqtalarda esa

$$p_B = p_0 + \gamma H_B$$

$$p_C = p_0 + \gamma H_C$$

Agar porshenni  $\Delta l$  masofaga (2.15-rasm) siljitsak, u holda suyuqlik erkin sirtidagi bosim  $\Delta p$  ga o'zgaradi. Suyuqlikning solishtirma og'irligi bosim o'zgarishi bilan deyarli o'zgarmaydi. Shuning uchun A, B va C nuqtalardagi bosim quyidagicha bo'ladi:

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



## 2.15-rasm. Paskal qonunini tushuntirishga doir chizma.

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

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

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

### Mavzuga doir nazorat savollari.

1. Absolyut, manometrik, vakuummetrik va atmosfera bosimlari. Bosim o'lchov birliklari?
2. Bosim o'lchash asboblari?
3. Paskal qonuni?

## 5-MAVZU: GIDROSTATIK BOSIM KUCHINING TEKIS SIRTGA TA'SIR

### Asosiy savollar:

1. Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim kuchi.
2. Grafoanalitik usul
3. Gidrostatik g'ayritabiiylik (paradoks)

### a) Suyuqlikning tekis sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi.

Ihtiyoriy qiya tekislikka bo'lgan bosim kuchini aniqlash kerak bo'ladi. Xususiy holda shitlarga ta'sir qiluvchi kuchlarni aniqlash xuddi shunday masalaga olib keladi. Shitlardagi gidrostatik bosim kuchini hisoblash uchun quyidagi masalani ko'ramiz. Suyuqlik bilan to'ldirilgan idish olaylik. Uning gorizont bilan  $\alpha$  burchak tashkil etgan qiya sirtida  $\omega$  yuzaga tushadigan bosim kuchini aniqlaymiz. Oy o'qini qiya sirt yo'nalishih bo'yicha, Ox o'qini esa unga tik

yoʻnalishda deb qabul qilamiz (2.22-rasm). Bu holda  $\omega$  sirdagi kichik  $d\omega$  sirtga taʼsir etayotgan gidrostatik bosim kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$dP = d\omega(\gamma h + p_0). \quad (2.18)$$

Bu yerda  $\gamma h$  - suyuqlik ustunining bosimi;  $p_0$  - erkin sirdagi bosim. U holda  $\omega$  yuzaga taʼsir qilayotgan toʻla bosim quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$p_\omega = \int_{(\omega)} \gamma h d\omega + \int_{(\omega)} p_0 d\omega = \gamma \int_{(\omega)} h d\omega + p_0 \int_{(\omega)} d\omega,$$

agar

$$h = y \sin \alpha$$

ekanligini hisobga olsak:

$$p_\omega = \gamma \sin \alpha \int_{(\omega)} y d\omega + p_0 \int_{(\omega)} d\omega, \quad (2.19)$$

bu yerda  $\int_{(\omega)} y d\omega$  – sirtning  $Ox$  oʻqiga nisbatan statik momenti. Statik moment

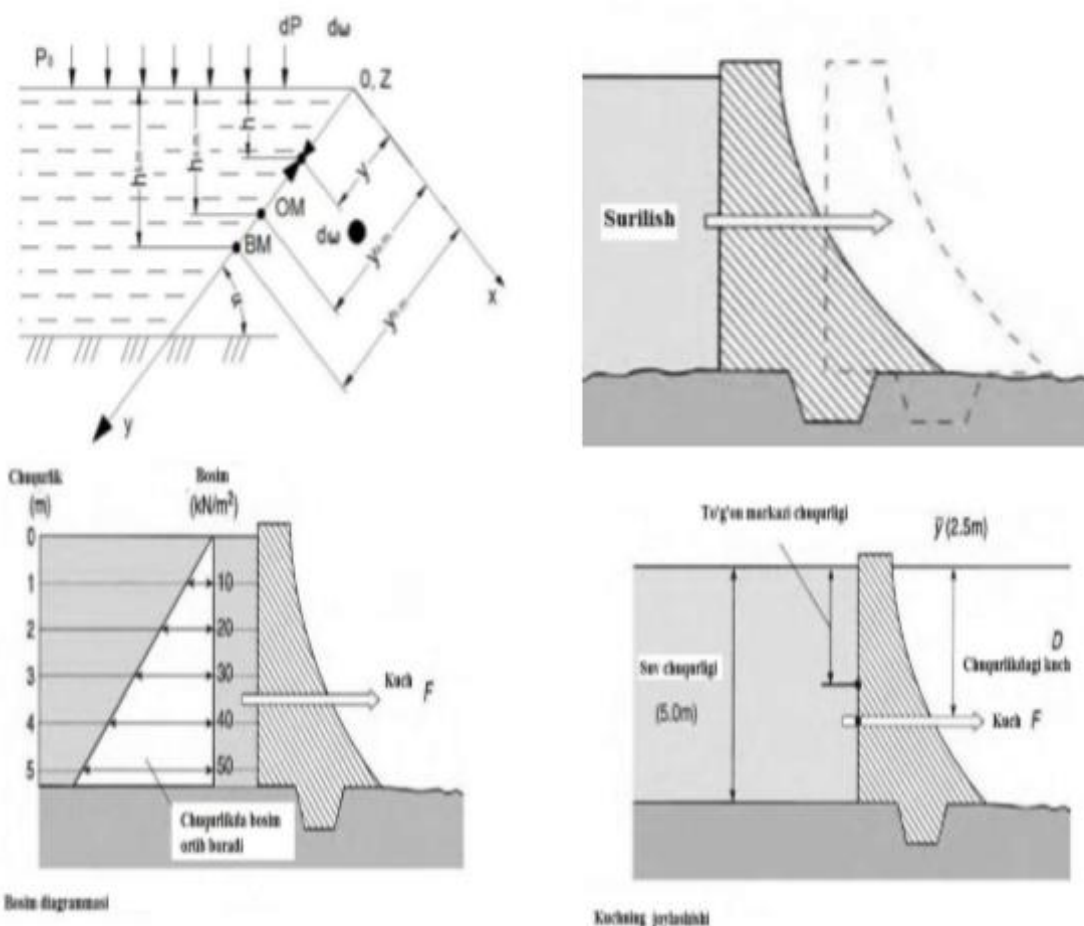
haqidagi tushunchaga asosan  $\int_{(\omega)} y d\omega = \omega y_{O.M.}$ ,

bu yerda  $y$  – ogʻirlik markazining koordinatasi. Rasmdan koʻrinib turibdiki,

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

demak,

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



**2.22-rasm. Tekis sirtga tushadigan bosimni hisoblashga doir chizma.**  
 (Melvyn Kay, *Practical Hydraulics* (Taylor & Francis 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN ) 2008.-253 pages)

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

$$P_{\omega} = p_u + p_a$$

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

$$p_u = \gamma h_{om} \omega \tag{2.21}$$

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

$$p_a = p_0 \omega$$

va chegirma bosim kuchi

$$p_u = \gamma h_{om} \omega$$

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

### b) Bosim markazini topish

Chegirma bosim teng ta'sir etuvchisining qo'yilish nuqtasi bosim markazi deb ataladi. Bu nuqtani topish shitlarning o'lchamlarini aniqlash uchun kerak bo'ladi. Shuning uchun bosim markazi koordinatasini topish shitlarni hisoblashda juda zarur. 2.22-rasmdan bosim markazining koordinatasi  $y_{b..m}$  ga teng deb hisoblab,  $\omega$  sirtga ta'sir qilayotgan momentni aniqlaymiz:

$$P y_c = \int_{(\omega)} dPy = \int_{(\omega)} \gamma h d\omega y \quad (2.22)$$

Rasmdan

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

ekanligi ko'rinib turibdi. U holda (2.22) munosabatdan quyidagi kelib chiqadi:

$$h_{o..m.} = y_{o..m.} \sin \alpha, h = y \sin \alpha \quad (2.23)$$

bu yerda  $I_x = \int_{(\omega)} y^2 d\omega$  – ko'rilayotgan sirtning  $Ox$  o'qqa nisbatan inertsia momenti.

U holda (2.23) dan bosim markazini topamiz:

$$y_{\delta..m} = \frac{I_x}{\omega \cdot y_{o..m}} \quad (2.24)$$

Inertsia momentini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I_x = I_{o..m.} + \omega \cdot y_{o..m.}^2, \quad (2.25)$$

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

U holda (2.25) ni (2.24) ga qo'yib, bosim markazini quyidagicha topamiz:

$$y_{\delta..m} = y_{o..m} + \frac{I_{o..m.}}{\omega \cdot y_{o..m}} \quad (2.26)$$

Bu tenglamadan ko'rinadiki, bosim markazi ko'rilayotgan qiya sirt og'irlik markazi

dan  $\frac{I_{o..m.}}{\omega \cdot y_{o..m}}$  miqdorda pastda joylashgan bo'lib, sirt gorizont bo'lgan xususiy

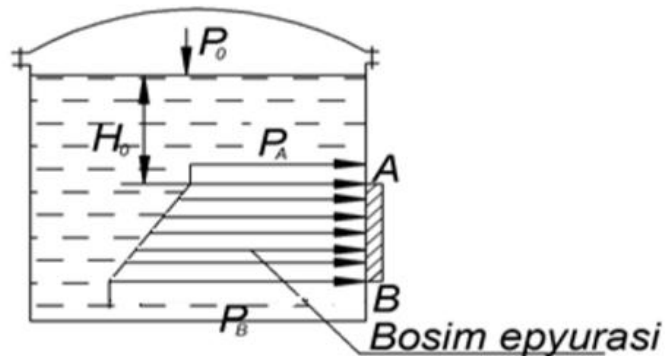
holdagina bu farq  $0$  ga teng, (ya'ni, og'irlik markazi bilan bosim markazi ustma-ust tushadi).

## 2. Grafoanalitik usul

Bu usulni yuqoridagi masala asosida tushuntiramiz:

1. Masshtab bilan bosim epyurasini (2.23-rasm) chizamiz. A nuqtadagi bosim:

$$p_A = p_o + \rho g H_o$$



2.23-rasm.

B nuqtadagi bosim

$$p_B = p_o + \rho g (H_o + a)$$

2. Hidrostatik bosim kuchi bosim epyurasining hajmiga teng:

$$P = W_{b.e.} = \omega_{b.e.} \cdot b$$

Bu yerda:  $\omega_{b.e.}$  – bosim epyurasining yuzasi, bizning misolda quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega_{b.e.} = \left( \frac{P_A + P_B}{2} \right)$$

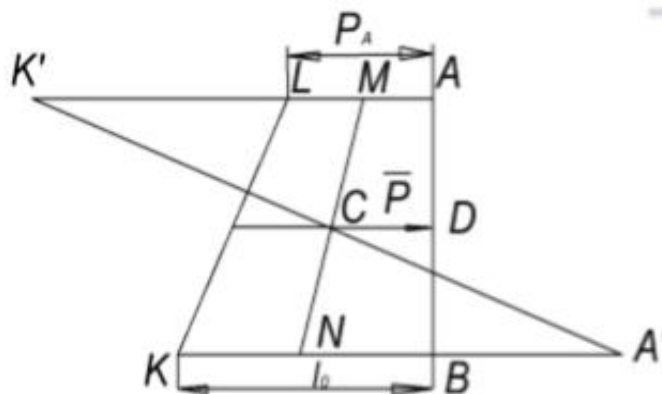
u holda gidrostatik bosim kuchi

$$P = \left( \frac{P_A + P_B}{2} \right) \cdot a \cdot b = \left( \frac{19.5 \cdot 10^3 + 198.9 \cdot 10^3}{2} \right) \cdot 1.2 \cdot 1 = 233 \text{ kN}$$

1.1 Bosim markazini aniqlash

Grafoanalitik usulda bosim markazini aniqlashda bir qulaylik bor.

Chunki gidrostatik bosim kuchi bosim epyurasining og'irlik markazidan o'tadi. Demak, bosim markazini aniqlash uchun bosim epyurasining og'irlik markazini aniqlash kifoya. Biz ko'rayotgan misolda nazariy mexanika kursidan ma'lum bo'lgan usuldan foydalanib, bosim epyurasining og'irlik markazini aniqlaymiz. Yuqorida ko'rilgan misolda bosim epyurasi trapetsiya shaklida edi. Trapetsiyaning og'irlik markazini quyidagicha topamiz.



2.24-rasm

1. Masshtab bilan bosim epyurasi chiziladi (2.24-rasm).
2. BK –kesmasini olib, AL – kesmasini to'ldiramiz. AL – kesmasini olib, BK – kesmasini to'ldiramiz. Natijada AK' va KA' kesmalarini hosil qilamiz.
3. A' va K' nuqtalarni tutashtiramiz.
4. AL –kesmasining o'rtasi M nuqtani BK –kesmaning o'rtasi N – nuqtani aniqlab, bu nuqtalarni tutashtiramiz.

A'K' va MN –chiziqlarning kesishgan nuqtasi – C bosim epyurasining og'irlik markazi bo'ladi. Gidrostatik bosim kuchi C nuqtadan o'tib AB tomon bilan D nuqtada kesishadi, ya'ni D nuqta bosim markazi bo'ladi.

### 3. Gidrostatik g'ayritabiiylik (paradoks)

Biror idishdagi suyuqlikning chuqurligi  $h$  bo'lsin, u holda ixtiyoriy nuqtadagi bosim uning suyuqlik ichida qancha chuqurlikda bo'lganiga bog'liq bo'ladi. A, B, C nuqtalardagi bosimlar quyidagilarga teng:

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

Suyuqlik tubidagi bosim kuchi esa

$$p = \gamma \omega$$



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

2.25-rasmda har xil shakldagi idishlar tasvirlangan va barcha idishlardagi suyuqlikning chuqurligi  $h$  ga, idish tubining sirti esa  $\omega$  ga teng.

Bu holda idish tubiga bo'lgan bosim kuchi idishlarda

$$p_a = \gamma h \omega; \quad p_b = \gamma h \omega; \quad p_c = \gamma h \omega; \quad p_e = \gamma h \omega \quad (2.27)$$

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

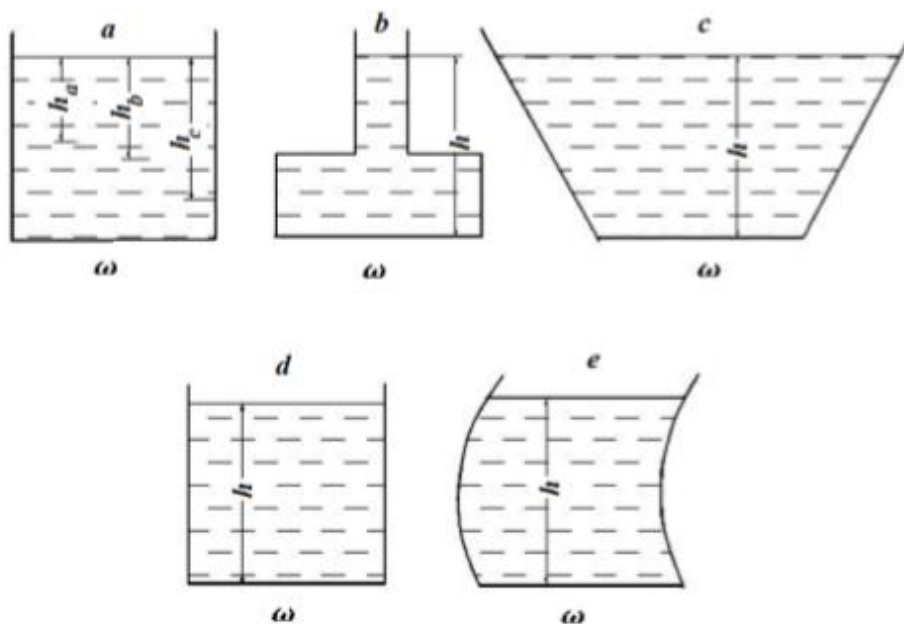
$$p = \gamma h \omega$$

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

Gidravlika qonunlari bo'yicha suyuqlikdagi bosim uning shakliga bog'liq bo'lmay, uning chuqurligiga bog'liq. Bu hodisa gidrostatik g'ayritabiiylik deb ataladi.

Bu savolga javob olish uchun Paskal qonunini chuqurroq talqin qilish kerak. Masalan, 2.24, b va 2.24, c-rasmlarni tekshirsak, birinchi holda idishning yuqoridagi devorlarida bosim yuqoriga yo'nalgan bo'lib, reaksiya kuchlari pastga yo'nalgan, 2.24, c da esa aksincha.

Ana shu hodisalar gidrostatik g'ayritabiiylikning mohiyatini ochib beradi.



2.25-rasm. Gidrostatik paradoksga doir chizma

### Mavzuga doir nazorat savollari.

1. Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim kuchi?
2. Grafoanalitik usul?
3. Hidrostatik g'ayritabiiylik (paradoks)?

### 6-MAVZU: SUYUQLIKDA JISMLARNING SUSISHI.

#### Asosiy savollar:

1. Arximed qonuni.
2. Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik.
3. Nisbiy tinchlik

Suyuqlikka tushirilgan jismlarning qay yo'sinda harakat qilishi va qanday holatlarni qabul qilishini tekshirish uchun ularning suyuqlik bilan ta'sirlashish va muvozanat qonunlarini o'rganish kerak. Bu qonuniyatlar eramizdan 250 yil avval kashf qilingan Arximed qonuniga asoslanadi. Bu qonun asosida kemalar nazariyasi yaratilgan bo'lib, ular L. Eyler, S. A. Makarov va A. N. Krilov asarlarida ifodalangan. Arximed qonuni quyidagicha ifodalaniladi: *suyuqlikka botirilgan jasmga siqib chiqaruvchi kuch ta'sir qilib, bu kuchning kattaligi botirilgan jism siqib chiqargan suyuqlik og'irligiga teng bo'ladi.*

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

- 1) jismga yuqoridan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_1 = \gamma H_1 \omega$$

- 2) jismga pastdan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_2 = \gamma H_2 \omega$$

- 3) pastga yo'nalgan og'irlik kuchi

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

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

$$P = P_2 - P_1 = \gamma \omega (H_2 - H_1) = \gamma \omega \Delta H. \quad (2.33)$$

Bu yerda:  $\gamma$  va  $\gamma_1$  – suyuqlik va jismning solishtirma og‘irligi;

$H_1$  – jismning yuqori qismining chuqurligi;

$H_2$  – jismning pastki qismining chuqurligi;

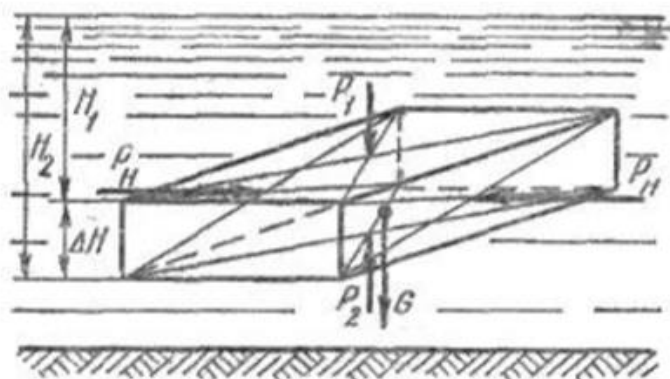
$\Delta H$  – jismning balandligi;

$\omega$  – jismning yuqori va pastki sirtlarining yuzasi.

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

$$P = \gamma V \quad (2.34)$$

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



2.49- rasm. Arximed qonuniga oid chizma.

## 2. Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik

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

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

yoki

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

Bu kuchni ko‘taruvchi kuch deb ataladi.

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

$$R = (\gamma - \gamma_1)V. \quad (2.35)$$

Oxirgi munosabatdan quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

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

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

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

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

Suzuvchanlik imkoniyati  $P_c$  bilan belgilanadi va quyidagicha topiladi:

$$P_c = \frac{R}{\lambda} = \frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma} V. \quad (2.36)$$

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

Suzib yuruvchi jism haqida yana quyidagi tushunchalarni keltiramiz.

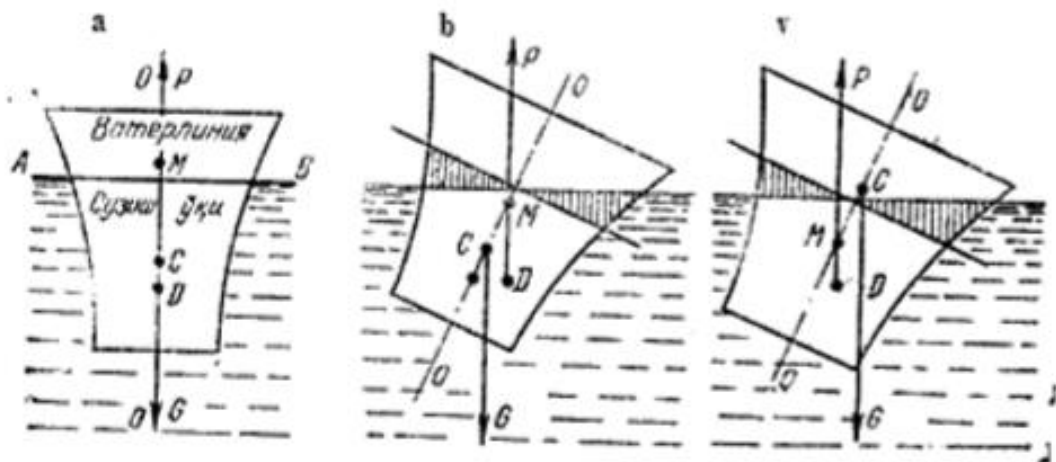
1. Suzish tekisligi – jismni kesib o'tuvchi erkin sirt  $AB$ .
2. Vater chiziq – suzish tekisligi bilan jism sirtining kesishish chizig'i.
3. Suzayotgan jismning og'irlik markazi (2.42-rasmda  $C$  nuqta).
4. Suv sig'imi markazi yoki bosim markazi (2.42-rasmda  $D$  nuqta). Bu yerda suv sig'imi – jismning suvga botgan qismi. Suv sig'imi markazi jismning suyuqlikka botgan qismiga ta'sir etuvchi bosimning teng ta'sir etuvchisi qo'yilgan nuqta bo'lib, u suvga botgan qismning og'irlik markaziga joylashgan.
5. Suzish o'qi – suzayotgan jism normal holatida uning o'rtasidan o'tgan  $O - O$  o'qi (2.41-rasm, a).

6. Metamarkaz – jismning qiya holatida teng ta'sir etuvchi bosim kuchi yoʻnalishining suzish oʻqi bilan kesishgan nuqtasi (2.42-rasm, b,

v). Suzayotgan jismning ogʻirlik markazi  $C$  u qiyalashganda ham oʻzgarmaydi. Suv sigʻimi markazi  $D$  esa jism qiyaligining har xil holatida har xil boʻladi. Qiyalik burchagi  $15^\circ$  gacha boʻlganda  $D$  taxminan radiusi biror  $r$  ga teng boʻlgan aylana yoyi boʻyicha siljib boradi va bu radius  $D$  va  $M$  orasidagi masofaga teng boʻlib, metamarkaziy radius deyiladi.  $M$  va  $C$  orasidagi masofa metamarkaziy balandlik deyiladi va  $h$  harfi bilan belgilanadi.

Suyuqlikda suzayotgan jismning qiyalanganidan keyin yana avvalgi holatiga, qaytishi turgʻunlik deyiladi. Bu tushunchaning toʻliq mazmunini tushuntirish uchun quyidagilarga toʻxtalib oʻtamiz.

Normal holatda (2.42-rasm, a) ogʻirlik markazi va suv sigʻimi markazi suzish oʻqida yotadi. Ogʻirlik kuchi  $G$  va bosim  $P$  esa suzish oʻqi boʻyicha yoʻnalgan boʻladi. Suzayotgan jism qiyshayishi bilan  $G$  va  $P$  kuchlar moment hosil qiladi. Bu moment jism qiyalangan tomon yoʻnalishida yoki unga teskari boʻlishi mumkin.



2.50- rasm. Suzib yuruvchi jismlarning turli holatlari.

Agar  $G$  va  $P$  kuchlarning momenti jism qiyalangan tomonga teskari yoʻnalgan boʻlsa, u tiklovchi moment deyiladi. Bunday holat esa turgʻun holat deyiladi. Agar moment jism qiyalangan tomonga boʻlsa, uni agʻdaruvchi moment deyiladi. Bu holda jism avvalgi holatiga qaytmaydi  $G$  va  $P$  kuchlar momentining yoʻnalishi bu kuchlarning qoʻyilish nuqtalari, ya'ni ogʻirlik markazi  $C$  bilan suv sigʻimi markazi  $D$  ning oʻzaro holatiga bogʻliq. Bunda uch hol boʻlishi mumkin:

1) agar metamarkaz ogʻirlik markazidan yuqorida boʻlsa (2.42-rasm, b),  $G$  va  $P$  kuchlarning momenti jismni normal holatga qaytaradi, ya'ni jism turgʻun holatda boʻladi;

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

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

### 3. Nisbiy tinchlik

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

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

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

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

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

### Mavzuga doir nazorat savollari

1. Nisbiy tinchlik?
2. Arximed qonuniga oid chizma?
3. Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik?
4. Hidrostatik mashinalarning qanday turlari mavjud?
5. Metamarkaz nuqta haqida tushuncha bering?

## **7-MAVZU: SUYUQLIKLAR KINEMATIKASI VA DINAMIKASI ASOSLARI. SUYUQLIKLARDA HARAKAT TURLARI**

### **Asosiy savollar:**

1. Hidrodinamikaning asosiy masalasi. Harakat turlari.
2. Oqimchali harakat haqida asosiy tushunchalar. Oqim chizig'i, oqim naychasi va oqimcha. Suyuqlik oqimlari.
3. Oqimning asosiy gidravlik elementlari.

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

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

### **1. Hidrodinamikaning asosiy masalasi. Harakat turlari**

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

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

Yuqorida aytib o'tilganga asosan suyuqlik parametrlari funksiya ko'rinishida yoziladi

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

tezlik proyeksiyalari ham funksiyalardir;

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

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

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

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

bo'lsa, u holda harakat barqaror deyiladi. Bu hol quvurlarda va kanallarda suyuqlik ma'lum vaqt oqib turganidan keyin yuzaga kelishi mumkin. Barqaror harakat ikki tur bo'lishi mumkin: tekis va notekis harakatlar. Suyuqlik zarrachasi harakat yo'nalishi bo'yicha vaqt o'tishi bilan harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o'tganda tezligi o'zgarib borsa, harakat notekis harakat bo'ladi. Notekis harakat vaqtida suyuqlik ichida bosim va boshqa gidravlik parametrlar o'zgarib boradi. Notekis harakatni kesimi o'zgarib borayotgan shisha quvurda kuzatish juda qulaydir. Bordiyu suyuqlik zarrachasi harakat yo'nalishi bo'yicha vaqt o'tishi bilan harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o'tganda tezligini o'zgartirmasa, bunday harakat tekis harakat deyiladi. Tekis harakat vaqtida suyuqlikning gidravlik parametrlari o'zgarmaydi. Tekis harakatga kesimi o'zgarmaydigan quvurlardagi suyuqlikning va qiyaligi bir xil kanallardagi suv oqimi misol bo'la oladi.

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



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

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

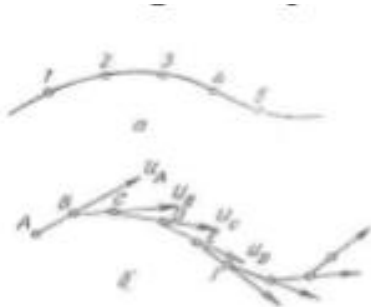
Struyali harakat. Struyali harakat vaqtida suyuqlik faqat havo bilan chegaralangan buladi.

## **2. Oqimchali harakat haqida asosiy tushunchalar. Oqim chizig'i, oqim naychasi va oqimcha. Suyuqlik oqimlari**

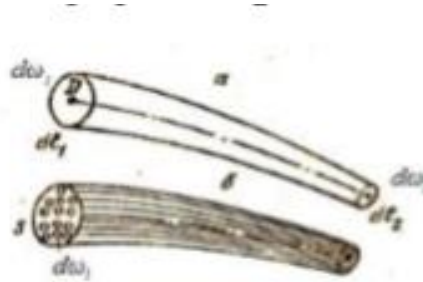
Odatda, biror voqea yoki hodisani tekshirishda uni butunligicha tekshirib bo'lmagani uchun biror soddalashtirilgan sxema qabul qilinadi va ana shu sxema tekshiriladi. Gidravlikada suyuqlik harakati qonuniyatlarining tabiatini eng yaxshi ifodalab beruvchi sxema suyuqlik oqimini elementar oqimchalardan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

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

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



**3.1-rasm. Oqim chizig'ini tushuntirishga oid chizma.**



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

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

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

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

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

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

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

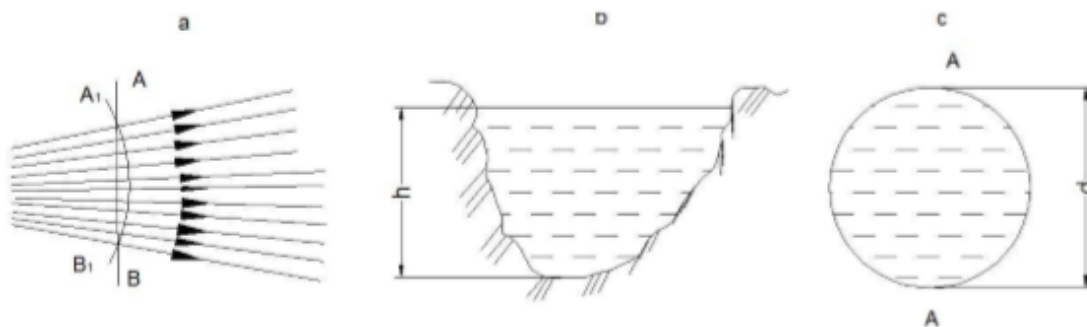
### 3. Oqimning asosiy gidravlik elementlari

Suyuqlik oqimini tekshirishda oqish qonunlarini matematik ifodalash uchun uni gidravlik va geometrik nuqtai nazardan xarakterlovchi;

- 1) harakat kesimi;
- 2) suyuqlik sarfi;
- 3) o'rtacha tezlik;
- 4) ho'llangan perimetr;
- 5) gidravlik radius kabi tushunchalar kiritiladi.

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

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



3.3- rasm. Harakat kesimiga oid chizma.

Vaqt birligida oqimning berilgan harakat kesimi orqali oqib o'tayotgan suyuqlik miqdori suyuqlik sarfi deb ataladi. Sarf  $Q$  harfi bilan belgilanadi va  $l/s$ ,  $m^3/s$ ,  $sm^3/s$  larda o'lchanadi. Elementar yuza bo'yicha sarfni  $dq$  bilan, birlik yuza bo'yicha sarfni  $q$  bilan belgilanadi. 3.4-rasmda quvurdagi (*a*) va kanaldagi (*b*) oqimlar uchun tezlik epyuralari keltirilgan. Tezlik suyuqlik oqayotgan idish devorlarida nolga teng bo'lib, devordan uzoqlashgan sari kattalashib borishi rasmdan ko'rinib turibdi. Quvurda tezlikning eng katta qiymati uning o'rtasida bo'lsa, kanalda erkin sirtga yaqin yerda bo'ladi. Ixtiyoriy elementar oqimcha uchun

elementar sarf  $dQ = u d\omega$  ga teng. Oqim cheksiz ko‘p elementar oqimchalardan tashkil topgani uchun elementar sarflarning yig‘indisi, ya'ni butun oqimning sarfi integral ko‘rinishda ifodalanadi:

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

bu yerda  $\omega$  – harakat kesimi;

$d\omega$  – harakat kesimining elementar oqimchaga tegishli bo‘lagi.

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

$$\vartheta = \frac{Q}{\omega} = \frac{\int u d\omega}{\omega}. \quad (3.4)$$

Bunda suyuqlik sarfi o‘rtacha tezlik orqali quyidagicha ifodalaniladi:

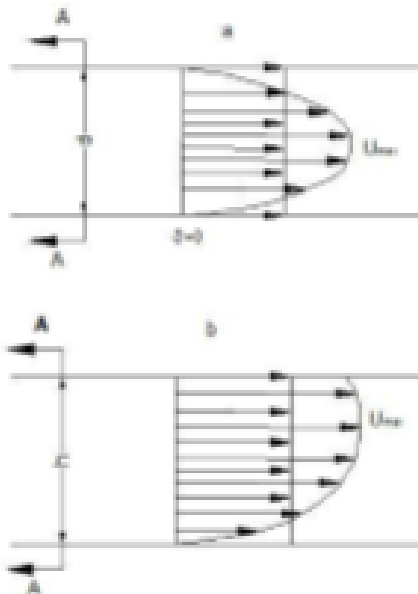
$$Q = \vartheta \omega. \quad (3.5)$$

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

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

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

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



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

bu yerda  $h$  – suyuqlik chuqurligi;

$b$  - nov (kanal)ning kengligi: trapetsiadal nov uchun (3.4-rasm,  $b$ ).

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

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

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

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

silindrik quvurlar uchun (1.32-rasm  $g$ ) suyuqlik to‘lib oqqanda

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

suyuqlik to‘lmay oqqanda (1.32-rasm,  $d$ )

$$\chi = \frac{\varphi \pi d}{360},$$

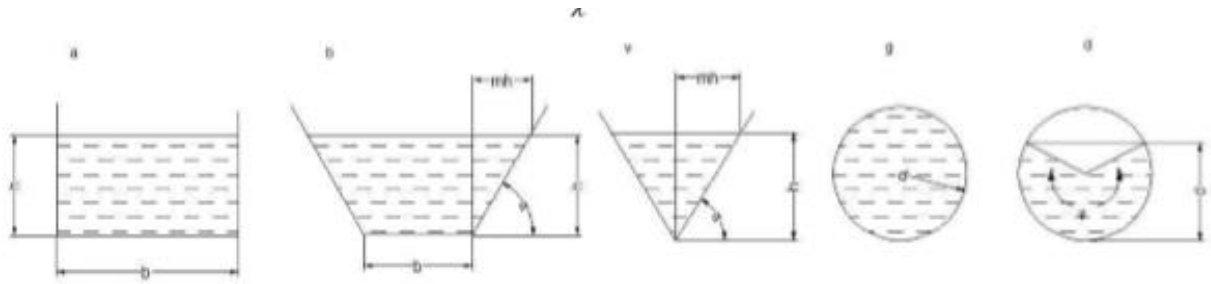
bu yerda  $\varphi$  – markaziy burchak;

$d$  - quvurning ichki diametri;

$r$  - quvurning ichki radiusi.

Oqim harakat kesimi  $\omega$  ning ho‘llangan perimetri  $\chi$  ga nisbati gidravlik radiusi deb ataladi va  $R$  bilan belgilanadi, ya'ni:

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



3.5- rasm. Ho‘llangan perimetrda doir chizma.

To‘g‘ri to‘rtburchak novlar uchun:

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

Trapetsiadal novlar uchun

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

Uchburchak novlar uchun

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

Silindrik quvurlar uchun:

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

suyuqlik to‘lmay oqqanda

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

### Mavzuga doir nazorat savollari.

1. Hidrodinamikaning asosiy masalasi. Harakat turlarini tushuntirib bering?
2. Oqimchali harakat haqida asosiy tushunchalar. Oqim chizig‘i, oqim naychasi va oqimcha. Suyuqlik oqimlari haqida?
3. Oqimning asosiy gidravlik elementlari nima?

## 8-MAVZU: IDEAL SUYUQLIKLAR UCHUN HARAKAT TENGLAMASI. SUYUQLIK HARAKATI UCHUN EYLER TENGLAMASI

### Asosiy savollar:

1. Ideal suyuqliklar uchun harakat tenglamasi. Suyuqlik harakati uchun Eyer tenglamasi.
2. Elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi.
3. Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari.

Yuqorida biz ideal va real suyuqliklar tushunchasi haqida to'xtalib, ularning birbiridan farqini ko'rsatuvchi asosiy kattalik ichki ishqalanish kuchi ekanligini aytib o'tdik. Keyinchalik ichki ishqalanish kuchi tezlik gradiyentiga bog'liq bo'lishini ta'kidladik.

Gidrostatika bo'limida suyuqliklar muvozanat holatining tenglamasini chiqarganimizdek, ularning harakati uchun ham umumiydashgan tenglama chiqarishimiz mumkin. Quyida biz ideal suyuqliklar uchun shunday tenglama chiqarish bilan shug'ullanamiz. Suyuqlik harakat qilayotgan fazoda tomonlari  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  bo'lgan elementar hajm ajratib olamiz (3.6-rasmga qarang). U holda hajmga  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  o'qlari yo'nalishida ta'sir etuvchi kuchlar gidrostatikada suyuqliklar asosiy tenglamasini chiqarganimizdagidek ifodalanadi. Bu yerda farq suyuqlik harakatda bo'lganligi uchun bosim kuchlaridan tashqari inertsia kuchlari ham mavjudligidir. Shuning uchun gidrostatikada suyuqlikning muvozanat shartlaridan foydalangan bo'lsak, bu yerda Dalamber printsipidan foydalanamiz. U holda birlik massaga ta'sir etuvchi inertsia kuchlarining teng ta'sir etuvchisi  $x$ ,  $y$  va  $z$  o'qlariga quyidagi proektsiyalarga ega bo'ladi:

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

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

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

bo'ladi. Shuningdek, og'irlik kuchlari uchun  $x$ ,  $y$  va  $z$  o'qlaridagi proektsiyalar  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

Endi  $x$ ,  $y$  va  $z$  o'qlari bo'yicha Dalamber printsipini qo'llasak quyidagi differentsial tenglamalar sistemasiga ega bo'lamiz:

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

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

Yuqoridagi sistema uchta differentsial tenglamadan iborat bo'lib, noma'lumlar soni to'rtga:  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$ ,  $p$ . Matematikada ko'rsatilishicha bunday holda yana bitta tenglama kerak bo'ladi. Ana shu to'rtinchi tenglama sifatida suyuqliklar harakatining uzilmaslik tenglamasini differentsial shaklda yoziladi va u siqilmaydigan suyuqliklar uchun quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

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

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

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

Buni nazarga olsak, (3.19) qisqacha quyidagicha yoziladi:

$$\operatorname{div} \bar{U} = 0$$

Murakkab funksiyaning to'liq differentsiali haqidagi qoidaga asosan

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

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

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

Buni nazarda tutgan holda (3.20) ni quyidagicha yozish mumkin

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



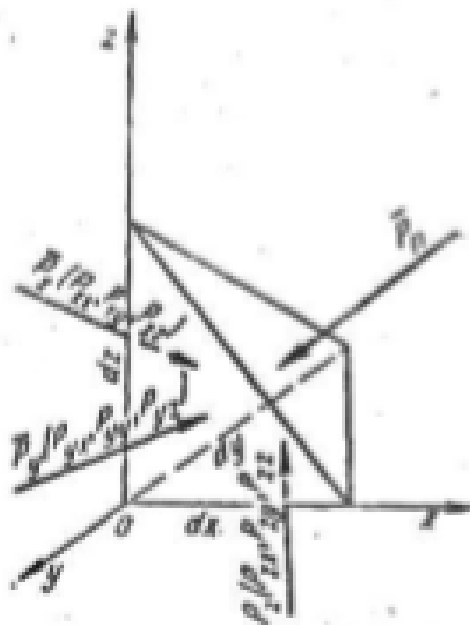
Shuningdek,  $u_y, u_z$  funksiyalarining vaqt bo'yicha to'liq hosilalarini ham quyidagicha ifodalash mumkin:

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

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

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

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



**3.7- rasm. Real suyuqliklarda zo'riqish tenzorini tushuntirishga doir chizma.**

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

$$\begin{aligned} & \overline{P}_x \{P_{xx}, P_{xy}, P_{xz}\} \\ & \overline{P}_y \{P_{yx}, P_{yy}, P_{yz}\} \\ & \overline{P}_z \{P_{zx}, P_{zy}, P_{zz}\} \end{aligned}$$

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

$$\overline{P}_n \left\{ \begin{array}{l} P_{xx}, P_{xy}, P_{xz} \\ P_{yx}, P_{yy}, P_{yz} \\ P_{zx}, P_{zy}, P_{zz} \end{array} \right\} \quad (3.26)$$

Bu kuchlardan uchta  $p_{xx}$ ,  $p_{yy}$ ,  $p_{zz}$  tetraedr yon sirtlariga normal bo'yicha yo'nalgan bo'lib, ular zo'riqish tenzorining normal tashkil etuvchilari deyiladi. Tenzorning qolgan oltita tashkil etuvchisi sirtlarga urinma bo'yicha yo'nalgan bo'lib, zo'riqish tenzorining urinma tashkil etuvchilari deyiladi. Urinma tashkil etuvchilar quyidagi xossaga ega bo'ladi:

$$P_{zy} = P_{yx}; P_{xz} = P_{zx}; P_{yz} = P_{zy}$$

Shuning uchun,  $p$  tenzori simmetrik tenzor deb ataladi. Bu xossaning isboti maxsus kurslarda keltirilgan bo'lib, biz u to'g'risida to'xtalib o'tirmaymiz. Shuningdek, tenzorning komponentlarini tushuntirishlarsiz, tezlik va qovushqoqlik koeffitsiyenti orqali ifodasini keltiramiz:

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

bu yerda  $p$  – gidrodinamik bosim.

Bu yerda biz  $n$  p tenzori komponentalarini siqilmaydigan suyuqliklar uchun yozdik. Bu ifodalarni ilgari aytib o‘tilgan Nyuton gipotezasiga qiyoslab, umumlashgan Nyuton gipotezasi deb ataladi. Bu holda avvalgi paragrafdagi kabi harakat tenglamasini tuzish mumkin bo‘ladi. Tomonlari  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  ga teng bo‘lgan parallelepiped ko‘rinishida elementar hajm olsak (3.7-rasmga q.) U holda  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  yo‘nalishida og‘irlik va inertsia kuchlarini hisobga olmaganimizda, uchta kuch ta'sir qiladi:

$Ox$  bo‘yicha  $p_{xx}$ ,  $p_{yx}$ ,  $p_{zx}$

$Oy$  bo‘yicha  $p_{xy}$ ,  $p_{yy}$ ,  $p_{zy}$

$Oz$  bo‘yicha  $p_{xz}$ ,  $p_{yz}$ ,  $p_{zz}$ .

Demak, parallelepipedning (3.7-rasmga q.)  $Ox$  o‘qiga tik bo‘lgan yon yoqlari bo‘yicha ta'sir qiluvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi quyidagiga teng:

$$\frac{\partial p_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z}$$

$Oy$  o‘qiga tik bo‘lgan yon yoqlari bo‘yicha

$$\frac{\partial p_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zy}}{\partial z}$$

$Oz$  o‘qiga tik bo‘lgan yon yoqlari bo‘yicha

$$\frac{\partial p_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zz}}{\partial z}$$

Endi, oldingi paragrafdagi kabi Dalamber printsipidan foydalanib harakat tenglamasini tuzamiz. U quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

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

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

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

Bu hosil bo'lgan tenglamalar sistemasi siqilmaydigan suyuqliklar uchun NaveStoks tenglamasi deyiladi. (3.29) sistema uchta tenglamadan iborat bo'lib noma'lumlar soni to'rtta;  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$ ,  $p$ . Shuning uchun real suyuqliklar harakatini tekshirishda bu sistemaga (3.19) tenglamani qo'shib yechiladi.

## 2. Elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi

Yuqorida keltirilgan Eyler va Nave-Stoks tenglamalar sistemalarini yechish yo'li bilan suyuqlik harakatlanayotgan fazoning har bir nuqtasidagi tezlik va bosimni topish mumkin. Lekin bu sistemalarni yechish katta qiyinchiliklar bilan amalga oshiriladi, ko'p hollarda esa hatto yechish mumkin emas. Shuning uchun gidravlikada, ko'pincha, o'rtacha tezlikni topish bilan chegaralanishga to'g'ri keladi. Buning uchun, odatda, Bernulli tenglamasidan foydalaniladi. Biz bu yerda Bernulli tenglamasini ikki xil usulda chiqarishni ko'rsatamiz.

Birinchi usul Eyler tenglamasidan foydalanish yo'li bilan amalga oshiriladi. Buning uchun (3.18) sistemaning birinchi tenglamasini  $dx$  ga, ikkinchi tenglamasini  $dy$  ga, uchinchi tenglamasini  $dz$  ga ko'paytiramiz va hosil bo'lgan uchta tenglamani qo'shamiz. Natijada quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

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

(3.21) munosabatdan ko'rinib turibdiki,

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

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

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

lekin

$$u_x^2 + u_y^2 + u_z^2$$

bo'lgani uchun (3.30) tenglama chap tomonining ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

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

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

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

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

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

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

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

(3.32), (3.33), (3.34) va (3.35) larni (3.30) tenglamaga qo'ysak, u quyidagi ko'rinishga keladi

$$\frac{1}{2} d(u^2) + \frac{1}{\rho} dp + d(gz) = 0$$

Hosil bo'lgan tenglamani elementar oqimchanning 1-1 kesimidan (3.8-rasmga q.) 2-2 kesimigacha integrallasak, quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

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

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

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

Oxirgi tenglama 1738 y. Bernulli tomonidan olingan bo'lib, uning nomi bilan ataladi va gidravlikada harakatning asosiy tenglamasi bo'lib xizmat qiladi. Bu tenglama ixtiyoriy ikkita kesim uchun olingan bo'lib, bu kesimlarning elementar

oqimcha yoʻnalishi boʻyicha qayerda olinishining ahamiyati yoʻq. Shuning uchun Bernulli tenglamasini quyidagi koʻrinishda ham yozish mumkin:

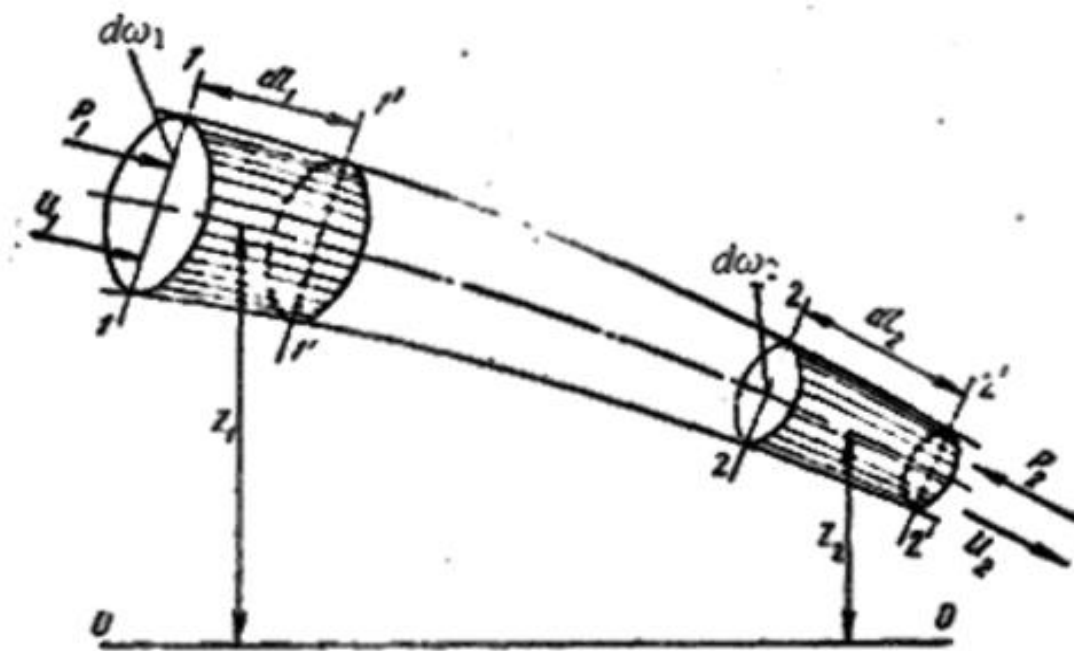
$$\frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = \text{const} \quad (3.38)$$

Koʻrinib turibdiki, Bernulli tenglamasida asosan  $z, \frac{p}{\gamma}, \frac{u^2}{2g}$  kattaliklarning yigʻindisi oʻzgarmas ekan. Shunday qilib, bu tenglama tezlik  $u$ , bosim  $p$ , zichlik  $\rho$  oʻrtasidagi munosabatni ifodalaydi.

D. Bernullining oʻzi yuqoridagi tenglamani kinetik energiyaning oʻzgarishi qonunidan keltirib chiqargan boʻlib, biz keltirgan usul esa Eyler tomonidan qoʻllanilgan.

Ikkinchi usul kinetik energiyaning oʻzgarish qonunidan foydalanib bajariladi. Harakat oʻqi 1 - 1 boʻlgan biror elementar oqimchanning 1 -1 va 2-2 kesimlar bilan ajratilgan boʻlagini olamiz. U holda bu boʻlak  $dt$  vaqtda harakat qilib, 1' - 1' va 2'-2' kesmalari orasidagi holatga keladi (3.8-rasm). 1-1 kesimning yuzasi  $d\omega_1$  bu yuzaga ta'sir qiluvchi kuch  $P_1$  va tezlik  $u_1$  boʻlsin. 2-2 kesimning yuzasi esa  $d\omega_2$ , unga ta'sir qiluvchi kuch  $P_2$ , tezlik esa  $u_2$  boʻlsin. Kinetik energiyaning oʻzgarish qonunini elementar oqimchanning ana shu harakatdagi boʻlagiga tatbiq qilamiz. Bu qonun boʻyicha biror jism harakati vaqtida uning kinetik energiyasining oʻzgarishi, shu jismga ta'sir qilayotgan kuchlarning bajargan ishlarining yigʻindisiga tengdir. Bu gapning matematik ifodasi quyidagicha boʻladi:

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



3.8- rasm. Bernulli tenglamasini keltirib chiqarishga doir chizma.

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

1 - 1 va 1' - 1' orasidagi bo‘lakning kinetik energiyasi (uning massasi  $m_1$  bo‘lsa)  $\frac{m_1 u_1^2}{2}$  ga teng bo‘ladi. 2-2 va 2'-2' orasidagi bo‘lakning kinetik energiyasi esa  $\frac{m_2 u_2^2}{2}$  ga teng. Demak ko‘rilayotgan 1 - 1 va 2 - 2 orasidagi bo‘lakning kinetik energiyasi  $dt$  vaqtda quyidagi miqdorga o‘zgarar ekan:

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

Ikkinchi tomondan, 1 - 1 va 1' - 1' orasidagi bo‘lakning massasi uning hajmi  $1$  ldlS ning zichlikka ko‘paytmasiga teng, ya'ni

$$m_1 = \rho d\omega_1 dl_1$$

Shuningdek, 2-2 va 2' - 2' orasidagi bo‘lakning massasi

$$m_2 = \rho d\omega_2 dl_2$$

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

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

u holda  $m_1$  va  $m_2$  uchun quyidagi munosabatni olamiz;

$$m_1 = \rho d\omega_1 u_1 dt, \quad m_2 = \rho d\omega_2 u_2 dt$$

Bu munosabatni (3.40) ga qo‘ysak va uzilmaslik tenglamasidan  $q = u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2$  ekanligini nazarga olsak, kinetik energiyaning o‘zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

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

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

1-1 kesimga ta'sir etuvchi  $p_1$  bosimning bajarilgan ishini  $A_1$  2-2 kesimga ta'sir etuvchi  $p_2$  bosimning bajarilgan ishini  $A_2$  bilan belgilaymiz. U holda, 1. 35- rasmdan ko‘rinib turibdiki,

$$A_1 = p_1 d\omega_1 dl_1$$

$$A_2 = p_2 d\omega_2 dl_2$$

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

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

Og‘irlik kuchi bajarilgan ishni  $A_3$  deb belgilaymiz. Bu ish (1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi bo‘lak o‘z holatini saqlagani uchun) 1-1 va 1' - 1' orasidagi bo‘lak bilan 2-2 va 2'-2' orasidagi bo‘laklar og‘irliklarini ular markazlarining vertikal o‘qi bo‘yicha holatlari  $z_1$  va  $z_2$  ning ayirmasiga ko‘paytirilganiga teng, ya'ni

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

lekin

$$G = \gamma d\omega_1 dl_1 = \gamma d\omega_1 u_1 dt = \gamma q dt$$

bo‘lgani uchun



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

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

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

bu yerda  $p_2$  kuch suyuqlik harakatiga teskari yo‘nalgan bo‘lgani uchun tenglamaning o‘ng tomonidagi ikkinchi had (ya‘ni  $A_2$ ) manfiy ishora bilan olindi. Oxirgi tenglamaning ikki tomonini  $\gamma q dt$  ga bo‘lsak:

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

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

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

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

### 3. Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari.

Bernulli tenglamasining har bir hadi o‘zining geometrik va energetik mazmunlariga ega. Buni aniqlash uchun biror elementar oqimcha olib, uning 1-1, 2-2 va 3-3 kesimlarini ko‘ramiz (3.9-rasm). Bu kesimlarning og‘irlik markazi biror 0-0 tekislikdan  $z_1$ ,  $z_2$  va  $z_3$  masofalarda bo‘lsin. Bular qiyosiy tekislik 0-0 dan elementar oqimchaning geometrik balandliklarini ko‘rsatadi. Endi olingan 1-1, 2-2 va 3-3 tekisliklar markazida pezometr (to‘g‘ri shisha naycha) va uchi egilgan shisha naychalar o‘rnatamiz. Bu holda pezometrlarda suyuqlik kesimlar og‘irlik markaziga nisbatan ma‘lum balandliklarga ko‘tariladi. Bu ko‘tarilish gidrostatika qismida ko‘rganimizdek kesimlarda

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

ga teng bo‘ladi.

$h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  lar pezometrik balandliklar deb ataladi. Odatda, pezometrlar yordamida quvurlar va suyuqlik harakat qilayotgan boshqa idishlarda gidrodinamik bosim o‘lchanadi.

Uchi egilgan shisha naychalarda suyuqlik pezometrlardagiga qaraganda balandroqqa ko'tariladi. Buning sababi shundaki, uchi egilgan shisha naylarda uning egilgan uchi suyuqlik harakati yo'nalishida bo'lib, gidrodinamik bosimga qo'shimcha suyuqlik tezligiga bog'liq bo'lgan, bosim paydo bo'ladi. Bunda suyuqlik zarrachalarining inertsiya kuchi qo'shimcha bosimga sabab bo'ladi. Uchi, egilgan shisha naychalardagi balandlik quyidagilarga teng:

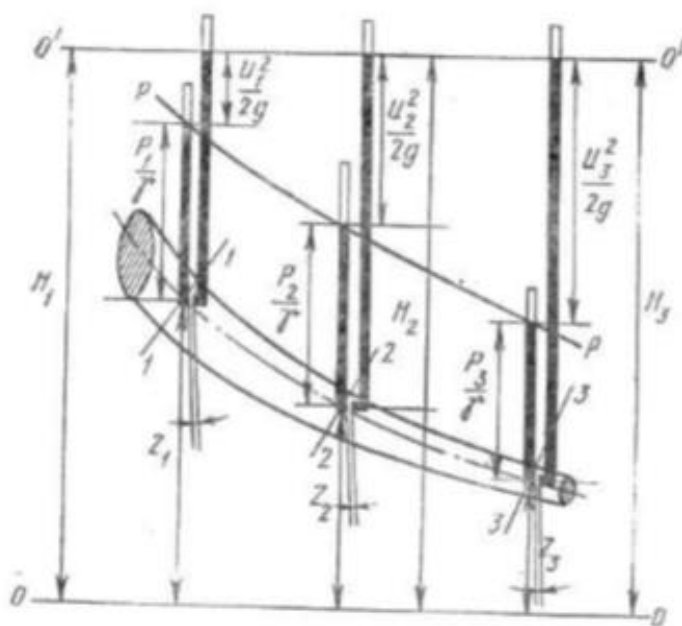
$$h_1 = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g}; \quad h_2 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}; \quad h_3 = \frac{p_3}{\gamma} + \frac{u_3^2}{2g}$$

Pezometrda suyuqlik balandligi bilan uchi egilgan shishalardagi balandlik farqi

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

larga teng bo'ladi va tezlik nabori (balandligi) deyiladi.

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



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

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

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$  – pezometrik balandliklar;

$z_1, z_2, z_3$  – geometrik balandliklar, tegishli kesimlarning og'irlik markazi 0-0 – tekisligidan (taqqoslash tekisligidan) qancha balandlikda turishini ko'rsatadi.

$\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$  larning birliklari uzunlik birliklariga tengdir.

Pezometrlardagi suyuqlik balandliklarini birlashtirsak, hosil bo'lgan chiziq, **pezometrik chiziq** deyiladi.

Bernulli tenglamasidan tezlik (napori) balandligi, pezometrik va geometrik balandliklarining umumiy yig'indisi o'zgarmas miqdor bo'lib, u 1.36-rasmda 0'-0' shizig'i bilan belgilanadi va suyuqlikning napor (dam) tekisligi deb ataladi.

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

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

Bular ideal elementar oqimchalar uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini bildiradi. Uning energetik ma'nosi kinetik energiyaning o'zgarish qonuni bo'yicha chiqarilishiga asoslangan. Boshqacha aytganda, Bernulli tenglamasi suyuqliklar uchun energiyaning saqlanish qonunidir. Bernulli tenglamasi (3.45) ning chap tomoni elementar oqimchanning 1-1 kesimidagi to'liq solishtirma energiya bo'lib, u 2-2 kesimdagi to'liq solishtirma energiyaga teng yoki umuman o'zgarmas miqdordir.

Bu yerda solishtirma energiya deb og'irlik birligiga to'g'ri kelgan energiya miqdoriga aytamiz. Bu aytilganlarga asosan Bernulli tenglamasi hadlarining energetik yoki fizik ma'nosi quyidagicha bo'ladi:

$\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$  – elementar oqimchanning 1-1, 2-2, 3-3 kesimlarga tegishli solishtirma kinetik energiyasi;

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

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

$z_1, z_2, z_3$  - 1-1, 2-2, 3-3 kesimlarga tegishli og'irlik bilan ifodalanuvchi solishtirma energiya.

Suyuqlik harakati vaqtida mexanikaning qonunlariga asosan, ish bajariladi. Shu bajarilgan ishlar bo'yicha Bernulli tenglamasini quyidagicha sharhlash mumkin: ikkita kesim uchun yozilgan Bernulli tenglamasi (3.45) shu ikki kesimda tegishli hadlarining ayirmalaridan tashkil topadi:

$\frac{u_1^2 - u_2^2}{2g}$  – kinetik energiyaning birlik og'irlik uchun o'zgarishi;

$\frac{p_1 - p_2}{\gamma}$  – bosim kuchi bajargan ishning birlik og'irlikka tegishli qismi.

$z_1 - z_2$  – og'irlik kuchi bajargan ishning birlik og'irlikka tegishli qismi.

Demak, suyuqlik harakat qilayotganda solishtirma kinetik va solishtirma potentsial energiyalar harakat davomida o'zgarib boradi, lekin to'liq solishtirma energiya o'zgarmas bo'ladi.

### **Mavzuga doir nazorat savollari.**

1. Ideal suyuqliklar uchun harakat tenglamasi. Suyuqlik harakati uchun Eyler tenglamasi?
2. Elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasi?
3. Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik mazmunlari?

## **9-MAVZU: REAL SUYUQLIKLAR ELEMENTAR OQIMCHASI UCHUN BERNULLI TENGLAMASI**

### **Asosiy savollar:**

1. Real suyuqliklar elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi.
2. Real suyuqliklar oqimi uchun Bernulli tenglamasi. Koriolis koeffitsiyenti.

### 3. Real gazlar oqimi uchun Bernulli tenglamasi

Endi real suyuqlik elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasining grafigini chizamiz. Buning uchun harakat o'qi  $S - S$ ,  $1 - 1$ ,  $2 - 2$  va  $3 - 3$  kesimlardagi tezliklar  $u_1, u_2, u_3$ , bosimlari  $p_1, p_2, p_3$  bo'lgan elementar oqimcha olamiz. Bu oqimcha uchun kesimlarda pezometr va uchi egilgan shisha naycha olamiz. Pezometrlardagi suyuqlik balandliklarini tutashtirib, pezometrik chiziq ( $P-P$ ) ni hosil qilamiz. Uchi egik naychalarda suyuqlik balandliklarini tutashtirib, suyuqlik bosimi (dami) shizig'i ( $H-H$ ) ni hosil qilamiz. Qurilgan grafikni ideal suyuqlik elementar oqimchasi uchun olingan grafik (3.15-rasm) bilan solishtiramiz. Natijada ideal suyuqliklar uchun oqimchani birinchi kesimidagi gidrodinamik bosimi  $H_1$  ikkinchi va uchinchi kesimlardagi gidrodinamik bosimlarga tengligini, ya'ni  $H_1 = H_2 = H_3 = \text{const}$  ekanligini real suyuqlik uchun birinchi kesimdagi gidrodinamik bosim  $H_1$  ikkinchi va uchinchi kesimlardagi bosimlarga tengmasligini, ya'ni  $H_1 \neq H_2 \neq H_3$  ekanligini ko'ramiz. 3.15-rasmga muvofiq bu tengsizlik quyidagicha ifodalanadi:

$$H_1 > H_2 > H_3$$

Demak, real suyuqlikning elementar oqimchasi harakat qilganda solishtirma energiyani ma'lum bir qismi yo'qotilar ekan; birinchi va ikkinchi kesimlar orasidagi bu yo'qotishni  $h_{1-2}$  bilan belgilaymiz. Bunda indeks orasida yo'qotish bo'layotgan kesimlar nomerini ko'rsatadi. Masalan, ikkinchi va uchinchi kesim orasida yo'qotish  $h_{2-3}$  birinchi va uchinchi kesim orasidagi yo'qotish  $h_{1-3}$  va hokazo. Aytilgan yo'qotishning mohiyatini quyidagicha izohlash mumkin. Real suyuqlik elementar oqimchasi harakat qilayotganda ichki ishqalanish kuchi natijasida gidravlik qarshilik paydo bo'ladi va uni yengish uchun albatta ma'lum bir miqdorda energiya sarflash kerak.

Bu sarflangan energiya ko'rilayotgan harakat uchun tiklanmaydi. Yuqorida keltirilgan tengsizlik ana shu yo'qotilgan energiya hisobiga bo'ladi. Birinchi va ikkinchi kesimlar orasidagi yo'qotilgan solishtirma energiya gidravlik bosimlar farqiga teng:

$$h_{1-2} = H_1 - H_2$$

Yuqorida ko'rilganga asosan

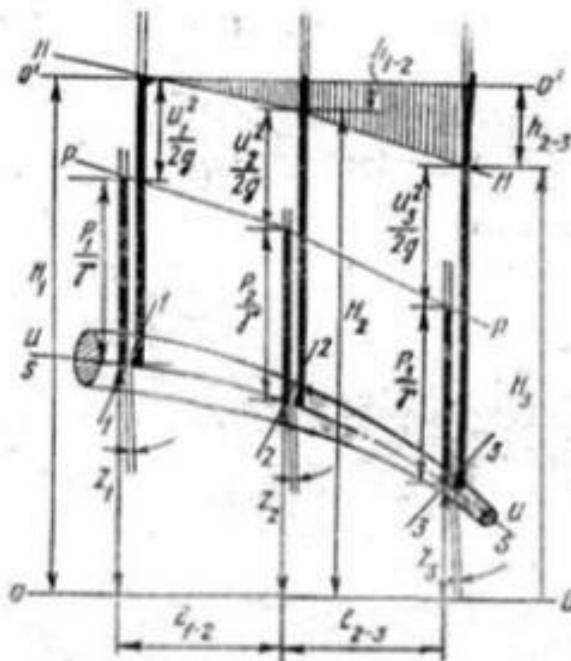
$$H_1 = \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1; \quad H_2 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2,$$

bundan

$$h_{1-2} = \left( \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left( \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right),$$

natijada quyidagi tenglamani olamiz:

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



### 3.15-rasm. Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasining geometrik manosi.

Olingan tenglama real suyuqliklar elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasidir. Bu tenglama ideal suyuqlik elementar oqimchasidan o'ng tomondagi to'rtinchi hadi  $h_{1-2}$  bilan farq qiladi. Bu had 1-1 va 2-2 kesimlar orasida bosimning kamayishini ko'rsatadi. Ideal suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi hisobga olinmagani uchun yuqorida aytilgan had bo'lmaydi.

## 2. Real suyuqliklar oqimi uchun Bernulli tenglamasi. Koriolis koeffitsiyenti

Oqim cheksiz ko'p elementar oqimchalardan tashkil topganligidan shu oqimchalar energiyalarining harakat kesimi bo'yicha integralini olish yo'li bilan oqim uchun Bernulli tenglamasini hosil qilish mumkin:

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

Oqimning har bir elementar oqimchasida tezlikni hisoblash qiyin bo'lgani uchun (3.47) tenglamadagi integrallarni hisoblash ham juda qiyinlashadi. Shuni nazarga olib, oqim uchun Bernulli tenglamasida tezliklarni o'rtacha tezlik  $\vartheta$  bilan almashtiriladi. Bu esa Bernulli tenglamasi foydalaniladigan hisoblash ishlarida katta qulaylik tug'diradi. Bu holda elementar oqimcha geometrik balandligi bo'yicha integral oqimning harakat kesimi og'irlik markazining geometrik balandligiga, bosim bo'yicha integral esa ana shu geometrik balandlikdagi nuqtaga qo'yilgan bosimga aylanadi. Elementar oqimchanning 1-1 va 2-2 kesimlarida bosimning kamayishi bo'yicha integral ham oqim uchun bosimning o'rtacha kamayish miqdoriga aylanadi. Solishtirma kinetik energiyaning integralini tezlikning o'rtacha qiymati bo'yicha kinetik energiya bilan almashtirsak, uning miqdori kamayib qoladi. Integral cheksiz ko'p miqdorlarning yig'indisi bo'lgani uchun buni yig'indilar kvadratlarining misolida ko'ramiz. Masalan,  $u_1 = 10$  m/s,  $u_2 = 11$  m/s,  $u_3 = 9$  m/s,  $u_4 = 12$  m/s,  $u_5 = 8$  m/s bo'lsin. U holda o'rtacha tezlik:

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

tezliklar kvadratlarining o'rtacha qiymati

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

o'rta tezlikning kvadrati esa  $v_2 = 100 \text{ m}^2/\text{s}$ . Bundan ko'rinib turibdiki, tezliklar kvadratlarining yig'indisi o'rtacha tezlik kvadratidan katta ekan. Shunday qilib, quyidagi tengsizlik to'g'ri ekanligini ko'rish mumkin:

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

Bu tengsizlikni integrallash yo'li bilan ham isbotlash mumkin. (Bunday isbotni talabalarning o'zlari bajarishini taklif qilamiz). Bu xatoni tuzatish uchun Bernulli tenglamasining birinchi hadiga  $\alpha$  koeffitsiyentini kiritamiz. Bu koeffitsiyent tezlikning bir tekis miqdorda bo'lmasligini ifodalaydi va Koriolis koeffitsiyenti deb ataladi. U holda

$$\alpha = \frac{\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} d\omega}{\frac{v^2}{2g} \omega},$$

Shunday qilib, yuqorida aytilganlarga asosan (3.47) tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

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

bu yerda  $\alpha_1, \alpha_2$  – birinchi va ikkinchi kesimlarda tezlikning notekis tarqalganini hisobga oluvchi koeffitsiyent;  $H_{1-2}$  – birinchi va ikkinchi kesimlar orasida naporning (bosimning) kamayishi. Oqim uchun Bernulli tenglamasida qolgan boshqa hadlar elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasida qanday atalsa, bu yerda ham shunday ataladi. Bu tenglama gidrodinamika masalalarini hal qilishda eng muhim tenglama bo‘lib, u barqaror harakatlar uchun yozilgan va tezlik harakat kesimi bo‘yicha qancha kam o‘zgarsa, shuncha kam xatolik beradi.

### 3. Real gazlar oqimi uchun Bernulli tenglamasi

Odatda, harakat yo‘nalishi bo‘yicha bosim kamayib boradi. Suyuqliklarda hajmiy siqilish koeffitsiyenti  $\beta_p$  juda kichik bo‘lgani uchun bu o‘zgarish suyuqlikning fizik xossalariga ta'sir qilmaydi. Lekin gazlarda bosimning ozgina o‘zgarishi ham uning parametrlariga ta'sir qiladi. Bundan tashqari, gazlarda suyuqliklarga qaraganda tezlik bir necha o‘n baravar katta bo‘ladi. Bu esa bosimga va gazning fizik xossalariga, birinchi galda uning solishtirma og‘irligiga ta'sir qiladi. Ammo gaz oqimining ko‘ndalang kesimi bo‘yicha tezlik deyarli o‘zgarmaydi. Shuning uchun gazlarda  $\alpha \approx 1$  bo‘ladi. Gazlar uchun tezlik, bosim, solishtirma og‘irlik tez o‘zgaradi uchun birinchi va ikkinchi kesim (3.16-rasm) orasidagi masofani cheksiz kichik  $\Delta l$  deb olamiz. U holda Bernulli tenglamasi differentsial ko‘rinishda quyidagicha yoziladi:

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

bu yerda



$$d\left(\frac{g^2}{2g}\right) = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \left(\frac{g_1^2 - g_2^2}{2g}\right),$$

$$d\left(\frac{p}{\gamma}\right) = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \left(\frac{p_1 - p_2}{\gamma}\right),$$

$$dz = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} (z_1 - z_2).$$

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

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

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

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

Uchinchi integralni hisoblashda solishtirma og‘irlik bosimga bog‘liq ekanligini nazarga olish kerak bo‘ladi. Jarayonni politropik deb qarash, u holda

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

bo‘ladi. Bu tenglikdan

$$\gamma = p^{\frac{1}{n}} \frac{p_0}{p_0^{\frac{1}{n}}}, \quad (3.51)$$

bu yerda  $n$  - politropiya ko‘rsatkichi;

$\gamma_0$  – boshlang‘ich holatdagi solishtirma og‘irlik;

$p_0$  – boshlang‘ich holatdagi bosim. Oxirgi munosabatdan foydalanib va  $\gamma_0$ ,  $p_0$  o‘zgarmas ekanligini hisobga olib, ikkinchi integralni quyidagicha hisoblaymiz:

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

(3.51) dan yana bir marta foydalansak, quyidagini olamiz:

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

Natijada (3.40) tenglama quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

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

Tenglamani ikkita kesim uchun yozamiz:

$$\frac{g_1^2}{2g} + \frac{n}{n-1} \frac{p_1}{\gamma_1} + z_1 = \frac{g_2^2}{2g} + \frac{n}{n-1} \frac{p_2}{\gamma_2} + z_2 + h_{1-2}. \quad (3.53)$$

Bu tenglama real gazlar oqimi uchun Bernulli tenglamasidir. Suyuqlik uchun Bernulli tenglamasi uchta qiymat  $v$ ,  $p$ ,  $z$  ni bog‘lagan bo‘lsa, bu tenglama to‘rtta qiymat  $v$ ,  $p$ ,  $z$ ,  $\gamma$  ni bog‘laydi. Shuning uchun gazlar harakati tekshirilganda Bernulli tenglamasi (3.21) bilan birgalikda foydalaniladi.

### Mavzuga doir nazorat savollari.

1. Real suyuqliklar elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi?
2. Real suyuqliklar oqimi uchun Bernulli tenglamasi. Koriolis koeffitsiyenti?
3. Real gazlar oqimi uchun Bernulli tenglamasi?

## 10-MAVZU: GIDRAVLIK VA PEZOMETRIK QIYALIKLAR HAQIDA TUSHUNCHA

### Asosiy savollar:

1. Gidravlik va pezometrik qiyaliklar haqida tushuncha.
2. Gidravlik yo‘qotish haqida tushuncha. Gidravlik yo‘qotishning turlari.
3. Tezlik va sarf o‘lchash usullari hamda asboblari.

Gidravlikada hisoblash ishlarini bajarishda gidravlik  $I$  va pezometrik  $I_p$  qiyaliklardan foydalaniladi.

Bosim chizig‘ining uzunlik birligiga to‘g‘ri kelgan pasayishi gidravlik qiyalik deb ataladi.

1.38-rasmda oqim uchun bosim va pezometrik chiziqlar keltirilgan. Bu chiziqlar umumiy holda egri chiziq bo‘lib, rasmda to‘g‘ri chiziq ko‘rinishda

tasvirlangan. Hidravlik qiyalikning ta'rifidan ko'rinib turibdiki, uning o'rtacha qiymati 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi qiyalik orqali quyidagicha aniqlanadi:

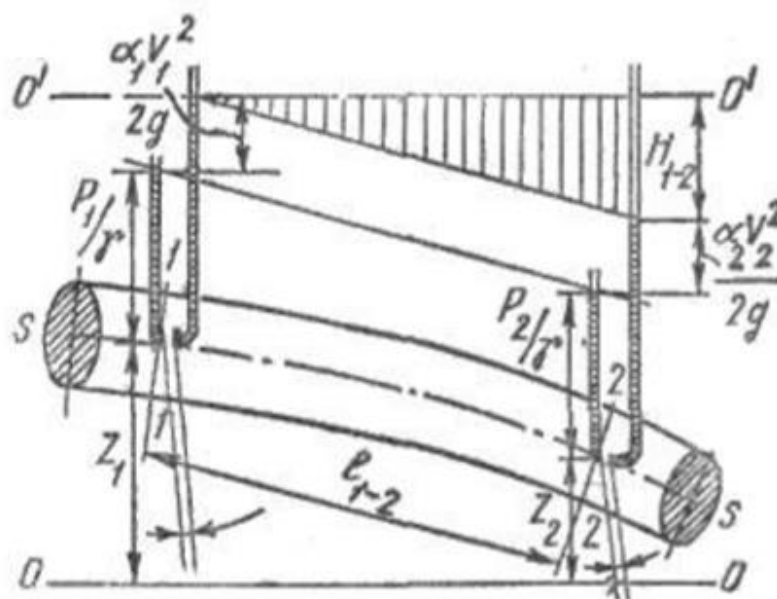
$$I_{1-2} = \frac{\left( \frac{\alpha_1 \mathcal{G}_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left( \frac{\alpha_2 \mathcal{G}_1^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right)}{l_{1-2}} = \frac{H_{1-2}}{l_{1-2}} \quad (3.54)$$

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

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

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

Pezometrik chiziqning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan pasayishi pezometrik qiyalik deb ataladi. Birinchi va ikkinchi kesim orasidagi (3.15-rasm) o'rtacha pezometrik qiyalik quyidagicha aniqlanadi:



**3.16-rasm. Hidravlik va pezometrik nishabliklar.**

$$I_{P1-2} = \frac{\left( \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left( \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right)}{l_{1-2}}. \quad (3.55)$$

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

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

Tekis harakat vaqtida tezlik o'zgarmaganligi ( $\vartheta_1 = \vartheta_2$ ) uchun gidravlik va pezometrik qiyaliklar teng bo'ladi.

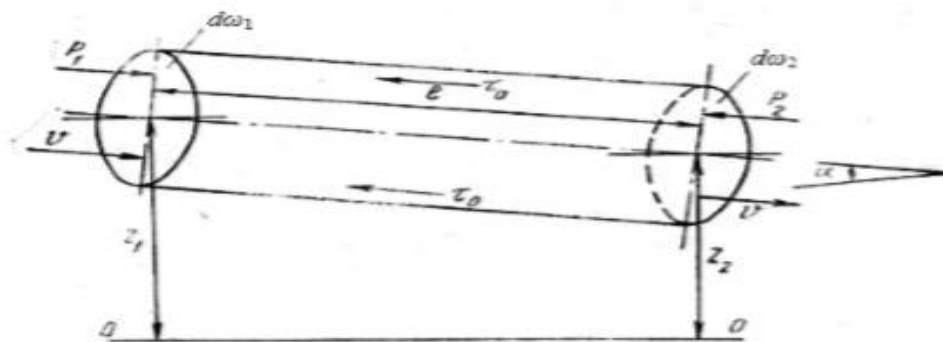
## 2. Gidravlik yo'qotish haqida tushuncha. Gidravlik yo'qotishning turlari

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

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

- 1)  $P_1 = p_1 \omega$  va  $P_2 = p_2 \omega$  - bosim kuchlari;
- 2)  $G = \gamma \omega l$  - og'irlik kuchi;
- 3)  $T = \tau \pi D l$  - ishqalanish kuchidir. 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi suyuqlikning muvozanat holati tenglamasi unga ta'sir qilayotgan kuchlar orqali quyidagicha yoziladi:

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



3.17- rasm. Gidravlik yo'qotish tushunchasiga doir chizma.

$\sin \alpha = \frac{z_1 - z_2}{l}$  ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

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

Bundan tekis harakat uchun Bernulli tenglamasi kelib chiqadi:

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

Bu tenglamani (3.48) tenglama bilan solishtirsak va uni tekis harakat ( $v_1 = v_2$ ) uchun qo'llasak, gidravlik yo'qotish uchun quyidagi munosabatni olamiz:

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

bu yerda  $l$  – oqim uzunligi;  $D$  – quvur diametri. Gidravlik yo'qotish, odatda, ikki turga ajratiladi:

1. **Uzunlik bo'yicha** (ishqalanish kuchiga sarf bo'lgan) **yo'qotish** oqim uzunligi bo'yicha harakat hisobiga vujudga keladi, va uning uzunligiga bog'liq bo'ladi. Bu yo'qotish (3.56) formula ko'rinishida ifodalanadi.

2. **Mahalliy qarshilik** oqimning ayrim qismlarida notekis harakat hisobiga vujudga keladi. Notekis harakatni vujudga keltiruvchi qismlar quvur yoki o'zanning kesim shakllari, o'zgargan joylari (tirsaklar, to'siqlar, keskin kengayishlar, keskin torayishlar, kranlar va h.) bo'lib, bu yerdagi gidravlik yo'qotish uzunlikka bog'liq emas. Umumiy gidravlik yo'qotish bu ikki yo'qotishning yig'indisiga teng

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

bu yerda  $H_l$  – uzunlik bo'yicha yo'qotish;  $H_m$  – mahalliy qarshilik.

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

### 3. Tezlik va sarf o'lchash usullari hamda asboblari

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

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

$$Q = \frac{V}{T}.$$

Oqimning harakat kesimi ma'lum bo'lsa, uning tezligi (3.4) formula bilan aniqlanadi.

2. **Og'irlik usulida** biror idishga oqimdan suyuqlik tushiriladi. Tarozida o'lchash yo'li bilan idishdagi suyuqlikning og'irligi topiladi. Idishning to'lish vaqti  $T$  bo'lsa, og'irlik sarfi quyidagiga teng:

$$G = \frac{GV}{T}.$$

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

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

Bu usullar, albatta, kichik miqdordagi sarflarni o'lchash uchun qo'llaniladi. Katta sarflarni o'lchash uchun esa juda katta o'lchov idishlari kerak bo'ladi. Ikkinchidan, quvur va kanallarda sarfni yuqoridagi usul bilan o'lchaganda oqimning tuzilishi o'zgaradi va o'lchash natijasi katta xatolar bilan chiqadi. Shuning uchun ko'pincha quvurlar va kanallardagi sarf boshqa usullar bilan o'lchanadi.

3. **Venturi suv o'lchagichi** maxsus quvurdan suv o'tishiga asoslangan bo'lib, tuzilishi sodda va harakatlanuvchi qismlari yo'qdir (3.18-rasm). Bu asbob talabga qarab vertikal yoki gorizontaal joylashtiriladi. Uning gorizontaal holdagisini ko'ramiz.

Venturi suv o'lchagichi ikkita bir xil  $d_1$  diametrli 1 va 2 quvur bo'laklaridan tashkil topgan bo'lib, ular 3 va 4 diffuzorlar hamda kichik  $d_2$  diametrli quvur bo'lagi (patrubok) orqali tutashtirilgandir. Uning 1-1 va 2-2 kesimlariga pezometrik naychalar o'rnatilgan bo'lib, ular shu kesimlardagi bosimlar farqi  $h$  ni ko'rsatadi. Quvur gorizontaal bo'lgani uchun ( $z_1 = z_2$ ), 1-1 va 2-kesimlariga Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\frac{g_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{g_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma},$$

bundan

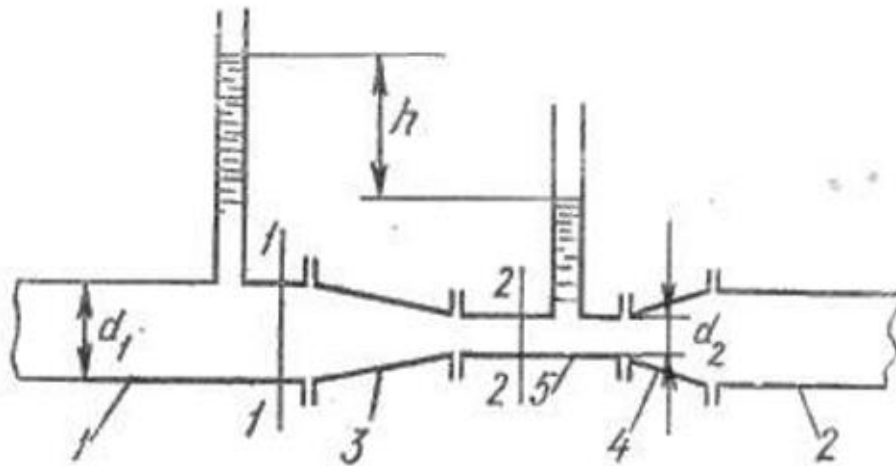
$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{u_1^2}{2g},$$

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

$$h = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{u_1^2}{2g},$$

Uzilmaslik tenglamasi (3.14) ga asosan

$$g_1 = g_2 \frac{\omega_2}{\omega_1},$$



**3.18- rasm. Venturi suv o'lgagichi.**

u holda

$$h = \frac{g_2^2}{2g} \left[ 1 - \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 \right].$$

bundan 2-2 kesimdagi tezlikni topamiz:

$$g_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2}} \quad (3.58)$$

U holda suyuqlik sarfi quyidagicha aniqlanadi:

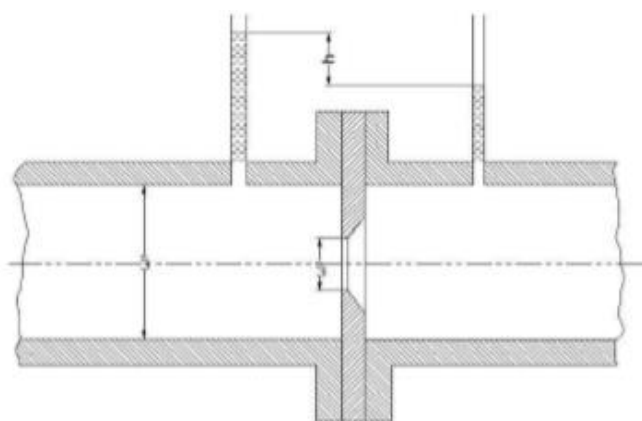
$$Q = g_2 \omega_2 = \omega_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2}} \quad (3.59)$$

Bu formula ideal suyuqlik uchun chiqarilgan. Haqiqatda ikki kesim o'rtasida bosim pasayishi va tezliklarning kesim bo'yicha bir tekis tarqalmaganligi uchun

yuqoridagi formula bo'yicha olingan natija haqiqiy sarfdan farq qiladi. Shuning uchun sarf formulasiga tuzatma koeffitsiyent  $m$  ni kiritamiz:

$$Q = m\omega_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}}$$

$m$  koeffitsiyentining qiymati turli suv o'lchagichlar uchun har xil bo'lib, ular tegishli suv o'lchagich uchun tajribada aniqlab



**3.19- rasm Suv o'lchagich shayba.**

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

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

bu yerda

$$c = m\omega_2 \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}}$$

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

**4. Suv o'lchagich shayba (diafragma)** ikki quvur bo'lagi o'rtasiga o'rnatilgan halqadan iborat bo'lib (3.19- rasm) uning ichki aylanma teshigining chekkalari  $45^\circ$  burchak ostida qiyalangan yoki oqib o'tuvchi oqimcha shaklida



silliqlashgan (soplo ko‘rinishda) bo‘ladi. Halqaning ikki tomoniga ikki pezometr yoki differentsial manometr o‘rnatilgan bo‘lib, ular diafragmaning ikki tomonidagi bosimlar farqini aniqlashga yordam beradi.

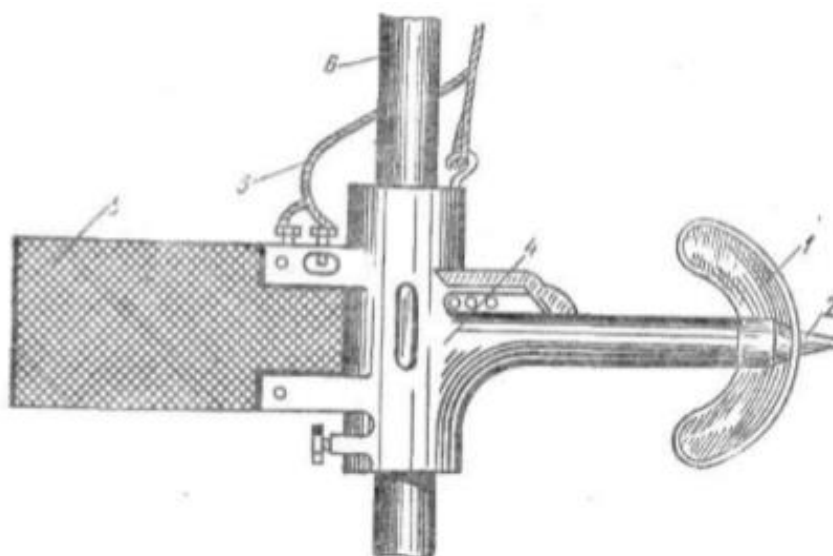
Sarf pezometrlardagi suyuqlik sathlarining farqi orqali, quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

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

$s_1$  koeffitsiyent har bir diafragma uchun tajriba asosida aniqlanadi.

**5. Vertushka (pirildoq)** va 1 2 ga o‘rnatilgan aylanma kurakchalar 1 ga ega bo‘lgan g‘ildirak bo‘lib, asosiy korpusga mahkamlanadi (3.20-rasm). Vertushka suv oqimiga to‘g‘ri yo‘naltirilishi uchun korpus 4 ga qanotcha o‘rnatilgan. Vertushkadan o‘tkazgichlar 3 elektr qo‘ng‘iroq tortilgan bo‘lib, kurakchalar aylanganda elektr zanjirini tutashtiradi va qo‘ng‘iroq jiringlaydi yoki maxsus schyotchik aylanish sonini avtomatik hisoblaydi. Suvga tushirilgan vertushkalarining kurakchalari suvning tezligiga qarab sekinroq yoki tezroq aylanadi. Shuning uchun suyuqlikning tezligi schyotchikning ko‘rsatkichi yoki vaqt birligida qo‘ng‘iroqning jiringlash soniga qarab aniqlanadi. Kanallarda suyuqlik sarfini topish uchun ularning ko‘ndalang kesimini  $\Delta\omega_1, \Delta\omega_2, \Delta\omega_3, \dots$  elementar yuzalarga bo‘lib chiqamiz (3.20-rasm). Bu yuzalarning geometrik markazlarida tezliklarni vertushka yordamida o‘lchab, ularni yuzalarga ko‘paytirsak, har bir kesim bo‘yicha sarf kelib chiqadi:

$$q_1 = \Delta\omega_1 \mathcal{G}_1; \quad q_2 = \Delta\omega_2 \mathcal{G}_2; \dots \dots \dots q_n = \Delta\omega_n \mathcal{G}_n$$



3.20- rasm. Pirildoq.

Kanalda oqayotgan suyuqlik sarfi bu sarflarning yig'indisiga tengdir;

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i - \Delta\omega_1 \mathcal{G}_1 + \Delta\omega_2 \mathcal{G}_2 + \Delta\omega_3 \mathcal{G}_3 + \dots + \Delta\omega_n \mathcal{G}_n \quad (3.62)$$

Bu usul gidrometrik o'lchashlarda eng ko'p qo'llaniladigan usuldir.

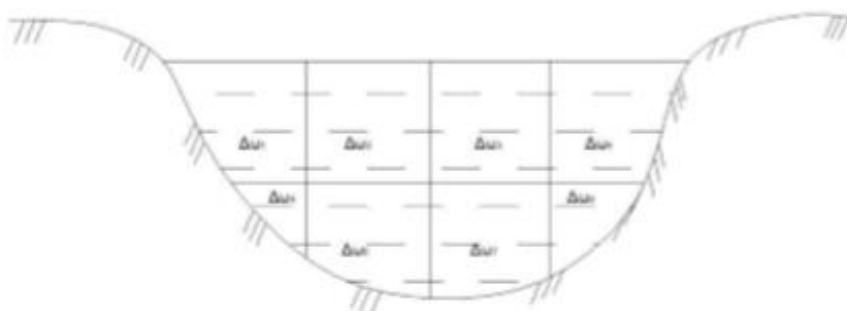
**6. Pito naychasi** uchi to'g'ri burchak hosil qilib egilgan naycha bo'lib, uning egilgan uchi suyuqlik oqimi yo'nalishiga qarama-qarshi qilib qo'yiladi. Naychaning ikkinchi uchi suyuqlikdan tashqariga chiqib turadi. (3.21-rasm a). Bu holda ozod sirtida va naychadagi suyuqlik sathida bosim atmosfera bosimga teng. Shuning uchun naychadagi suyuqlikning balandligi  $h$  oqimning tezlik bosimini beradi, ya'ni

$$h = \frac{\mathcal{G}^2}{2g}$$

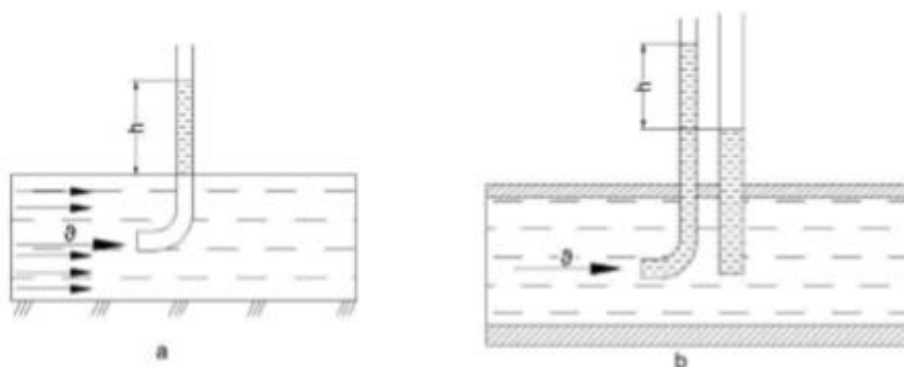
Bundan tezlikni topish formulasi kelib chiqadi:

gh

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



3.21-rasm. Kanallarning kesimini elementar yuzalarga bo'lish.



3.22- rasm. Tezlik o'lchagich naychalar.

Tezlikning haqiqiy miqdori (suyuqlik tushirilgan naycha harakat tartibini buzganligi uchun) oxirgi formula bilan hisoblangan miqdorga to'g'ri kelmaydi. Shuning uchun bu formulaga tuzatish koeffitsiyenti  $a$  kiritiladi:

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

bu yerda  $\alpha$  – koeffitsiyent; u har bir naycha uchun tajriba yo‘li bilan aniqlab qo‘yiladi.

**Pito naychasi** ochiq sirtli oqimlarda tezlikni o‘lchash uchun qo‘llaniladi. Prandtl naychasi Pito naychasining qulaylashtirilgani bo‘lib, u quvurlardagi tezliklarni o‘lchash uchun qo‘llaniladi (3.22-rasm, b) va ikkita naychadan iborat bo‘ladi. Ulardan biri Pito naychasi va ikkinchisi pezometrdir. Pezometrdagi suyuqlik balandligi pezometrik bosimni bersa, Pito naychasidagi suyuqlik

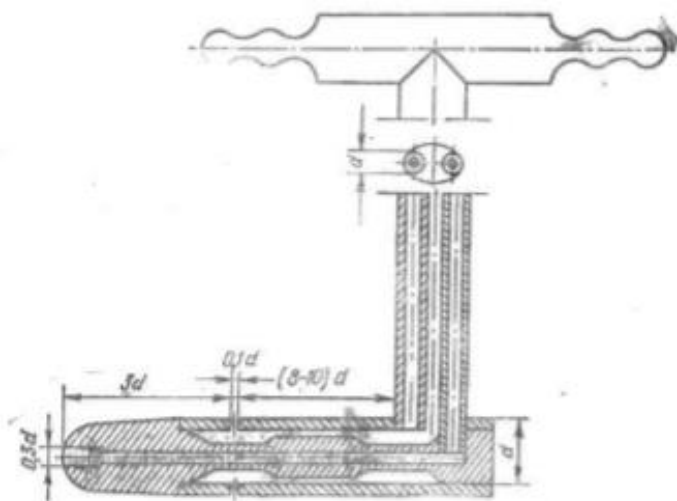
balandligi to‘liq bosim  $\frac{p}{\gamma} + \frac{g^2}{2g}$  ni beradi. Shuning uchun bu ikki naychadagi

balandliklar farqi tezlik bosimini beradi va uning yordamida tezlik topiladi:

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

Hozirgi mavjud asboblarda bu ikkita naycha bitta katta naycha ichiga joylashtirilgan (3.22-rasm) bo‘lib, ularning uchlari mikromanometr yoki differentsial manometrlarga tutashtirilgan. Agar manometrlardagi suyuqlik oqayotgan suyuqlikdan farq qilsa, Prandtl naychasining uchi tushirilgan nuqtadagi tezlik quyidagi formula bilan topiladi:

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



**3.23- rasm. Prandtl naychasi.**

bu yerda  $h$  – difmanometr naychalaridagi sathlar farqi;  $\gamma_1$  va  $\gamma$  – difmanometrdagi va tekshirilayotgan (oqayotgan) suyuqliklar solishtirma og‘irliklari;  $a$  – tajribadan

topiladigan qiymati 1 dan 1,04 gacha o'zgaruvchi koeffitsiyent. Prandtl naychasi yordamida suyuqlik oqimi kesimining har xil nuqtalarida tezlikni o'lchab, bu kesim bo'yicha tezlikning o'zgarishini va sarfini topish mumkin.

### **Mavzuga doir nazorat savollari**

1. Hidravlik va pezometrik qiyaliklar haqida tushuncha?
2. Hidravlik yo'qotish haqida tushuncha. Hidravlik yo'qotishning turlari?
3. Tezlik va sarf o'lchash usullari hamda asboblari?

## **11-MAVZU: SUYUQLIK HARAKATINING TARTIBLARI VA GIDRODINAMIK O'XSHASHLIK ASOSLARI**

### **Asosiy savollar:**

1. Suyuqlik harakatining ikki tartibi. Reynolds kritik soni.
2. Hidrodinamik o'xshashlik asoslari. Hidrodinamik hodisalarni modellashtirish.

Amalda ko'p hollarda turli quvurlar sistemasini hisoblashga to'g'ri keladi. Bunday hisoblashlar kimyo, to'qimachilik, neft sanoatida, gidrotexnika inshootlarida va boshqa ko'pgina joylarda uchraydigan turli gidromashinalarning qismlari, vodoprovodlar, issiqlik almashtirgichlar kabi sistemalar uchun qo'llaniladi. Bu sistemalarni hisoblash ularda suyuqlikning qanday tezlikda va qanday sharoitda oqishiga bog'liq. Shunga asosan suyuqliklar harakatining turli tartiblari tekshiriladi va harakat tartibiga qarab turlicha hisoblash ishlari olib boriladi.

### **1. Suyuqlik harakatining ikki tartibi. Reynolds kritik soni**

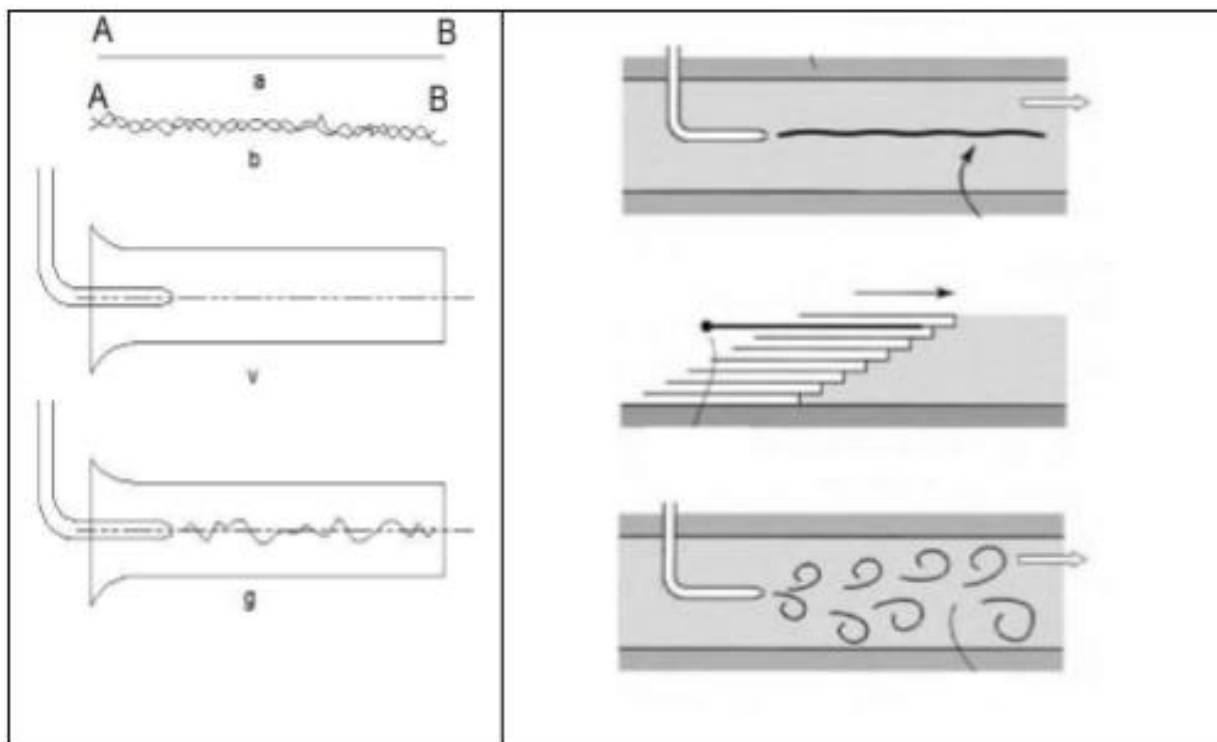
Ko'p hollarda quvurlardagi suyuqlik tekis harakatda bo'ladi, ya'ni tezlik oqim yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi. Bu holda harakatning qanday bo'lishiga, asosan, ichki ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Bu holda uning ikki kesimidagi bosimlar farqi ishqalanish kuchining va geometrik balandliklar farqining katta yoki kichikligiga bog'liq bo'ladi. Bu kuchlarning ta'sirida quvurlardagi harakat tezligi har xil bo'lishi mumkin. Tezlikning katta-kichikligiga qarab suyuqlik zarrachalari batartib yoki betartib harakat qiladi. Bu harakatlar, odatda, asosan ikki tartibli harakatga ajratiladi: laminar harakat va turbulent harakat.

Laminar harakat vaqtida suyuqlik zarrachalari qavat-qavat bo'lib joylashadi va ular bir qavatdan ikkinchi qavatga o'tmaydi. Boshqacha aytganda, suyuqlik zarrachalari oqimlar harakatiga ko'ndalang yo'nalishda harakatlanmaydi va uni quyidagicha ta'riflash mumkin.

Agar harakat fazosida biror  $A$  nuqta tanlab olsak, shu nuqtada albatta suyuqlikning biror zarrachasi bo'ladi. Harakat natijasida shu zarracha  $A$  nuqtadan siljib uning o'rnini boshqa zarracha egallaydi. Ikkinchi zarracha ham  $A$  nuqtada to'xtab turmaydi va uning o'rnini uchinchi zarracha egallaydi va hokazo. Endi  $A$  nuqtaga birinchi kelgan zarracha harakatlanib, biror  $B$  nuqtaga  $AB$  chizigi (4.1-rasm, a) bo'yicha kelsa, uning ketidan kelgan ikkinchi zarracha ham  $A$  nuqtadan  $B$  nuqtaga  $AB$  chizig'i bo'yicha kelsa, uchinchi zarracha ham aniq  $AB$  chizig'i bo'yicha yursa va  $A$  nuqtaga kelgan boshqa zarrachalar ham  $AB$  chizig'i orqali  $B$  nuqtaga kelsa, bunday harakat *laminar harakat* deyiladi. Ba'zi vaqtda laminar harakatning bunday tartibi *parallel oqimli* yoki *tinch harakat* deb ataladi.

Laminar harakatni tajribada kuzatish uchun suyuqlik oqayotgan shisha quvurning boshlang'ich kesimiga shisha naycha orqali rangli suyuqlik keltirib qo'shib yuborsak, rang suyuqlikda aralashmasdan to'g'ri chiziq bo'yicha oqim ko'rinishida ketadi (4.1-rasm, v).

Agar suyuqlikning tezligini oshirib borsak, harakat tartibi o'zgarib boradi. Tezlik ma'lum bir chegaradan o'tganidan keyin, zarrachalar kinetik energiyasi ko'payib ketishi natijasida, ular ko'ndalang yo'nalishda ham harakat qila boshlaydi. Natijada zarrachalar o'zi harakat qilayotgan qavatdan qo'shni qavatga o'tib, energiyasining bir qismini yo'qotib, o'z qavatiga qaytib keladi. Oqim tezligi juda oshib ketsa, zarrachalar bir qavatdan ikkinchi qavatga tez o'ta boshlaydi. Natijada suyuqlik harakatining tartibi buziladi. Bunday harakat turbulent harakat deyiladi.



**4.1. rasm. Laminar va turbulent harakatga oid chizma**

Yuqorida aytganimizdek, *A* nuqtadan o'tayotgan zarrachalarni ko'rsak, birinchi zarracha *B* nuqtaga tekis chiziq bilan emas, qandaydir egri-bugri chiziq bo'yicha keladi. Hatto u nuqtaga aniq kelmasligi mumkin. Birinchining ketidan kelayotgan ikkinchi zarracha ham *A* dan *B* ga egri-bugri chiziq bilan keladi. Lekin bu chiziq birinchi zarracha yurgan chiziqdan farq qiladi. Uchinchi zarracha esa *A* dan *B* ga uchinchi egri-bugri chiziq bilan keladi. Shunday qilib turbulent harakatda ixtiyoriy *A* nuqtadan o'tuvchi har bir suyuqlik zarrachasi *B* nuqtaga o'ziga xos egri chiziq bilan keladi (4.1-rasm, b), ba'zi zarrachalar *B* nuqtaga kelmasligi ham mumkin. Yuqorida aytilgan usul bilan quvurda oqayotgan suyuqlik oqimining boshlang'ich kesimida rang qo'shib yuborsak, u tezlikning ma'lum bir miqdoridan boshlab egri chiziq bo'yicha ketadi (4.1-rasm, g). Tezlikni oshirishni davom ettirsak, rang suyuqlikda butunlay aralashib ketadi. Bundan ko'rinadiki, suyuqlikning parallel oqimli tartibi buziladi.

Suyuqlik harakatining bu ikki tartibini ingliz olimi O. Reynolds tajribada har tomonlama tekshirgan va natijalarini 1883 yilda e'lon qilgan. Reynolds suyuqliklar harakatining muhim qonuniyatini kashf qildi. Suyuqlik harakatini tezlikning oqim o'lchamiga ko'paytmasining qovushqoqlik kinematik koeffitsiyentiga nisbatidan iborat o'lchovsiz miqdor xarakterlar ekan. Bu miqdor olimning hurmatiga Reynolds

soni deb ataladi va formulalarda  $Re$  bilan belgilanadi. Silindrik quvurlardagi oqim uchun Reynolds soni quyidagicha qisoblanadi:

$$Re = \frac{\rho d v}{\mu} \quad (4.1)$$

Turli shakldagi nosilindrik quvurlar va o'zamlardagi oqimlar uchun Reynolds soni quyidagicha o'lchanadi:

$$Re = \frac{\rho d_{ekv} v}{\mu} = \frac{4\rho R v}{\mu} \quad (4.2)$$

bu yerda  $d$  – quvurning ichki diametri;  $d_{ekv}$  – o'zan yoki nosilindrik quvurning ekvivalent diametri:  $d_{ekv} = 4R$ ;  $R$  – gidravlik radius.

Reynolds aniqlashicha, yuqorida aytilgan o'lchovsiz miqdorning kichik qiymatlarida laminar harakat bo'lib, uning oshib borishi natijasida u turbulent harakatga aylanadi. (4.1) dan ko'rinib turibdiki, Reynolds soni  $Re$  oshishi uchun yo tezlik, yoki quvur diametri ortish, yoki bo'lmasa qovushqoqlik kinematik koeffitsiyenti kamayishi kerak. Suyuqlikning laminar harakatdan turbulent harakatga, o'tishini Reynolds soni  $Re$  ning ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u Reynolds soni kritik soni deb atalib,  $Re_{kr}$  bilan belgilanadi. Bu son silindrik quvurlar uchun  $Re_{kr} = 2320$ .

Agar oqimni juda silliq quvurda, har qanday eng kuchsiz turtki va tebranishlardan holi bo'lgan sharoitda tekshirsak, Reynolds kritik soni 2320 dan ortiq, hatto bir necha marotaba ortiq bo'lishi mumkin. Lekin Reynolds soni ma'lum bir qiymatdan o'tganidan keyin harakat, qanday ehtiyot choralari ko'rilmasin, albatta turbulent bo'ladi. Bu son Reynolds yuqori kritik soni deb ataladi va  $Re_{kg.yu}$  – 10000ga teng bo'ladi. Bu songa qiyos qilib, yuqorida keltirilgan kritik son Reynolds quyi kritik soni  $Re_{kg.q} = 2320$  deb ataladi. Reynolds soni  $Re_{kr.q}$  dan kichik bo'lganda barqaror laminar harakat bo'ladi, u  $Re_{kg.yu}$  dan katta bo'lganda esa turbulent harakat barqarorlashgan bo'ladi. Agar Reynolds soni bu ikki miqdor o'rtasida, ya'ni  $Re_{kg.q} < Re < Re_{kg.yu}$  bo'lsa, turbulent harakat beqaror bo'lib, bu holatni o'tkinchi tartib deyiladi. Shunday qilib, suyuqlik harakatida asosan ikki tartib laminar va turbulent tartib mavjud. Bu tushunchani yana aniqroq ifodalasak, u holda uch xil tartib mavjud bo'lib, ular Reynolds soniga bog'liq:

- 1) laminar tartib  $Re < 2320$  da;
- 2) o'tkinchi tartib  $2320 < Re < 10000$  da;
- 3) barqarorlashgan turbulent tartib  $Re > 10000$  da.

Suyuqlik harakatini tekshirishda va turli gidrosistemalarni hisoblashda harakat tartibining qanday bo'lishiga qarab foydalaniladigan formulalar va miqdorlar turlicha bo'ladi. Shuning uchun turli hisoblashlarni bajarishdan oldin harakatning laminar yoki turbulent tartibda ekanligini (4.1) formula yordamida aniqlab olish zarur bo'ladi.

Suyuqliklarda ichki qarshiliklar ham harakat tartibiga qarab har xil hisoblanadi. Tajribalarning ko'rsatishicha, laminar harakat vaqtida bosimning pasayishi o'rtacha tezlikning birinchi darajasiga

$$H_{1-2} = k_L \mathcal{Q},$$

turbulent harakatda esa uning  $n$  – darajasiga proportsional bo'ladi.

$$H_{1-2} = k_T \mathcal{Q}^n,$$

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

## **2. Gidrodinamik o'xshashlik asoslari. Gidrodinamik hodisalarni modellash**

Texnikada gidravlik qurilmalarini yaratish yoki tabiatdagi biror voqeani tekshirish uchun laboratoriya sharoitida uning kuchaytirilgan modellarida tajribalar o'tkaziladi va bu tajribalar natijasiga qarab asosiy qurilma yoki hodisa haqida xulosa chiqariladi. Modellarini yasash va ularda olingan natijalarni rostakam nusxaga o'tkazish uchun model bilan rostakam hodisani bir-biri bilan bog'lovchi qonuniyatlarni bilish zarur bo'ladi. Rostakam nusxa bilan model o'rtasidagi bu qonuniyatlarni o'xshashlik qonuniyatlari deb ataladi va ularni o'xshashlik va modellash nazariyasi tekshiradi.

Ikki fizik jarayon o'xshash bo'lishi uchun uning barcha parametrlari ma'lum bir munosabatda bo'lishi kerak va bu munosabatlar turli parametrlar uchun turlicha bo'ladi.

Ikki xil voqeani bir-biriga o'xshash bo'lishi uchun birinchidan uning geometrik parametrlari o'xshash bo'lishi, ikkinchidan kinematik va dinamik parametrlari o'xshash bo'lishi kerak.

Misol uchun suvning tabiatda va texnikada kuzatilayotgan harakatda kavitatsiya hodisasi mavjud bo'lsa, uning modelida geometrik va kinematik o'xshashlik bo'lishidan tashqari xuddi shunday kavitatsiya hodisasi mavjud bo'lishi



kerak. Hodisalarning o'xshashligi fizik o'xshashlik, vaqt o'xshashligi chegaraviy shartlarni o'xshashligini ham o'z ichiga olish kerak. Bular ikki o'xshash hodisalar uchun bir ismli miqdorlarning nisbatlari bir xil qiymatga ega bo'lishini taqozo qiladi. Masalan, bir hodisa uchun uzunlik o'lchamlari  $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$  bo'lsin, birinchiga o'xshash ikkinchi hodisaning uzunlik o'lchamlari esa  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  bo'lsin. U holda agar

$$\frac{L_1}{l_1} = \frac{L_2}{l_2} = \frac{L_3}{l_3} = \frac{L_n}{l_n} = const \quad (4.3)$$

bo'lsa bu hodisalar geometrik o'xshash bo'ladi. Xususan,  $l_1, l_2, \dots, l_n$  quvurning uzunligi, diametiri, tezlik yoki boshqa parametrni o'lchanayotgan nuqtaning koordinatalari va hokazo bo'lishi mumkin. Yuqorida aytilgan hodisalar uchun tezlik o'lchamlari  $\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \mathcal{G}_3, \dots, \mathcal{G}_n$  va  $\mathcal{G}'_1, \mathcal{G}'_2, \mathcal{G}'_3, \dots, \mathcal{G}'_n$  bo'lsin.

Agar

$$\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}'_1} = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}'_2} = \frac{\mathcal{G}_3}{\mathcal{G}'_3} = \frac{\mathcal{G}_n}{\mathcal{G}'_n} = const \quad (4.4)$$

bo'lsa, bu hodisalar kinematik o'xshash bo'ladi. Xususan  $\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \dots, \mathcal{G}_n$  o'lchash olib borilayotgan nuqtalardagi tezliklardir. Mazkur ikki hodisa uchun:

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

bo'lsa, ularda vaqt o'xshashligi mavjud.

Yuqorida keltirilgan (4,3), (4,4) va (4,5) nisbatlarning tengligini ifodalovchi o'zgarmas miqdorlar *o'xshashlik doimiysi* deb ataladi va uzunlik uchun  $\alpha_l$  tezlik uchun  $\alpha_v$  vaqt uchun at belgilar bilan belgilanadi. Shuningdek tezlanish uchun  $\square$  a zichlik uchun  $\alpha_\rho$  qovushqoqlik uchun  $\alpha_\mu$  va hokazo o'xshashlik doimiylarini kiritish mumkin. O'xshashlik nazariyasida yuqorida keltirilgan o'xshashlik doimiylari ikki o'xshash hodisa uchungina bo'lmay, bir qancha o'xshash hodisalar uchun bo'lsa, u holda ular o'xshashlik aniqlovchisi deyiladi. O'xshashlik aniqlovchilarning o'xshashlik doimiysidan yana bir farqi ular bir qancha turli o'lchamlar kombinatsiyasining nisbati sifatida qurilishi mumkin.

Masalan,

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

Agar o'xshashlik aniqlovchisi oddiy o'lchamlar nisbati bilan ifodalansa, ular simplekslar deyiladi. Agar o'xshashlik aniqlovchisi o'lchamlar murakkab kombinatsiyalarining nisbati sifatida ifodalansa, u holda o'xshashlik kriteriyalari deyiladi. Misol sifatida Nyuton ikkinchi qonunini ko'ramiz. Birinchi hodisa uchun

$$F_1 = m_1 \frac{d\mathcal{G}_1}{dt_1} \quad (4.6)$$

Ikkinchi hodisa uchun esa

$$F_2 = m_2 \frac{d\mathcal{G}_2}{dt_1} \quad (4.7)$$

Ikkinchi hodisa uchun o'xshashlik doimiylari  $\alpha_f, \alpha_m, \alpha_v, \alpha_t$  larni kiritsak, (4.7) birinchi hodisa parametrlari orqali quyidagicha ifodalanadi.

$$\alpha_f F_1 = \alpha m_1 \frac{\alpha d}{\alpha t_1} m_1 \frac{d\mathcal{G}_1}{dt_1}$$

yoki

$$\frac{\alpha_f \alpha_t}{\alpha_m \alpha_v} F_1 = m_1 \frac{d\mathcal{G}_1}{dt_1} \quad (4.8)$$

(4.6.) bilan (4.8) lar ikki o'xshash hodisalar uchun yozilganligi sababli ular bir xil bo'lishi kerak. Buning uchun o'xshashlik doimiylaridan tashkil topgan quyidagi o'zgarmas miqdor birga teng bo'lishi kerak.

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

bundan

$$\frac{\frac{F_1 t_1}{m_1 \mathcal{G}_1}}{\frac{F_2 t_1}{m_2 \mathcal{G}_2}} = 1 \quad \text{yoki} \quad \frac{F_1 t_1}{m_1 \mathcal{G}_1} = \frac{F_2 t_2}{m_2 \mathcal{G}_2}$$

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

$$Ne = \frac{Ft}{m\varrho} = const$$

bunga Nyuton mezoni deyiladi.

Gidrodinamik o'xshashlikni quyidagi kriterial miqdorlar aniqlaydi.

*Struxal mezoni yoki gomoxronlik mezoni*

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

*Reynolds mezoni*

$$Re = \frac{\varrho l}{\nu} \quad (4.10)$$

*Eyler mezoni*

$$Eu = \frac{p}{\rho \varrho^2} \quad (4.11)$$

*Frud mezoni*

$$Fr = \frac{\varrho^2}{gl} \quad (4.12)$$

Bu kriterial miqdorlar yuqorida keltirilgan usulni Nave-Stoks tenglamasiga qo'llash yo'li bilan olinadi.

Birinchi hodisa uchun Nave-Stoks tenglamalar sistemasidan birinchi tenglamani yozamiz:

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

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

### **Mavzuga doir nazorat savollari**

1. Suyuqlik harakatining ikki tartibi. Reynolds kritik soni?
2. Hidrodinamik o'xshashlik asoslari?
3. Hidrodinamik hodisalarni modellashtirish?

## 12-MAVZU: SUYUQLIKLARNING LAMINAR HARAKATI

### Asosiy savollar:

1. Tezlikning silindirik quvur kesimi bo'yicha taqsimlanishi.
2. Quvur uzunligi bo'yicha energiyaning y o'qolishi (Puazeyl formulasi).
3. Oqimning boshlang'ich bo'lagi.

### 1. Tezlikning silindirik quvur kesimi bo'yicha taqsimlanishi.

Qovushoq suyuqliklar quvurda laminar harakat qilganda uning oqimchalari birbiriga parallel harakat qiladi. Quvur devorlari esa unga yopishib qolgan suyuqlik zarrachalari bilan qoplanadi. Shunday qilib, quvur devoridagi suyuqlik zarrachalarining tezligi nolga teng. Suyuqlikning devorga yopishgan qavatidan keyingi qavati esa suyuqlik zarrachalari bilan qoplangan quvur devori ustida sirpanib boradi. Agar quvur ichidagi suyuqlikni xayolan cheksiz ko'p yupqa qavatlarga ajratsak, u holda har bir qavat o'zidan oldingi qavat sirtida siljib boradi. Yuqorida aytilganga ko'ra quvur devori sirtidagi qavatning tezligi nolga teng bo'lib, quvur o'qiga yaqinlashgan sari tezlik oshib boradi. O'qda esa tezlik maksimal qiymatga ega bo'ladi. Shuning uchun quvur ichidagi ishqalanish kuchi Nyuton qonuni bilan ifodalanadi:

$$\tau = -\mu \frac{du}{dr}$$

Quvur ichida uzunligi  $l$  va radiusi  $r$  bo'lgan elementar naycha ajratib olamiz (5.1-rasm). Bu naychanning yuzalari  $d\omega$  bo'lgan 1-1 kesimi bo'yicha  $p_1$  bosim, 2-2 bo'lgan kesim bo'yicha esa  $p_2$  bosim ta'sir qilsin. Radiusi  $R$  bo'lgan tekshirilayotgan quvurdagi harakat gorizontaal va tekis bo'lsin. U holda elementar naychaga ta'sir qilayotgan kuchlar

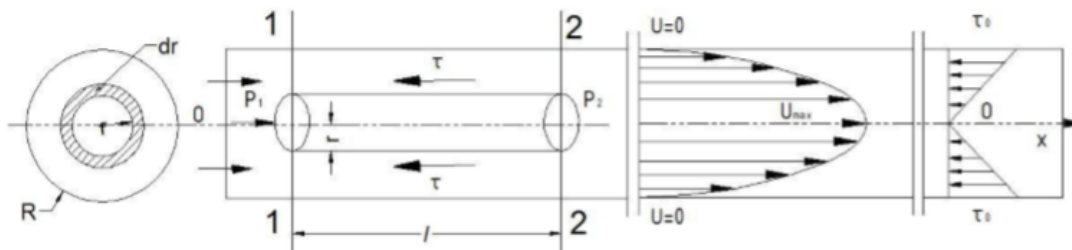
$$\text{1-1 kesimdagi bosim kuchi} \quad P_1 = p_1 d\omega$$

$$\text{2-2 kesimdagi bosim kuchi} \quad P_2 = p_2 d\omega$$

ishqalanish kuchi

$$T = \tau 2\pi r l = -\mu 2\pi r l \frac{du}{dr}$$

dan iborat.



**5.1-rasm. Laminar harakatda tezlikning quvur kesmi bo‘yicha taqsimlanishi.**

U holda elementar naychani muvozanat shartidan quyidagini yoza olamiz.

$$P_1 = P_2 - T = 0 \quad (5.1)$$

Elementar naycha kesimi  $dS = \pi r^2$  ekanligini nazarda tutib, (5.1) dan quyidagi tenglamani keltirib chiqaramiz:

$$\pi r^2 p_1 - \pi r^2 p_2 + \mu 2\pi r l \frac{du}{dr} = 0$$

Bu tenglamadan ushbu differentsial tenglamani keltirib chiqaramiz:

$$\frac{du}{dr} = -\frac{r}{2\mu} \frac{p_1 - p_2}{l} \quad (5.2)$$

Oxirgi tenglamaning o‘zgaruvchilarini ajratamiz

$$du = -\frac{p_1 - p_2}{2\mu} r dr$$

va chap tomoni u dan 0 gacha, o‘ng tomonini esa r dan R gacha integrallab, tezlik uchun munosabat keltirib chiqaramiz:

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l} (r^2 - R^2) \quad (5.3)$$

Hosil qilingan tenglama parabola tenglamasi bo‘lib, u tezlikning silindrik quvur kesimi bo‘yicha taqsimlanishini ko‘rsatadi. (5.3) dan ko‘rinib turibdiki, quvurdagi harakat tezligi  $r = 0$  da maksimumga erishadi

$$u_{\max} = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l} R^2 \quad (5.4)$$

Demak, silindrik quvurda laminar harakat tezligi ko‘ndalang kesimda parabola qonuni bo‘yicha taqsimlangan bo‘ladi. Tezlikning maksimal qiymati esa quvurning o‘qi bo‘yicha yo‘nalgan bo‘ladi. Endi quvurda oqayotgan suyuqlikning sarfini

topamiz. Eni  $dr$  ga teng bo'lgan halqa bo'yicha oqayotgan (5.1-rasm) elementar sarf quydagiga teng bo'ladi:

$$dQ = 2\pi r dr u$$

Oxirgi tenglikka (5.3) dan tezlikning formulasini qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$dQ = 2\pi r \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} (r^2 - R^2) dr .$$

Bu tenglikning chap tomonini 0 dan  $Q$  gacha o'ng tomonini esa 0 dan  $R$  gacha integrallab

$$Q = -\int_0^R 2\pi r \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} (r^2 - R^2) dr = -\pi \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} \int_0^R (r^2 - R^2) r dr = \pi \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} \left( \frac{R^4}{2} - \frac{R^4}{4} \right) = \frac{\pi R^4}{8\mu l} \frac{p_1 - p_2}{l} \quad (5.5)$$

munosabatni olamiz.

Bu holda o'rtacha tezlikni shunday topamiz:

$$\mathcal{G} = \frac{Q}{\omega} = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{\pi R^4 (p_1 - p_2)}{8\mu l \pi R^2} = \frac{p_1 - p_2}{8\mu} R^2 \quad (5.6)$$

(5.6) va (5.4) munosabatlarni solishtirib quvurda laminar harakat vaqtida o'rtacha tezlik bilan maksimal tezlik orasidagi munosabatni topamiz:

$$\mathcal{G} = \frac{u_{\max}}{2} \quad (5.7)$$

Demak, silindrik quvurda laminar harakat vaqtida o'rtacha tezlik maksimal tezlikdan ikki marotaba kichik ekan.

## 2. Quvur uzunligi bo'yicha energiyaning y o'qolishi (Puazeyl formulasi)

Endi quvurda oqayotgan suyuqlik enegiyasining ishqalanishni yengishga sarflanishini tekshiramiz. Avval quvur kesimi bo'yicha ishqalanish kuchining taqsimlanishini ko'ramiz. Buning uchun Nyuton qonuni formulasiga tezlik formulasi (5.3) ni qo'yamiz.

U holda,

$$\tau = -\mu \frac{du}{dr} = \frac{p_1 - p_2}{2l} r \quad (5.8)$$

Bu formuladan ko'rinib turibdiki, ishqalanish kuchi quvur o'qida nolga teng bo'lib, uning o'qidan devorlariga qarab chiziqli ortib boradi va devor sirtida eng katta qiymatga erishadi (5.1-rasm) (3.56) tenglamada silindrik quvurdagi uzunlik

bo'yicha gidravlik yo'qotishni ishqalanish kuchi orqali berilgan edi. Endi bu formulaga (5.8) munosabatni qo'ysak.

$$H_e = \frac{p_1 - p_2}{\gamma 2l} R \frac{2Rl}{\pi R^2} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}.$$

Kesimlardagi bosim farqi ( $p_1 - p_2$ ) ni (5.6) formuladan o'rtacha tezlik orqali ifodalasak:

$$p_1 - p_2 = \frac{2\mu l}{R^2} \mathcal{G} = \frac{32\mu l}{D^2} \mathcal{G}$$

va gidravlik yo'qotish formulasiga qo'ysak, quyidagi munosabatni olamiz:

$$H_1 = \frac{8\mu l}{\gamma D^2} \mathcal{G} \quad (5.9)$$

U holda gidravlik qiyalik uchun formula chiqarish qiyin emas. Buning uchun (5.9) ning ikki tomonini  $l$  ga bo'lamiz

$$\frac{H_1}{l} = \frac{32\nu}{gD^2} \mathcal{G} \quad (5.10)$$

va oxirgi tenglikni quyidagicha yozamiz:

$$J = \frac{232\nu}{gD^2 D \mathcal{G}} \mathcal{G}^2 = \frac{64\nu}{9D^2 gD} \mathcal{G}^2$$

Silindrik quvurlar uchun Reynolds soni

$$Re = \frac{gD}{\nu}$$

ko'rinishda yozilgani uchun

$$J = \frac{64}{Re^2 2gD} \mathcal{G}^2$$

Demak, laminar harakat vaqtida gidravlik qiyalik va bosimning pasayishi Reynolds

soniga bog'liq ekan.  $\frac{64}{Re}$  ko'rinishdagi miqdorni gidravlikada  $\lambda$  bilan belgilanadi:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5.11)$$

va ishqalanish qarshiligi koeffitsiyenti deb ataladi. U holda energiyaning yo'qolishi va gidravlik qiyalik uchun quyidagicha Darsi - Veysbax formulasini olamiz.

$$H_e = \lambda = \frac{l \rho^2}{D2g}$$

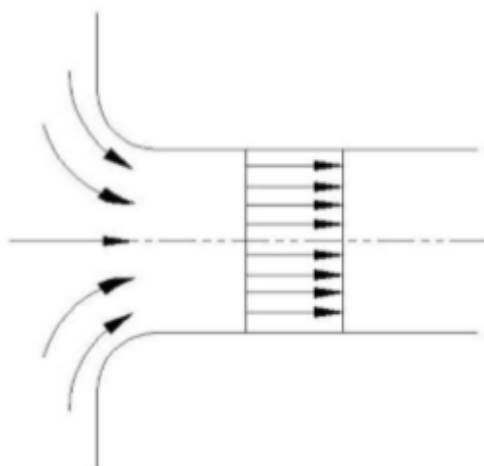
$$J = \lambda \frac{l \rho^2}{D2g} \quad (5.12)$$

Shunday qilib, laminar harakat vaqtida quvur uzunligi bo'yicha bosimning pasayishi va gidravlik qiyalik solishtirma kinetik energiyaga chiziqli bog'liq ekan.

### 3. Oqimning boshlang'ich bo'lagi

Yuqorida aytib o'tilgan harakat qonunlari quvurdagi barqarorlashgan laminar oqimlar uchun to'g'ridir. Haqiqatda esa, quvurga endi kirgan suyuqlik boshlang'ich kesimdan boshlab ma'lum masofa o'tgandan keyingina laminar harakatga doir bo'lgan parabolik qonun bo'yicha taqsimlangan bo'ladi.

Laminar harakatning quvurda rivojlanishini quyidagicha tasavvur qilish mumkin. Hajmi juda katta idishdan suyuqlik quvurga kirsin va quvur kirish qismining chekkalari yaxshilab dumaloqlangan bo'lsin. Bu holda boshlang'ish kesimda tezlik deyarli o'zgarmas bo'ladi. Bu qonun faqat chegara (yoki devoroldi) qatlam deb ataluvchi devor ustidagi yupqa qavatdagina buziladi. Bu qavatda suyuqlikning devorga yopishishi natijasida tezlik keskin kamayib, devorda nolga tenglashadi. Shuning uchun kirish qismida tezlik chizig'i to'g'ri chiziq kesmasi (5.2-rasm) bilan aniq ifodalanadi.



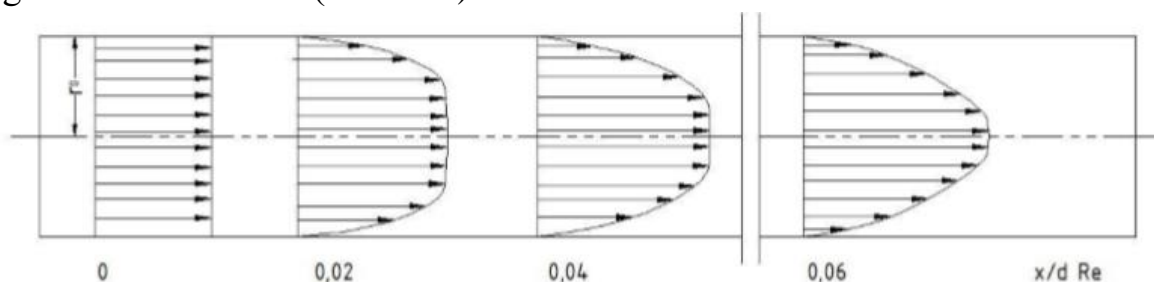
**5.2-rasm. Naycha kirishidagi tezlik taqsimotiga doir.**

Kirish qismidan uzoqlashgan sari devorlardagi ishqalanish kuchi ta'sirida chegara qatlamga yaqin qavatlarda harakat sekinlashib boradi va natijada bu



qatlamning qalinligi oshib boradi harakat esa sekinlashib boradi. Oqimning ishqalanish kuchi hali ta'sir qilmagan markaziy qismi esa bir butun harakat qilishni davom ettiradi, ya'ni boshqacha aytganda markaziy qavatlarida tezlik deyarli bir xil bo'lgani holda (oqayotgan suyuqlikning harakat miqdori o'zgarmas bo'lgani uchun) chegara qatlamda tezlik kamaygani sababli yadroda tezlik oshadi.

Shunday qilib, quvurning o'rta qismida (yadroda) tezlik oshib boradi, devor yaqinida o'sib boruvchi chegara qatlamda kamayadi. Bu jarayon chegara qatlam oqim kesimini butunlay egallab olmaguncha va yadro butunlay yo'q bo'lib ketguncha davom etadi (5.3-rasm).



**5.3-rasm. Laminar harakatning quvurda rivojlanib borishiga doir chizma.**

Shundan keyin oqimning rivojlanishi tugab, tezlik chizig'i odatdagi laminar oqimga xos parabolik shaklni qabul qiladi. Quvurning boshlang'ich kesimidan doimiy parabolik tezlik vujudga kelguncha bo'lgan bo'lagi laminar harakatning boshlang'ich bo'lagi deb ataladi. Bu bo'lakning uzunligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$L_{\text{bosh}} = 0,028R_e D \quad (5.13)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, boshlang'ich bo'lak Reynolds soniga va quvurning diametriga proporsional ekan. Gidrotexnika kursida bu masalani nazariy usul bilan hal qilingan bo'lib, olingan formulalar tajribada qiymatlarga juda yaqin keladi.

### **Mavzuga doir nazorat savollari**

1. Tezlikning silindirik quvur kesimi bo'yicha taqsimlanishi?
2. Quvur uzunligi bo'yicha energiyaning yo'qolishi (Puazeyl formulasi)?
3. Oqimning boshlang'ich bo'lagi?

## **13-MAVZU: TEKIS VA HALQASIMON TIRQISHLARDA SUYUQLIKNING LAMINAR HARAKATI.**

### **Asosiy savollar:**

1. Tekis va halqasimon tirqishlarda suyuqlikning laminar harakati.

## 2. Laminar oqimning maxsus turlari (o'zgaruvchan qovushqoqlik, obliteratsiya).

### 1. Tekis va halqasimon tirqishlarda suyuqlikning laminar harakati.

Yuqorida biz laminar harakatning eng sodda turlaridan biri silindrik quvurdagi tekis harakatni ko'rgan edik. Texnikada esa murakkab harakatlar ko'p ushraydi. Bularga tekis va halqasimon tirqishlardagi harakatlarni misol qilib keltirish mumkin. Bunday harakatlar gidravlik mashinalar va agregatlarni germetiklash, ularning harakatlanuvchi elementlarini mustahkam berkitish ishlari orada tirqish qoldirib bajariladi. Porshenli nasoslar va gidrouzatmalarda plunjer bilan silindr orasidagi tirqish ham yuqoridagi aytilgan harakatlarga misol bo'la oladi.

Uzunligi  $l$ , eni  $b$ , balandligi  $c$  bo'lgan tekis tirqishdagi laminar, bir tekis harakatni ko'ramiz (5.4-rasm).

Ko'rilayotgan tirqishda uzunligi  $l$ , eni  $b$  va balandligi  $y$  bo'lgan parallelepiped ajratamiz. Bu parallelepipedga 1-1 kesimi bo'yicha  $Ox$  o'qi yo'nalishida

$$P_1 = p_1 by$$

2-2 kesimi bo'yicha

$$P_2 = p_2 by$$

bosim kuchlari ta'sir etadi.

Parallelepipedning ustki sirtiga

$$T_1 = \tau bl = -\mu \frac{du}{dy} bl$$

va ostki sirtiga

$$T_2 = \tau_0 bl$$

ishqalanish kuchlari ta'sir etadi va ular ham  $Ox$  o'qi bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Ko'rilayotgan hajmdagi suyuqlikning muvozanatda bo'lishi sharti bo'yicha yuqorida keltirilgan kuchlardan quyidagi tenglama hosil qilinadi.

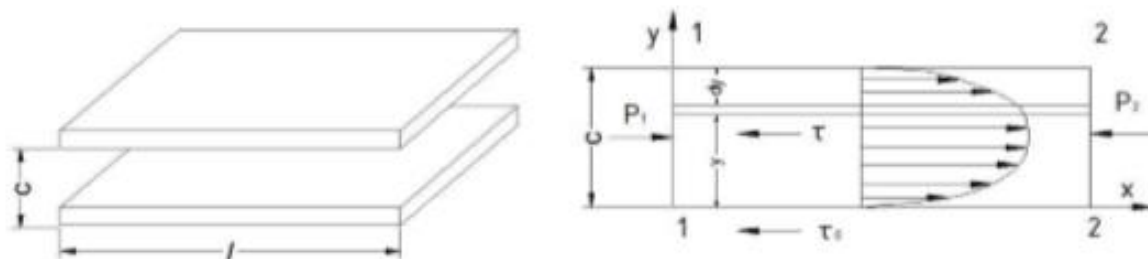
$$P_1 - P_2 - T_1 - T_2 = 0 \quad (5.14)$$

Bu tenglama quyidagi ko'rinishga keladi.

$$\frac{du}{dy} = -\frac{p_1 - p_2}{\mu l} y + \frac{\tau_0}{\mu} \quad (5.15)$$

Suyuqlikning qovushqoqlik shartiga asosan tirqishning pastki devorida ( $y=0$ ) tezlik nolga teng. (5.15) tenglamaning chap tomonini  $0$  dan  $u$  gacha, o'ng tomoni  $0$  dan  $y$  gacha integrallab, quyidagi formulani olamiz.

$$u = -\frac{P_1 - P_2}{\mu l} y^2 + \frac{\tau_0}{\mu} y \quad (5.16)$$



5.4-rasm. Tekis tirqishda suyuqlikning laminar harakatiga doir chizma.

Ikkinchi devorda ( $y=c$ ) ham tezlik nolga teng. Bu shartdan foydalanib ushbu tenglikni yozamiz.

$$0 = -\frac{P_1 - P_2}{\mu l} c^2 + \frac{\tau_0}{\mu} c.$$

Oxirgi tenglikdan  $\tau_0$  ni topamiz.

$$\tau_0 = -\frac{P_1 - P_2}{2l} c$$

va (5.16) ga qo'yamiz. Natijada tezlik uchun quyidagi formulani olamiz

$$u = -\frac{P_1 - P_2}{2\mu l} y(y - c) \quad (5.17)$$

Bu formuladan ko'rinib turibdiki, tekis tirqishdagi tezlik parabolik qonunga bo'ysunar ekan. Tezlik  $y = \frac{c}{2}$  da maksimal qiymatga erishadi, ya'ni:

$$u_{\max} = \frac{P_1 - P_2}{8\mu l} c^2 \quad (5.18)$$

Suyuqlik sarfini topish uchun qalinligi  $dy$  ga teng bo'lgan elementar qavat olib, uning ko'ndalang kesimidan oqayotgan suyuqlikning sarfini topamiz.

$$dQ = bdyu$$

U holda suyuqlik sarfi quyidagicha aniqlanadi.

$$Q = \int_s dQ = b \int_0^c u b y = b \int_0^c \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} (c - y) y dy = b \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} \int_0^c (c - y) y dy = \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} b \left( \frac{c^3}{2} - \frac{c^3}{3} \right) = \frac{p_1 - p_2}{12\mu l} c^3 b \quad (5.19)$$

Bu formula yordamida tirqishdan oqib ketayotgan suyuqlik miqdorini aniqlash mumkin.

O'rtacha tezlikni topish uchun sarfni oqimning kesimiga bo'lamiz, ya'ni

$$g = \frac{Q}{\omega} = \frac{p_1 - p_2}{12\mu l} \frac{c^3 b}{cb} = \frac{p_1 - p_2}{12\mu} c^2 \quad (5.20)$$

(5.18) va (5.20) tenglamalarni o'zaro taqqoslab, o'rtacha tezlik bilan maksimal

tezlik o'rtasidagi bog'lanishni topamiz:  $g = \frac{2}{3} u_{\max}$ . Bundan ko'rinadiki, ko'rilayotgan holda maksimal tezlik o'rtacha tezlikdan bir yarim marta katta ekan.

Tekis tirqishdan oqayotgan suyuqlik uchun gidravlik yo'qotishni topamiz.

$$H_e = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

(5.20) dan  $(p_1 - p_2)$  ni o'rtacha tezlik orqali quyidagicha ifodalab.

$$p_1 - p_2 = \frac{12\mu l}{c^2} g$$

uni gidravlik yo'qotish formulasiga qo'ysak, ushbu munosabat hosil bo'ladi.

$$H_e = \frac{12\mu l}{\gamma c^2} g$$

Tirqishning gidravlik radiusi

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{lb}{2(c+b)} \approx \frac{c}{2}$$

bo'lishni va Reynolds soni  $Re = \frac{gR}{\nu}$  ni nazarga olib, gidravlik yo'qotishni quyidagicha yozamiz:

$$H_e = \frac{12\nu l}{g c^2} g = \frac{24l}{\frac{94R}{c}} \frac{g^2}{2g} = \frac{96}{Re} \frac{l}{Re} \frac{g^2}{2g} \quad (5.21)$$

Agar silindrik quvurdagi laminar harakat tekshirilgandagi kabi

$$\lambda = \frac{96}{Re} \quad (5.22)$$

belgilashni kiritsak, ushbu munosabatni olamiz.

$$H_e = \lambda \frac{l}{4R} \frac{g^2}{2g} \quad (5.23)$$

Oxirgi munosabatdan foydalanib gidravlik qiyalikni hisoblash formulasini olamiz.

$$J = \frac{H_e}{l} = \lambda \frac{l}{4R} \frac{g^2}{2g} \quad (5.24)$$

Bu olingan formulalar ma'lum hollarda konsentrik halqasimon tirqishlardagi laminar harakat uchun ham qo'llanilishi mumkin.

Masalan, plunjerning diametri  $d_1$  tirqishning qalinligidan juda katta bo'lsa ( $d_1 \gg c$ ), plunjer bilan silindr orasidagi halqasimon tirqish uchun qo'llaniladi. Bu holda suyuqlik sarfini hisoblash uchun (5.19) dagi  $b$  o'rniga  $d_1$  ni qo'yish kerak. Ekstsentrik halqasimon tirqishlar uchun sarfini hisoblashda esa (5.19) dagi  $b$

o'rniga  $\pi \frac{d_1 + d_2}{2} = \pi(d_1 + c)$  ni qo'yish kerak; bu yerda  $c$  – plunjer va silindr o'qlari orasidagi ekstsentrisitet. Agar tirqishning qalinligi plunjer diametriga yaqin miqdorlarda o'lchanadigan bo'lsa, u holda halqasimon tirqishdagi harakat uchun boshqacha formulalar chiqarish kerak bo'ladi.

Diametrlari  $d_1$  va  $d_2$ , uzunliklari  $l$  bo'lgan plunjer va silindr orasidagi tirqishda (5.5-rasm) laminar harakat qilayotgan suyuqlik oqimini tekshiramiz. Radiusi  $r_1$  va  $r_2$  bo'lgan ikki silindr orasidagi suyuqlik muvozanatini ko'ramiz.

1-1 kesim yuzasi bo'yicha  $Ox$  o'qi yo'nalishida

$$P_1 = p_1 \pi (r_2^2 - r_1^2)$$

kuch, 2-2 kesim yuzasi bo'yicha

$$P_2 = p_2 \pi (r_2^2 - r_1^2)$$

kuch ta'sir qiladi.

Ichki silindr sirti bo'yicha

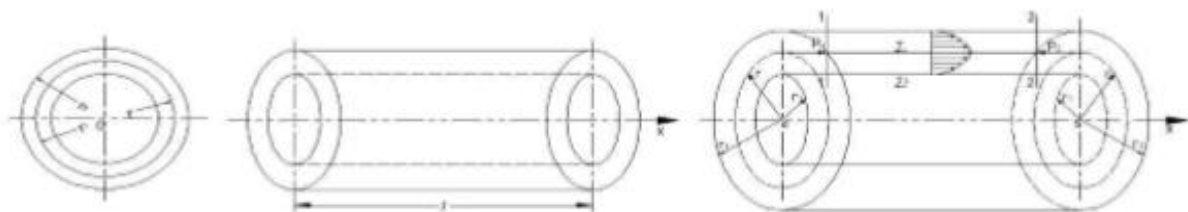
$$T_1 = \tau_0 2\pi r_1 l$$

Tashqi silindr sirti bo'yicha esa

$$T_2 = \tau 2\pi r l = \mu \frac{du}{dr} 2\pi r l$$

kuchlar ta'sir qiladi. Bu holda avvalgi masaladagi kabi suyuqlik hajmining muvozanat sharti bo'yicha quyidagi tenglamani olamiz.

$$\frac{du}{dr} = -\frac{p_1 - p_2}{2\mu l} \frac{r^2 - r_1^2}{r} + \frac{\tau_0}{\mu r}$$



**5.5-rasm. Halqasimon tirqishda suyuqlikning laminar harakatiga doir chizma.**

Suyuqlikning tezligi  $r = r_1$  da nolga teng bo'ladi. Shuning uchun (5.25) tenglamaning chap tomonini  $O$  dan  $u$  gacha, o'ng tomonini  $r_1$  dan  $r$  gacha integrallab, ushbu munosabatni olamiz.

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l} \left[ (r^2 - r_1^2) - 2 \ln \frac{r}{r_1} \right] + \frac{\tau_0}{\mu r} \ln \frac{r}{r_1}$$

Silindrning sirtida ( $r = r_2$ ) ham tezlik nolga teng.

Shuning uchun

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l} \left[ (r_2^2 - r_1^2) - 2 \ln \frac{r_2}{r_1} \right] - 2 \ln \frac{r}{r_1} + \frac{\tau_0}{\mu r} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

Bu tenglikdan  $\frac{\tau_0}{\mu}$  ni topamiz.

$$\frac{\tau_0}{\mu} = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} \left[ (r_2^2 - r_1^2) \frac{1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} - 2 \right]$$

va (5.26) ga qo'yamiz. Shunday qilib, tezlikning kesim bo'yicha taqsimlanishi uchun ushbu munosabatni olamiz.

$$u = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} \left[ (r_2^2 - r_1^2) \frac{\ln \frac{r}{r_1}}{\ln \frac{r_2}{r_1}} - (r^2 - r_1^2) \right]$$

$r_2 - r_1 = c$  ning miqdori  $r_1$  dan juda kichik bo'lganda bir qancha amallardan keyin (5.27) dan (5.17) ni keltirib chiqarish mumkin. Bu esa yuqorida aytilgan fikrlarni yana bir bor tasdiqlaydi. Halqasimon tirqishdan oqayotgan suyuqlikning maksimal tezligi avvalgidek tirqish balandligining o'rta qismiga to'g'ri kelmaydi. Maksimal tezlikni topish ancha murakkab bo'lgani uchun biz uni keltirmaymiz.

Halqasimon tirqishdan oqayotgan suyuqlikning sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$Q = 2\pi \int_{r_1}^{r_2} ur dr = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l} \pi (r_2^2 - r_1^2) \left[ r_2^2 + r_1^2 - \frac{r_2^2 - r_1^2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right]. \quad (5.25)$$

U holda o'rtacha tezlikni topish uchun sarfni kesim  $-\omega = \pi(r_2^2 - r_1^2)$  ga bo'lamiz.

$$g \frac{p_1 - p_2}{8\mu l} (r_2 + r_1) - \left( \frac{r_2^2 - r_1^2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right). \quad (5.26)$$

Gidravlik yo'qotish esa quyidagicha hisoblanadi.

$$H_e = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{8\nu l \ln \frac{r_2}{r_1}}{(r_2^2 + r_1^2) \ln \frac{r_2}{r_1} - (r_2^2 - r_1^2)} \frac{g}{g}.$$

Gidravlik radius

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\pi(r_2^2 - r_1^2)}{2\pi(r_2 - r_1)} = \frac{r_2 + r_1}{2}$$

Demak, Reynolds soni

$$Re = \frac{gR}{\nu} = \frac{g(r_2 + r_1)}{2\nu}$$

Buni nazarda tutsak,

## 2. Laminar oqimning maxsus turlari (o'zgaruvchan qovushqoqlik, obliteratsiya).

Mashinalar gidravlikasini yaratish rus olimlari A.A.Sablukov, V.A.Pusheshnikov, V.G. Shuxov va boshqalarning nomlari bilan bog'langan.

Gidrodinamikada mashinalarni moylash (boshqacha aytganda suyuqliklar yordamida qarshilikni kamaytirish) ustida ko'p olimlar ishlagan. Bu ishlarning asoschisi mashhur rus olimi N.P. Petrovdir. U o'z ishlarida moylash masalalarini hal etishda Nyuton gipotezasini qo'llash mumkin ekanligiga katta ahamiyat bergan

edi. Petrov bu ishlarda sharchalarning podshipniklar o'rtasidagi harakatini bir o'qli silindrlar orasidagi laminar harakat masalasi sifatida ko'rish mumkin ekanligini ko'rsatdi.

N.P. Petrov o'tkazgan juda ko'p tajribalar uning nazariyasini tasdiqlabgina qolmay, o'sha davrida mineral moylar harakatiga doir ko'pgina masalalarning hal etilishiga yordam beradi.

N.P. Petrov o'z nazariyasini yaratishda va tajribalarida podshipnik halqalari tez aylangani sari suyuqlik ularga oz-ozdan ta'sir qilib borishini ko'rsatdi. Bu ta'sir natijasida podshipnik ichki va tashqi halqalarning o'qi podshipnik o'qidan og'adi, lekin bu og'ish juda ham kam. Bu aytilganlarga asosan u moylovchi qavat uchun harakat tenglamasining soddalashtirilgan ko'rinishini keltirib chiqardi. Podshipnik halqalarining sezilarsiz darajada ekstsentrik joylashuvi qo'shimcha kuchlarni vujudga keltiradi va u valdagi zo'riqishlarni muvozanatlaydi. N.P. Petrov bu masalani ikki egri sirt orasidagi suyuqlik harakati sifatida ko'radi. Bu nazariyani davom ettirib N.E. Jukovskiy va S.A. Shapliginlar ship va podshipnikning ekstsentrik joylashgan holati nazariyasini yaratdilar.

Yuqorida keltirilgan ikki tekis sirtlar orasidagi tirqishda suyuqliklar harakatini N.P. Petrov yechgan masalaning juda soddalashtirilgan ko'rinishi deb qarash mumkin, lekin bu soddalashtirish shunchalik kuchliki, olingan natijalar podshnipnikdagi moyning harakatini ifodalab bera olmaydi.

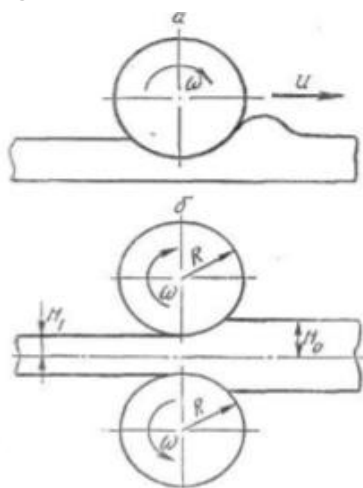
N.P. Petrov nazariyasi boshqa bir qancha masalarni yechishga yordam beradi. Bularga qovushoq suyuqlikning yupqa qavati bilan qoplangan sirt ustida silindirning dumalashi (5.6-rasm) masalasi kiradi. Bu masalaning yechilish usuli qizdirilgan metallni prokatlash ishlarida ham qo'llaniladi. Bu holda tajribalar shuni ko'rsatadiki, qizdirib prokatlanayotgan metall juda qovushoq suyuqlikka o'xshash xossaga ega bo'ladi. Bu hodisani birinchi bo'lib I.V. Meshsherskiy tekshiradi. Uning yechimlari S.M. Targning monografiyasida keltirilgan.

Avvalgi paragrafda keltirilgan tekis va silindrik sirtlar orasidagi tirqishda harakat qilayotgan suyuqlik harakati masalalari plunjerning silindr ichidagi harakatiga yana ham yaqinroq bo'lish uchun bu sirtlarning birini biror V tezlik bilan harakatlanayotgan deb qarash kerak bo'ladi. Bu masalalarning yuqorida keltirilgan yechimlarida yana bir narsa hisobga olinmagan. Pulunjer silindr ichida harakat qilgan vaqtida ishqalanish kuchining ta'sirida qizib ketishi mumkin. Natijada ikki silindr orasidagi tirqishda oqayotgan suyuqlik ham qiziydi. Bunday hodisa sharikli



podshipniklarda ham bo‘ladi. Moylovchi suyuqlik qizishi bilan uning qovushqoqlik koeffitsiyenti o‘zgaradi.

Biz qovushqoqlik koeffitsiyentining temperaturaga bog‘liqligini kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentiga bag‘ishlangan paragrafda ko‘rgan edik va temperatura ortishi bilan qovushqoqlikning kamayishi haqida to‘xtalib o‘tgan edik. Qovushqoqlikning temperaturaga bog‘liqligi haqidagi masalalar akademik L.S. Leybenzon va akademik M.A. Mixeyevlar tomonidan yechilgan bo‘lib, tirqishlarda suyuqlikning harakati qovushqoqlik koeffitsiyentining o‘zgaruvchanligiga bog‘liqligi hisobga olib ko‘rilgan.



**5.6 -rasm. N.P. Petrov nazariyasini izohlashga oid rasm.**

Qovushqoqlikning temperaturaga bog‘liqligi suyuqlik tashqi muhit bilan issiqlik almashganda ishqalanish qarshiligining o‘zgarishiga olib keladi. Agar tashqi muhit suyuqlikka qaraganda sovuqroq bo‘lsa, uning tashqi muhitga issiqlik berishi natijasida suyuqlikning quvur devoriga yaqinroq qavatlarida qovushqoqlik ortadi. Natijada bu qavatlardagi harakatning sekinlanishi tezkor bo‘ladi, bu esa tezlik gradiyentining kamayishiga olib keladi.

Tashqi muhit issiqroq bo‘lsa, aksincha, suyuqlikning quvur devoriga yaqin qavatlari tashqaridan issiqlik olib, uning qovushqoqligi kamayadi. Natijada devor yonida tezlik gradiyenti ortadi. Shunday qilib, suyuqlik tashqi muhit bilan issiqlik almashgan hollarda uning qovushqoqligi quvur kesimi bo‘yicha o‘zgaruvchan bo‘lib, tezlik taqsimoti ham o‘zgaras temperaturadagidan boshqacha bo‘ladi. Xususan, qizdirishli oqim vaqtida yadrodagi tezlik ortib, tezlik taqsimoti chizig‘i cho‘ziqroq bo‘ladi, aksincha, sovutishli oqimlar holida esa bu chiziq qisqaradi.

Laminar harakat issiqlik berish (sovutish) bilan amalga oshirilsa, temperatura o‘zgarmagan holga qaraganda qarshilik ortadi, issiqlik kelishi

(qizdirish) bilan amalga oshsa, qarshilik kamayadi. Bu yuqorida aytilganidek, quvur devori atrofida qovushqoqlik o'rtacha qovushqoqlikka qaraganda kam bo'lishi natijasida yuz beradi. Bu holda ishqalanish qarshiligi koeffitsiyenti uchun, amaliy hisoblashlarda, taqribiy formulalardan foydalaniladi:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \sqrt{\frac{v_g}{v_c}},$$

bu yerda  $\text{Re}$  – o'rtacha qovushqoqlik uchun hisoblangan Reynolds soni  $v_g$  - quvur devori yonidagi suyuqlikning qovushqoqligi,  $v_s$  – suyuqlikning o'rtacha qovushoqligi. Aniqroq hisoblashlar uchun akad. M.A. Mixeyevning kichik Reynolds sonlari bilan hisoblashga chiqargan formulasidan foydalanish mumkin.

Ikki sirt orasidagi tor tirqishda suyuqlik harakat qilayotgan vaqtda qattiq jism va suyuqlik chegarasida molekulalararo o'zaro ta'sir kuchi natijasida, qutblangan suyuqlik molekulalarning adsorbtsiyalanish hodisasi vujudga keladi. Natijada devorlar sirtida, siljituvchi kuchga qarshi ma'lum qattqlik va mustahkamlik xususiyatiga ega bo'lgan, harakatsiz suyuqlik qavati hosil bo'ladi. Bu esa tirqish harakat kesimining kichrayishiga sabab bo'ladi. Tirqishning bunday kichrayish hodisasi obliteratsiya deyiladi.

Obliteratsiya qavati cheklangan bo'lib, tirqish devoridan uzoqlashgan sari uning mustahkamligi kamayib boradi, molekulalar orasidagi bog'lanish susayib, suyuqlik zarrachalari qavat sirtidan ajraladi va harakatga keladi. Obliteratsiya intensivligi suyuqlikning turiga, tirqishdagi bosimning kamayib borishiga va boshqa sabablarga bog'liq. Bosim kamayishi ortsa, bu hodisa kuchayadi. Molekular tarkibi murakkab bo'lgan moylarda obliteratsiya hodisasi kuchliroq bo'ladi. Bunday moylarga gidrouzatmalarda ishlatiladigan neft moylari kiradi. Obliteratsiya qavati juda yupqa (odatda, bir necha mikrondan oshmaydi) bo'lishiga qaramay, juda tor (kapillyar) tirqishlarida uning ko'ndalang kesimining anchagina qismini egallab oladi. Natijada tirqishning qarshiligi ortadi va tirqishdagi suyuqlikning sarfi kamayadi.

Bu hodisa suyuqlikning ifloslanganligiga ham bog'liq bo'lib, uni ifloslovchi modda zarrachalari tirqish o'lchamlariga yaqin bo'lsa, obliteratsiya tezroq bo'ladi. Lekin suyuqlikning ifloslanganligi obliteratsiya hodisasida asosiy faktor bo'la olmaydi. Masalan, juda yaxshi tozalangan distillangan suv va benzinda obliteratsiya bo'lmaydi, ammo juda yaxshi tozalangan AMG-10 moyi 10 mikronli tirqishdan qisqa vaqt oqishi bilan tirqish butunlay bekiqib qoladi. Odatda, juda

kichik tirqishlarda (o'lchami 6-8 mk) obliteratsiya hodisasi tirqishni butunlay berkitib qo'yishi mumkin.

### **Mavzuga doir nazorat savollari**

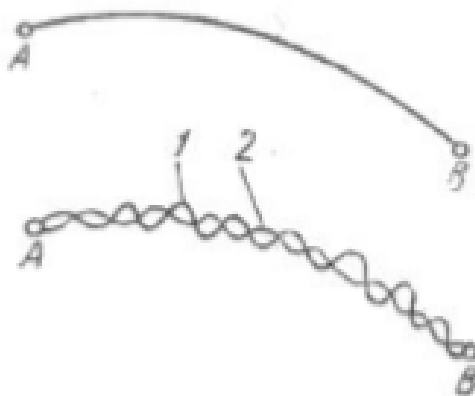
1. Tekis va halqasimon tirqishlarda suyuqlikning laminar harakati?
2. Laminar oqimning maxsus turlari?
3. Laminar harakat ta'rifini keltiring?

## **14-MAVZU: SUYUQLIKLARNING TURBULENT HARAKATI**

### **Asosiy savollar:**

1. Suyuqlik trubulent harakatining xususiyatlari.
2. Tezlik va bosim pulsatsiyalari.
3. Tenglashtirilgan tengsizliklarning kesim bo'yicha taqsimlanishi.

Suyuqliklarning turbulent harakati tabiatda va texnikada keng tarqalgan bo'lib, gidravlik hodisalar ichida eng murakkablari qatoriga kiradi. Bu harakat juda ko'p tekshirilgan bo'lishiga qaramay hozirgacha harakatning turbulent turi uchun umumlashgan nazariya yaratilgan emas. Shuning uchun ham turbulent oqimlarini hisoblashda yarimempirik nazariyalardan foydalanish bilan bir qatorda, ko'p hollarda tajriba natijalari va empirik formulalardan foydalanishga to'g'ri keladi.



### **6.1-rasm. Turbulent harakatining xususiyati**

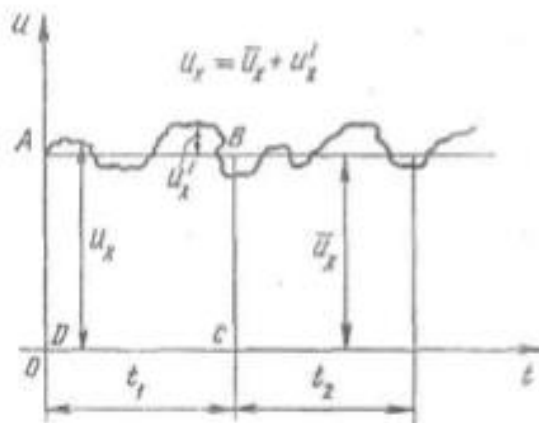
#### **1. Suyuqlik trubulent harakatining xususiyatlari**

Turbulent harakatda suyuqlikning har bir zarrachasi juda ham murakkab egri chizikli trayektoriya bo'yicha harakat qiladi va har qanday ikki zarrachaning trayektoriyalari bir-biriga o'xshamaydi. Buni ko'z oldimizga keltirish uchun biror  $A$  nuqtadan ketma-ket o'tayotgan zarrachalarning  $B$  nuqtaga (6.1-rasm) qanday trayektoriya bo'yicha yetib kelishini ko'z oldimizga keltiraylik. Laminar harakat vaqtida  $A$  nuqtadan chiqqan  $I$  zarracha biror silliq egri chiziq bo'yicha  $B$  nuqtaga kelsa,  $II$  zarracha ham,  $III$  zarracha ham va ulardan keyin keladigan barcha zarrachalar ham huddi shu egri chiziq bo'yicha harakat qiladi. Turbulent harakat vaqtida esa  $A$  nuqtadan chiqqan birinchi zarracha murakkab egri-bugri chiziq bo'yicha  $B$  nuqtaga keladi. Ikkinchi zarracha esa birinchi zarrachaning trayektoriyasidan tamomila boshqacha bo'lgan ikkinchi egri-bugri chiziq bo'yicha keladi. Shunda ham u birinchi zarracha kelgan  $B$  nuqtaning aniq o'ziga kelmay, uning atrofida biror boshqa nuqtaga kelishi mumkin. Uchinchi zarracha esa birinchi zarrachaning ham, ikkinchi zarrachaning ham trayektoriyasiga o'xshamagan uchinchi egri-bugri chiziq bo'yicha kelib, avvalgi zarrachalar kelgan nuqtaning birortasiga ham kelmay,  $B$  nuqta atrofida boshqa bir nuqtaga keladi. Bu hodisa  $A$  nuqtadan o'tayotgan barcha zarrachalarga tegishlidir. Shunday qilib, turbulent harakat qilayotgan suyuqlik zarrachalarning harakatini biror formula bilan ifodalash g'oyatda mushkul ishdur. Lekin hamma zarrachalar bir tarafga  $A$  nuqtadan  $B$  nuqta tarafiga harakat qiladi. Shunga asosan bir qarashda betartib harakat qilayotgandek ko'ringan zarrachalar harakatida qandaydir umumiylikni aniqlash mumkin. Hatto bu umumiylikni faqatgina sifat o'xshashligi ko'rinishda emas, balki miqdor o'xshashligi ko'rinishida ham ifodalash mumkin. Ana shu o'xshashliklar asosida turbulent harakatning qonuniyatlarini yuzaga keltirib chiqariladi.

## 2. Tezlik va bosim pulsatsiyalari

Turbulent harakat qilayotgan suyuqlik biror nuqtadagi tezligining koordinata o'qlaridagi proektsiyalarini tekshiramiz. Misol uchun tezlikning oqim yo'nalishidagi proyeksiyasi  $u_x$  bo'lsin. U holda  $u_x$  ning miqdori vaqt davomida ortib va kamayib boradi. Bu o'zgarishni grafik ko'rinishda ifodalasak, u 6.2-rasmda tasvirlangan grafikka o'xshaydi va tezlik  $u_x$  proyeksiyasining pulsatsiyasi deb ataladi. Tezlikning boshqa o'qlaridagi proyeksiyalari ( $u_y, u_z$ ) uchun ham xuddi shunday pulsatsiya grafiklari tuzish mumkin. Shunday qilib, tezlik pulsatsiyasi uning biror yo'nalishdagi proyeksiyasining vaqt davomida ortib va kamayib borish

hodisasidan iborat. Uni tajribada tezlikni o‘lchovchi asboblarni yordamida (masalan, Pito trubkasidagi suyuqlik sathining o‘zgarishini) kuzatish mumkin. Oqayotgan suvda suv o‘tlari novdalarining to‘xtovsiz tebranma harakat qilishi ham bizga pulsatsiya



**6.2-rasm. Tezlik pulsatsiyasiga doir chizma.**

hodisasini ko‘rsatadi. Tezlikning oniy miqdori doimo o‘zgarib turgani uchun gidrodinamikada tenglashtirilgan tezlik tushunchasi kiritiladi va u ancha uzoq vaqt ichida tezlik qabul qilgan qiymatlarning o‘rtachasi bo‘ladi.

Tenglashtirilgan tezlik tushunchasini ko‘z oldimizga keltirish uchun 1.54 - rasmdan foydalanamiz. Grafikda tezlikning o‘zgarishini to‘liq xarakterlash uchun yetarli bo‘lgan  $t_1$  vaqt intervalini olamiz va grafikda vaqt o‘qiga parallel qilib, shunday  $AB$  chiziq o‘tkazamizki, hosil bo‘lagi  $ABCD$  to‘rtburchakning yuzi  $\omega_{ABCD}$  pulsatsiya grafigining  $t_1$  oraliqdagi bo‘lagi bilan  $DC$  chizig‘i orasidagi yuzga  $\omega_{ABCD}$  ga teng bo‘lsin. U holda  $ABCD$  to‘rtburchakning balandligi tenglashtirilgan tezlikka teng bo‘ladi va  $\bar{u}_x$  bilan belgilanadi.

Yuqorida aytib o‘tilganlar turbulent harakatining beqaror harakat ekanligini ko‘rsatadi. Agar biz pulsatsiya grafigida  $t_1$  interval davomida yetarli darajada uzun  $t_2$  interval olsak va bu interval tenglashtirilgan tezlikni topsak  $t_2$  davomida avvalgidek uchinchi interval olib, yana tenglashtirilgan tezlikni topsak va bu ishni davom ettirib borsakda, barcha intervallar uchun olingan tenglashtirilgan tezliklar teng bo‘lsa, bunday harakat turbulent harakat uchun barqaror harakat bo‘ladi. Oqayotgan suyuqlikda biror elementar yuz  $d\omega$  olib, shu yuzadan vaqt ichida oqib o‘tgan suyuqlikning hajmi  $d\vartheta$  ni aniqlasak, barqaror harakat vaqtidagi tenglashtirilgan tezlik quyidagicha aniqlanadi.

$$\bar{u} = \frac{d\mathcal{Q}}{\Delta t d\omega} \quad (6.1)$$

6.2-rasmdan ko‘rinib turibdiki, tenglashtirilgan o‘rtacha tezlik oniy tezlikdan farq qilib, bu farqni hisoblaganda quyidagicha ifodalanadi.

$$u_x = \bar{u}_x + u'_x \quad (6.2)$$

Oniy va tenglashtirilgan tezliklar orasidagi farqlar manfiy yoki musbat bo‘lishi mumkin va tezlik pulsatsiyasi deb ataladi. Ko‘rinib turibdiki, tezlik pulsatsiyalarining yetarli katta t1 intervaldagi yig‘indisi yoki integrali nolga teng bo‘lar ekan.

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

Endi suyuqlikning oqimiga ko‘ndalang yo‘nalishdagi tezliklarni tekshirsak, bu tezliklar bilan oqimning bir tomoniga qancha suyuqlik harakat qilsa, ikkinchi tomoniga ham shuncha suyuqlik harakat qiladi. Natijada suyuqlikning tenglashtirilgan tezlikning yo‘nalishi doimo oqim yo‘nalishiga mos kelar ekan. Shuning uchun turbulent harakat uchun Bernuli tenglamasini yozar ekanmiz, bu tenglamadagi o‘rtacha tezlik tenglashtirilgan tezlikning o‘rtacha qiymatini bildiradi. Tezlik miqdori doimo o‘zgarib turgani sababli bosim ham o‘zgarib turadi yoki boshqacha aytganda bosim ham pulsatsiyaga ega bo‘ladi. Xuddi tezlikka o‘xshab, bosim p uchun ham tenglashtirilgan bosim tushunchasini kiritish mumkin.

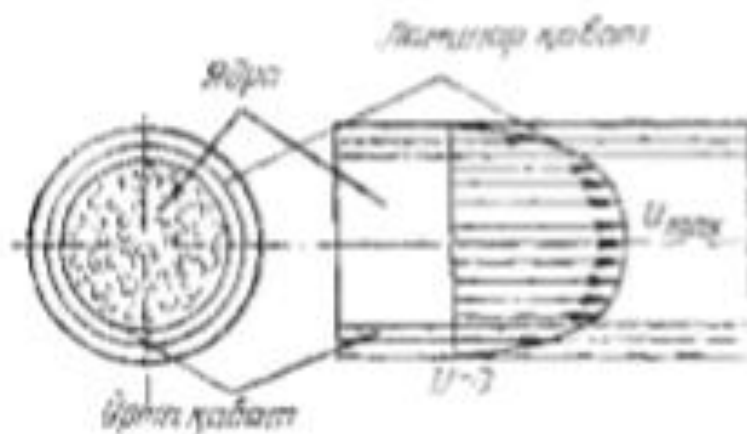
### 3. Tenglashtirilgan tengsizliklarning kesim bo‘yicha taqsimlanishi.

O. Reynolds (1895) va J. Bussenesk (1897) turbulent oqimini zarrachalarining tezliklari va bosimlari tenglashtirilgan tezliklar va bosimlar bilan almashtirilgan shartli oqim bilan almashtirishni taklif qiladilar. Bunday shartli oqim *tenglashtirilgan oqim* yoki turbulent oqimning *Reynolds modeli* deb ataladi. Tabiiyki, bunday oqimni tekshirishda tezlik pulsatsiyalarini hisobga olmaymiz. Beqaror harakat vaqtida Reynolds modeliga ko‘ra  $\bar{u}$  lar vaqt bo‘yicha o‘zgarib boradi, barqaror harakat vaqtida esa ular vaqtga bog‘liq emas. Shunday qilib, tekshirilayotgan trubulent oqim uchun Reynolds modeli bo‘yicha hisoblash ishlarida  $\bar{u}$  va  $p$  lardan foydalanamiz. Turbulent oqimiga Bernulli tenglamasini qo‘llaganimizda tezlik va bosimlar deganda tenglashtirilgan tezlik va bosimlarni tushunamiz, yozuvda esa soddalashtirish uchun chiziqlarni tushirib qoldiramiz. L.

Prandtlning va boshqa olimlarning tekshirishlari shuni ko'rsatdiki, turbulent harakat vaqtida oqimning asosiy qismi uning yadrosi, ya'ni markaziy qismini tashkil qiladi. Yadroda suyuqlik turbulent harakat qilib, uning tezliklari yadro kesimi bo'yicha deyarli bir xil bo'ladi va markazdan quvur devoriga yaqinlashgan sari bir oz kamayib boradi. Devor yonidagi suyuqlik zarrachalari esa (devorning mavjudligi oqimga ko'ndalang harakatga yo'l qo'ymagani uchun) devor bo'yicha harakat qilib, uning trayektoriyasi sezilarsiz tebranishga ega bo'ladi. Shuning uchun devor yonidagi zarrachalar laminar harakat qiladi. Ana shu laminar harakat qilayotgan zarrachalar yupqa qavat ichida bo'lib, uni laminar qavat deb ataladi. Laminar qavat bilan yadro o'rtasida yana bir yupqa qavat bo'lib, uni o'rta qavat deb ataladi. Bu qavatda suyuqlik turbulent harakat qiladi.

Juda katta aniqlik va e'tibor bilan o'tkazilgan tajribalar laminar qavatning qalinligini aniqlashga imkon beradi. Uning qalinligi millimetrlarning bo'laklariga teng bo'lib, Reynolds soniga bog'liq va uning ortishi bilan laminar qavatning qalinligi kamayadi. Shunday qilib, turbulent harakatdagi tenglashtirilgan tezlikning taqsimlanishi (6.3-rasm), laminar harakatdagi tezlikning taqsimlanishidan tamomila farq qiladi va u yadroda deyarli o'zgarmagan holda quvur devori yaqinida juda tez kamayadi va devor ustida nolga teng bo'lib qoladi, ya'ni tenglashtirilgan tezlik asosan laminar va o'rtacha qavatlarda o'zgaradi. Buni ko'z oldimizga keltirish uchun 6.3-rasm silindrik quvurda turbulent oqim uchun (tutash chiziq) va laminar oqim uchun (punktir chiziq) tezlik chizig'i keltirilgan.

Hozirgi zamon gidravlikasida tezlikning kesim bo'yicha taqsimlanish qonuni nazariya va tajribalar natijasida quyidagicha ifodalanadi:



**6.3-rasm. Turbulent harakatda laminar qavat va yadro.**

$$n = u_{\max} - \frac{u_*}{\chi} \ln \frac{R}{R-r} \quad (6.3)$$

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$$

bu yerda  $\tau_0$  -quvur devoridagi urinma zo'riqish;  $\chi$ - tajribadan aniqlangan koeffitsiyent bo'lib, u 0,4 ga teng;  $R$  - quvurning radiusi;  $r$  - quvurning o'qidan boshlab hisoblangan masofa. (6.3) tenglamadagi  $u^*$  ning o'lchov birligi tezlik o'lchov birligi bilan bir xil bo'lib, u odatda dinamik tezlik deyiladi.

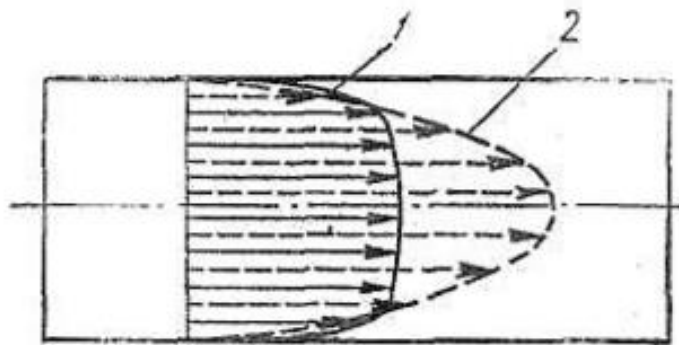
Silliq quvurlar uchun tezlik formulasi ushbu ko'rinishda yoziladi.

$$u = u_* (5,751g \frac{ru_*}{\nu} + 5,5). \quad (6.4)$$

G'adir-budir quvurlar uchun esa

$$u = u_* (5,851g \frac{r}{\Delta} + 8,5). \quad (6.5)$$

Bu formulada  $\Delta$  quvur devorining g'adir-budirlikni xarakterlovchi miqdor bo'lib, u "absolyut g'adir-budirlik" deyiladi.



#### 6.4-rasm. Turbulent va laminar harakatda tezlik epyuralari.

Amalda tezlik taqsimlanishini darajali qonunlar bilan ifodalovchi formulalari qulaydir.

Karman nazariy tekshirishlar natijasida silliq quvurlar uchun bu qonunni quyidagi ko'rinishda yozishni taklif qilgan.

$$u = u_{\max} \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{m}} \quad (6.6)$$



bu yerda  $m$  – tajribada aniqlanadigan koeffitsiyent bo‘lib, u  $Re$  soniga bog‘liqdir. Xuddi laminar oqimdagi kabi turbulent oqimida ham tezlikning yuqoridagi tenglamalar bilan ifodalangan qonun bo‘yicha taqsimlanishi quvurning boshlang‘ich kesimidan ma'lum masofada vujudga keladi. Bu masofa turbulent harakatining boshlang‘ich bo‘lagi deb ataladi va ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$L_{tur,n} = 0,639Re^{0,25} D \quad (6.7)$$

Turbulet oqimida o‘rtacha tezlikning maksimal tezlikka nisbati 0,75 ga teng, ya'ni

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

Laminar oqimda esa bu nisbat 0,5 ga teng edi. Reynolds soni ortib borgan sari turbulent qorishuv tezlashib boradi va o‘rtacha tezlik bilan maksimal tezlikning nisbati 1 ga intiladi.

### **Mavzuga doir nazorat savollari**

1. Suyuqlik trubulent harakatining xususiyatlari?
2. Tezlik va bosim pulsatsiyalari?
3. Tenglashtirilgan tengsizliklarning kesim bo‘yicha taqsimlanishi?

## **15-MAVZU: GIDRAVLIK QARSHILIKLAR**

### **Asosiy savollar:**

1. Mahalliy qarshilikning asosiy turlari. Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti.
2. Reynolds sonining katta qiymatlari uchun mahalliy qarshilik koeffitsiyenti.
3. Quvurning keskin kengayishi (Bord teoremasi).

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

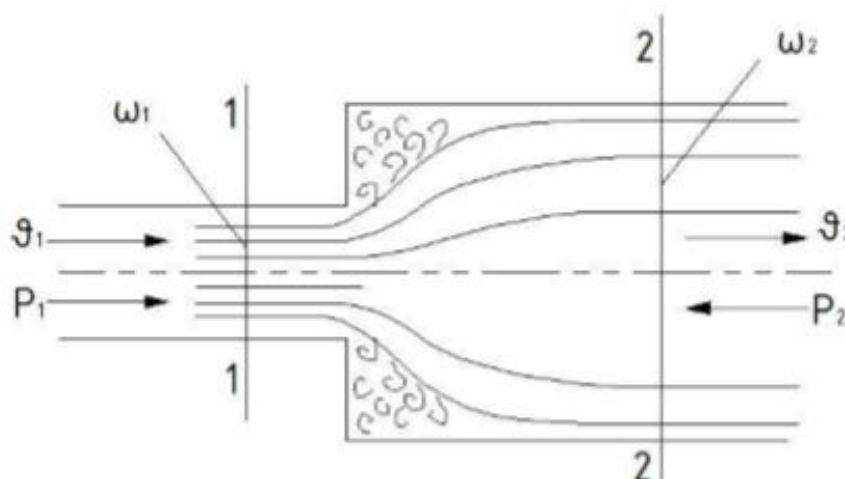
### **1. Mahalliy qarshilikning asosiy turlari. Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti**

Mahalliy qarshilikning juda ko‘p turlari mavjud bo‘lib, bularning har biri uchun bosimning pasayishi turlichadir. Amaliy hisoblashlarda mahalliy qarshiliklarda bosimning pasayishini solishtirma kinetik energiyaga proporsional qilib olinadi:

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

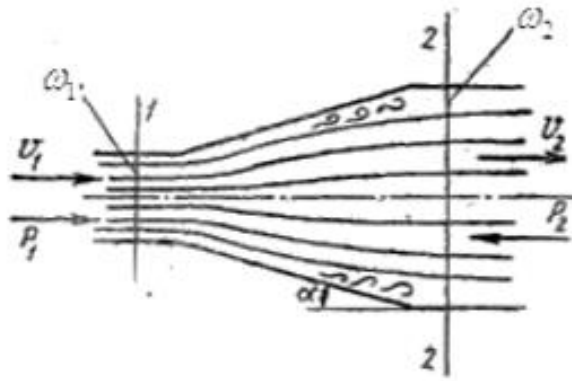
Proportsionallik koeffitsiyenti  $\zeta$  mahalliy qarshilik koeffitsiyenti deb ataladi va asosan tajriba yo‘li bilan aniqlanadi. Mahalliy qarshiliklarning asosiy turlari haqida to‘xtalib o‘tamiz.

1) **Keskin kengayish** (7.1-rasm). Mahalliy qarshilikning bu turida  $\zeta$  koeffitsiyent kesimlarning o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lib, kesimlar -  $\frac{\omega_1}{\omega_2}$  qancha kichik bo‘lsa, u shuncha katta bo‘ladi. Bu holda, mahalliy qarshilik koeffitsiyentini nazariy hisoblasak ham bo‘ladi (bu to‘g‘rida keyinroq to‘xtalamiz). Keskin kengayishda 2-2 kesimda 1-1 kesimga nisbatan bosim ortib ( $p_2 > p_1$ ), tezlik kamayadi ( $V_2 < V_1$ ).



**7.1-rasm. Keskin kengayish.**

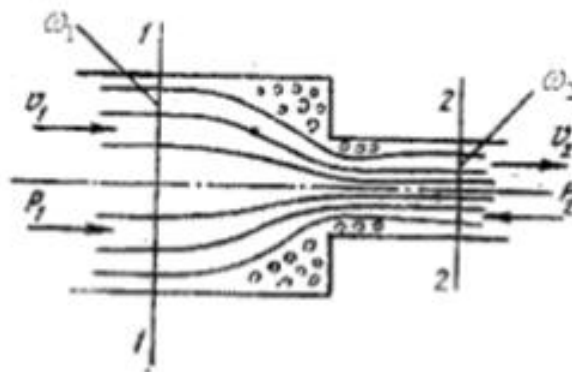
2) **Tekis kengayish** (7.2-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti kesimning o‘zgarishiga va konuslik burchagi  $\alpha$  ga bog‘liq bo‘lib, kesimlar nisbati  $\frac{\omega_1}{\omega_2}$  ning kamayishi va  $\alpha$  ning ortishiga qarab ortadi.



7.2-rasm. Tekis kengayish.

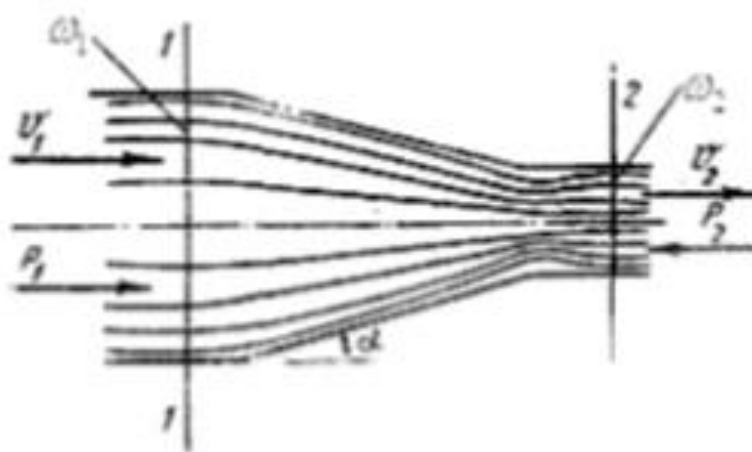
Avval ko‘rilgandagi kabi 2-2 kesimda 1-1 kesimdagiga nisbatan bosim ortadi ( $p_2 > p_1$ ) va tezlik kamayadi ( $v_2 < v_1$ ).

3) **Keskin torayish** (7.3-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti  $\zeta$  kesimlar o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lib, ularning nisbati ortishi bilan ortadi. Bu holda energiyaning sarf bo‘lishi keskin kengayishiga nisbatan kam bo‘ladi.



7.3-rasm. Keskin torayish.

4) **Tekis torayish** (7.4-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti kesimlar nisbati  $\frac{\omega_1}{\omega_2}$  ning va konuslik burchagining ortishi bilan ortadi. Keskin torayishda ham, tekis torayishda ham 2-2 kesimda 1-1 kesimga nisbatan bosim kamayib ( $p_2 < p_1$ ), tezlik ortadi ( $V_2 > V_1$ ).

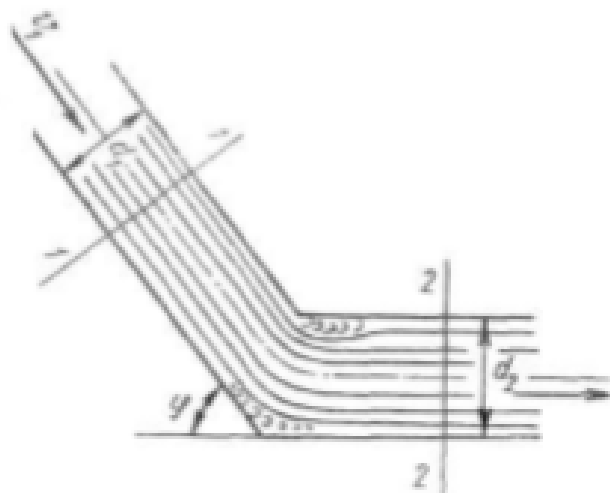


7.4-rasm. Tekis torayish.

154

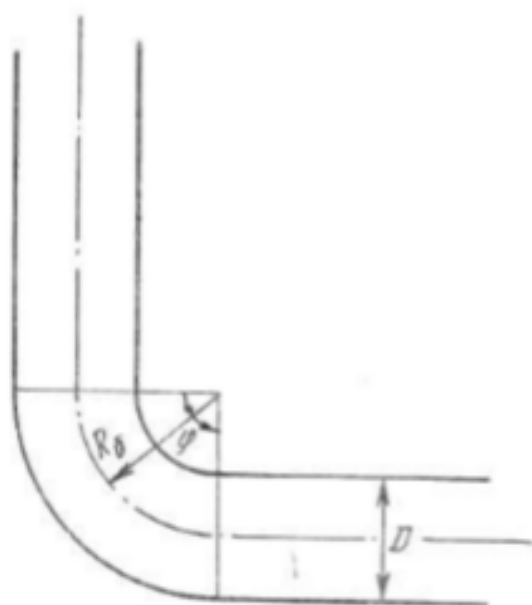
5) **Tirsak** (7.5-rasm). Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ikki quvurning tutashish burchagiga bog‘liq bo‘lib, bu burchakning ortishi bilan ortadi.

$\zeta$  ning  $\varphi$  ga bog‘liqligi asosan tajribada tekshirilgan bo‘lib, ba’zi sodda hollari oqimchalar nazariyasida ko‘rilgan.



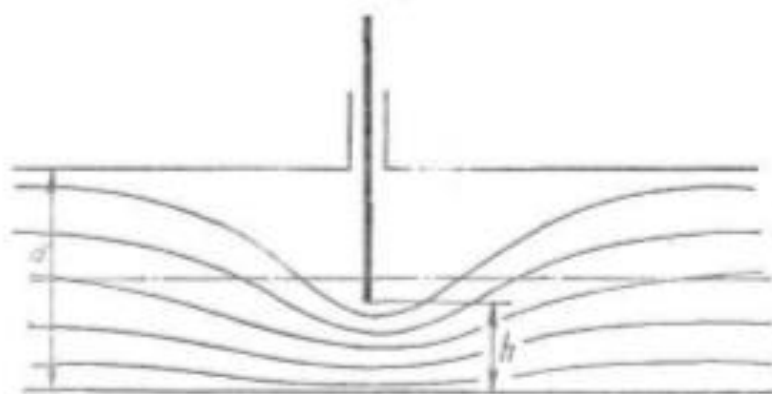
7.5-rasm. Tirsak.

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



**7.6-rasm. Buriqish.**

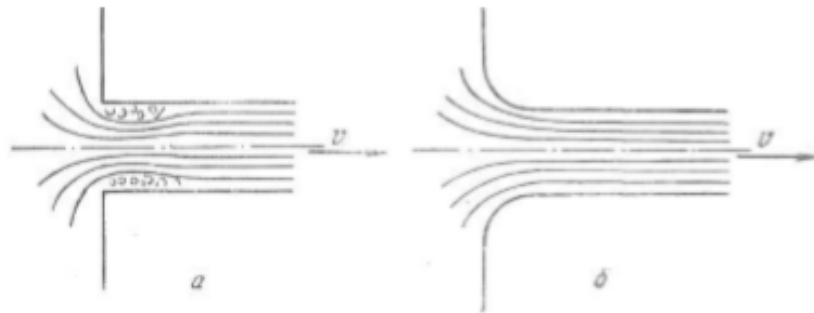
7) **Quvurga kirish** (7.7-rasm). Agar quvur biror suyuqlik bilan to'la idishga tutashtirilgan bo'lsa, u holda kirishdagi o'tkir burchaklarini (7.7-rasm, a) aylanib o'tish uchun suyuqlik energiyasi sarf bo'ladi. Bu holda mahalliy qarshilik koeffitsiyentining qiymati:  $\zeta = 0,5$ . Kirishdagi o'tkir burchaklar silliqanib, quvurga suyuqlik kirishiga kam qarshilik ko'rsatadigan shakl berilgan bo'lsa,  $\zeta$  ning miqdori kirishning silliqlik darajasiga qarab  $\zeta = 0,4 \div 0,10$  oralig'ida bo'ladi (ko'p hollarda o'rtacha  $\zeta = 0,08$  qabul qilinadi).



**7.7-rasm. Quvurga kirish.**

8) **Diafragma.** Quvurga o'rnatiladigan va suyuqlik sarfini o'lchash uchun ishlatiladigan o'rtasi teshik disk diafragma aytiladi (7.8-rasm). Bu holda mahalliy

qarshilik koeffitsiyenti quvurning kesimi  $S_1$  va diafragma teshigi kesimi  $\omega_0$  ning nisbati  $\frac{\omega_1}{\omega_2}$  ga bog‘liq bo‘ladi va bu nisbatning ortishi bilan kamayib boradi (7.1-jadval).



7.8-rasm. Berkitgich.

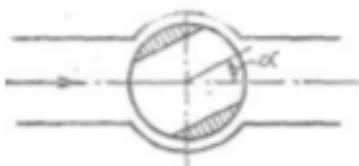
7.1-jadval. Diafragma uchun qarshilik koeffitsiyentiining o‘zgarishi

$\frac{\omega_0}{\omega_1}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Z	226	47,8	17,5	7,80	3,75	1,80	0,80	0,29	0,06	0,00

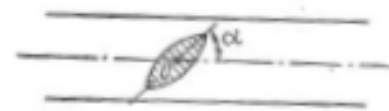
9) **Berkitgich (zadvijka)**. Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti eshikchanning (7.8-rasm) ochilish darajasiga bog‘liq bo‘lib, uning ochilishi kattalashishi bilan kamayib boradi. Uning o‘rtacha ochilishiga  $\zeta = 2,0$  to‘g‘ri keladi.

10) **Drossel klapan** (7.9-rasm) va tiqin-jo‘mrak (7.10-rasm). Bu hollarda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti drossel klapaning va tiqin jo‘mrakning ochilish burchagiga bog‘liq bo‘lib,  $\alpha = 200$  dan  $50^0$  gacha bo‘lganda  $\zeta$  ning qiymatlari:

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



7.9-rasm. Drossel klapan.



7.10-rasm. Tiqin jo‘mrak.

Tiqin-jo‘mrak uchun  $\zeta = 2 \div 33$  atrofida bo‘ladi. Bulardan tashqari, ventillar, jo‘mraklar va boshqalarda ham mahalliy qarshilikning kamayishini kuzatish mumkin.

## 2.Reynolds sonining katta qiymatlari uchun mahalliy qarshilik koeffitsiyenti

Biz mahalliy qarshiliklarni vujudga keltiruvchi to'siqlarning turlari to'g'risda to'xtalib o'tdik. Bu to'siqlarda oqimning turbulent tartibga xos bo'lgan hollaridagi qarshilik koeffitsiyentining o'zgarishini ko'rgan edik. Turbulent harakat vaqtida  $\zeta$  koeffitsiyenti qarshilik ko'rsatuvchi to'siq shakliga, kattaligiga, to'siqlarning ochilish darajasiga bog'liq bo'lishidan tashqari, suyuqlik harakatining tartibiga, ya'ni Reynolds soniga ham bog'liq bo'ladi. Tajribalar ko'rsatishicha, Reynolds sonining katta qiymatlarida harakat tartibi turbulent bo'lsa, mahalliy qarshilik koeffitsiyenti  $\zeta$  ning  $Re$  soniga bog'liqligi juda ham sezilarsiz darajada bo'lib, bu bog'liqlikni to'siqlar shakli, turi va ochilish darajasining ta'siriga nisbatan hisobga olmaslik mumkin. Quyida biz turbulent oqim uchun mahalliy qarshilikning asosiy turlarida  $\zeta$  koeffitsiyentni hisoblash ustida to'xtalib o'tamiz.

### 3. Quvurning keskin kengayishi (Bord teoremasi)

Quvurning keskin kengayishi va bunda oqimning taxminiy sxemasi 7.1-rasmda keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, oqim quvurning tor kesimidan keng kesimga o'tganda burchaklarda suyuqlik quvur sirtida ajraladi. Natijada oqim keskin kengayadi va oqim sirti bilan quvur devori orasidagi halqasimon oraliqda aylanma (uyurmali) harakat vujudga keladi. Kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, asosiy oqim hamda aylanayotgan suyuqlik o'rtasida zarrachalar u tomondan bu tomonga o'tib turadi. Quvurning keskin kengayishida mahalliy qarshilik koeffitsiyenti  $\zeta$  ni nazariy usul bilan hisoblash mumkin. Buning uchun quvurning tor qismida 1-1 kesim olamiz. Quvurning kengaygan qismida esa keskin kengayishdan keyin oqim kengayib bo'lib, barqarorlashgan qismida 2-2 kesim olamiz. 1-1 kesimda tezlik  $v_1$ , bosim  $p_1$  2-2 kesimda esa tezlik  $v_2$  va bosim  $p_2$  bo'lsin. Bu kesimlarga pezometr o'rnatib,  $p_2 > p_1$  bo'lgani uchun 1-1 kesimdagi pezometrda suyuqlik sathi 2-2 kesimdagi pezometrda suyuqlik sathidan  $h$  qadar past bo'ladi. Agar kesimning kengayishi hisobiga gidravlik yo'qotish bo'lmaganda edi, bu farq  $\Delta h$  miqdorda ko'proq bo'lardi. Ana shu ikkinchi pezometrda suv sathining  $\Delta h$  qadar pasayib qolishi mahalliy gidravlik yo'qotishdan iboratdir.

1-1-kesimning sirti  $\omega_1$  2-2 kesimning sirti esa  $S_2$  bo'lsin. U holda bu kesimlar yuzasi bo'yicha tezlik bir xil (ya'ni  $\alpha_1 \approx \chi_2 \approx 1$ ) deb hisoblasak, Bernulli tenglamasi shunday yoziladi

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g} + h_{keng} \quad (7.2)$$

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

$$(p_1 - p_2)\omega_2$$

1-1 kesimdagi harakat miqdori  $\rho Q g_1$  va 2-2 kesimdagi harakat miqdori  $\rho Q g_2$  bo'lgani uchun ular orasidagi harakat miqdorining o'zgarishi quyidagiga teng bo'ladi.

$$\rho Q(g_2 - g_1).$$

Bu ikki miqdorni tenglashtirib, ushbu tenglamani olamiz:

$$(p_1 - p_2)\omega_2 = \rho Q(g_2 - g_1).$$

Tenglamaning ikki tomonini  $\omega_2 \square$  ga bo'lsak u holda  $Q = \omega_2 \vartheta_2$  ni hisobga olib, ushbu tenglamani olamiz:

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{\rho Q}{\gamma \omega_2} (g_2 - g_1) = \frac{g_2}{g} (g_2 - g_1). \quad (7.3)$$

Oxirgi tenglamaning  $2(g_2 - g_1)$  hadi ustida quyidagi amallarni bajaramiz

$$g_2(g_2 - g_1) = g_2^2 - g_2 g_1 = \frac{g_2^2}{2} + \frac{g_2^2}{2} - \frac{2g_1 g_2}{2} + \frac{g_1^2}{2} - \frac{g_1^2}{2}$$

U holda (7.3) tenglama ushbu ko'rinishga keladi

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = \frac{g_2^2}{2g} - \frac{g_1^2}{2g} - \frac{2g_1 g_2}{2g} + \frac{g_2^2}{2g} + \frac{g_1^2}{2g} = \frac{g_2^2}{2g} - \frac{g_1^2}{2g} + \frac{(g_1 - g_2)}{2g}.$$

Oxirgi tenglama hadlarini bir xil indekslar bo'yicha guruhlasak,

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g} + \frac{(g_1 - g_2)^2}{2g}.$$



Bu tenglamani (7.2) bilan solishtirib, quyidagi kelib chiqadi

$$H_M = h_{keng} = \frac{(\mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_2)^2}{2g} \quad (7.4)$$

Olingan (7.4) formula Bord formulasi deyiladi.

Bu formulaga asosan bosimning keskin kengayishdagi pasayishi tezlik kamayishi kvadratining ikkilangan erkin tushish tezlanishiga nisbatiga teng (Bord teoremasi).

Endi, (7.4) formulaga uzilmaslik tenglamasi

$$\mathcal{G}_1 \omega_1 = \mathcal{G}_2 \omega_2 \text{ yoki } \mathcal{G}_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} \mathcal{G}_2$$

ni qo'llasak, quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$H_M = \left( \mathcal{G}_1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \mathcal{G}_2 \right)^2 \frac{1}{2g} = \left( 1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 \frac{\mathcal{G}_2^2}{2g}$$

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

$$\zeta = \left( 1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2. \quad (7.5)$$

Bu olingan munosabat (tajribalarda tasdiqlanishicha) turbulent oqimlar uchun olingan tajriba natijalariga juda yaqin keladi. Shuning uchun u ko'rilgan hollarda hisoblash ishlarida keng qo'llaniladi. Quvurning kengaygan kesimi avvalgi kesimdan juda keng bo'lsa ( $\omega_2 \gg \omega_1$ ), u holda  $\zeta \approx 1$  bo'ladi

$$H_M = \frac{\mathcal{G}_2^2}{2g}$$

Bu xususiy holda oqimning butun kinetik energiyasi mahalliy qarshilikning yengish uchun sarf bo'ladi.

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

### Mavzuga doir nazorat savollari

1. Mahalliy qarshilikning asosiy turlari. Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti?
2. Reynolds sonining katta qiymatlari uchun mahalliy qarshilik koeffitsiyenti?
3. Quvurning keskin kengayishi (Bord teoremasi)?

## 16-MAVZU: MAHALLIY GIDRAVLIK QARSHILIKLARDA KAVITATSIYA HODISASI

### Asosiy savollar:

1. Mahalliy gidravlik qarshiliklarda kavitatsiya hodisasi.
2. Kavitatsiyadan amalda foydalanish.
3. Mahalliy qarshiliklarning o'zaro ta'siri.

Suyuqliklarda gazlarning erishi haqida so'z yuritilgan biz kavitatsiya hodisasi ustida to'xtalib o'tdik va kavitatsiya hodisasi suyuqliklarda agregat holatining o'zgarishi bilan bog'liq ekanligi ko'rsatiladi. Unda kavitatsiya hodisasi bosimning kamayishi yoki temperaturaning ortishiga bog'liq ekanligi aytilgan edi. Mahalliy qarshiliklarda temperatura o'zgarmay, oqim kesimining o'zgarishi natijasida suyuqlikda erigan gazlarning miqdori o'zgaradi. Suyuqliklarning zichligi (yoki solishtirma hajmi) deyarli o'zgarmagani uchun unda erigan gazlarga Boyle-Mariot qonunini qo'llash mumkin bo'ladi.

$$pV = RT$$

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

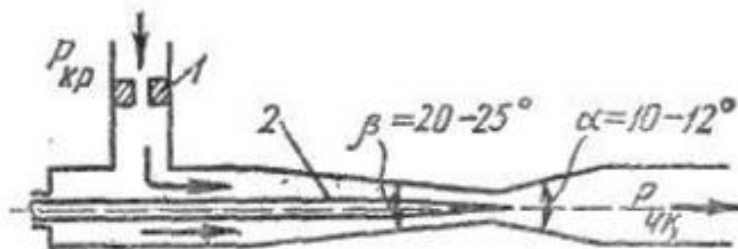
Suyuqlik oqimlarida temperatura o'zgarmagani va ko'ndalang kesim kichrayganda bosim ortib, kesim kattalashganda bosim kamaygani uchun mahalliy torayish mavjud joylarda tezlik ortib, bosim kamayadi (masalan, keskin torayish, konfuzor, jo'mraklar, teshikchalar, diafragmalar va h. k.). Agar bu yerda absolyut bosim suyuqlikning to'yingan bug'larining shu temperaturadagi portsiyal bosimga teng bo'lsa, u holda bug'lanish va erigan gazlarning ajralish hodisasi yoki mahalliy qaynash hodisasi ro'y beradi. Torayishdan keyin kengayish boshlanishi bilan bosim ortib, qaynash to'xtaydi va ajralgan bug'lar kondensatsiyalanib, gazlar eriydi, ya'ni kavitatsiya hodisasi yuz beradi. Kavitatsiya hodisasi yuqori chastotali mahalliy kichik gidravlik zarbalarning kelib chiqishiga sabab bo'ladi. Bu hodisa gidrosistemalarda odatdagi tartibning buzilishiga, ayrim hollarda esa, uning qismlarining ishdan chiqishiga sabab bo'ladi, quvurlarda qarshilikning ortishiga olib keladi.

Shuning uchun mahalliy qarshiliklarda kavitatsiyaning kelib chiqishiga qarshi kurash olib boriladi. Bunday usullardan biri mahalliy qarshilikning bosim kamayuvchi qismida klapanlar yordamida bosimni ko'tarishdan iborat. Lekin bu

usul bosimning pasayish darajasi yuqori bo'lganda ko'p foyda bermaydi, ammo kavitatsiyaning zararli ta'sirini kamaytirishga yordam beradi.

## 2. Kavitatsiyadan amalda foydalanish

Kavitatsiya hodisasidan amalda foydalanish ham mumkin. Xususan bu hodisani sarfini stabillash maqsadida Venturi soplolaridan foydalanishda ko'rish mumkin (7.13-rasm). Kirishdagi bosim  $p_{kr}$  o'zgarmagan holda, chiqishdagi bosim  $p_{chq}$  kamayishi



**7.13-rasm. Kavitatsiya hodisasidan sarfini barqarorlashda foydalanish uchun qurilma.**

bilan oqimning tezligi va sarfi ortadi. Lekin tezlik ortishi bilan soploning toraygan qismida bosim kamayadi. Bu bosim kavitatsiyaning boshlanishiga olib keluvchi bosim miqdoriga tenglashsa yoki undan kamaysa, bug' va erigan gazlarning ajralib chiqishi natijasida suyuqlik qaynay boshlaydi. Bosimning bundan keyingi kamayishi kavitatsiya hodisasi tezkorligining ortishiga va natijada qarshilikning ortishiga, suyuqlik qaynashi boshlanishidan keyin, chiqishdagi bosimning kamayib borishiga qaramay, suyuqlik sarfining o'zgarmasdan qolishiga sabab bo'ladi.  $p_{chq}$  ning kamayishi faqatgina diffuzorda kavitatsiya zonasining kengayib borishiga olib keladi.

Bu voqea gidrosistemalarning chiqish qismida bosim miqdorining o'zgarib turishi hollarida suyuqlik sarfini stabillash uchun kerak bo'ladi. Ko'rilayotgan qurilmada (7.13-rasm) sarfini o'lchash bo'lib, u sarf o'zgarishining katta

diapazonlarida  $\frac{Q_{max}}{Q_{min}} \geq 10$  uni boshqarishga yordam beradi. Bu holda kavitatsiya natijasida gidrosistema qismlarining buzilishi holi bo'lmaydi.

### 3. Mahalliy qarshiliklarning o‘zaro ta’siri

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

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

mahalliy qarshiliklar quyidagicha bo‘ladi:

$$H_{M1} = \zeta_1 \frac{z}{D} \frac{g_1^2}{2g},$$

$$H_{M2} = \zeta_2 \frac{z}{D} \frac{g_2^2}{2g},$$

$$H_{M3} = \zeta_3 \frac{z}{D} \frac{g_3^2}{2g},$$

.....

$$H_{Mn} = \zeta_n \frac{z}{D} \frac{g_n^2}{2g},$$

Bularni qo‘shib, umumiy qarshilikni topamiz:

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

Oxirgi munosabatda qavs ichidagi qiymat quvurdagi ishqalanish kuchi, qarshilik va mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari yig‘indisidan iborat bo‘lib, sistemaning qarshilik koeffitsiyenti deyiladi:

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

Bu holda sistema uchun

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

Qarshiliklarni bunday qo'shish uchun mahalliy qarshiliklar bir-biridan ma'lum masofada bo'lishi kerak, ya'ni har bir mahalliy qarshilik avvalgisidan shunday masofada bo'lishi keraki, unga kelayotgan oqim avvalgi mahalliy qarshilikdan o'tishdagi hosil bo'lgan turli o'zgarishlar ta'siridan holi bo'lgan (turg'unlashgan) bo'lishi kerak. Masalan, turbulent tartibda oqayotgan suyuqlik, laminar oqimli quvurga kiringandan keyin shunday masofani o'tishi kerakki, bunda tezlikning laminar oqimga tegishli taqsimlanishi vujudga kelishi kerak. Shuningdek, biror mahalliy qarshilikdan o'tayotganda buzilgan laminar oqimning yana turg'unlashuvi biror masofadan o'tganidan so'ng sodir bo'ladi.

Masalan, quvurlarning burilishlaridagi tartibning buzilishi quvur diametridan 50 marta katta masofada ham saqlanadi.

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

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

bu yerda  $D$  - quvurning ichki diametri

Quvurning kirish qismi juda yaxshi silliqlanganda laminar oqimning turg'unlashuv qismi  $0,29 ReD$  gacha kamayadi.

Amalda mahalliy qarshiliklarni bir-biridan to'g'ri chiziqli bo'lak bilan ajratib, ular orasidagi masofani  $l \leq (10 \div 20)D$  ga tenglashtirishga harakat qilinadi. Odatda, gidrosistemalarda mahalliy qarshiliklar bizning ixtiyorimizga bog'liq bo'lmagan holda turli masofalarga o'rnatilgani uchun ularning o'zaro ta'sirini hisobga olib bo'lmaydi va mahalliy qarshiliklardagi energiya sarfi taxminiy hisoblanadi. Boshqacha aytganda, mahalliy qarshiliklarning o'zaro ta'siri kichik miqdor sifatida nazarga olinmaydi. Umumiy qarshilik oldida bu kuchlar juda kichik bo'lgani uchun hisoblash natijalariga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

### Nazorat savollari

1. Mahalliy gidravlik qarshiliklarda kavitatsiya hodisasi?
2. Kavitatsiyadan amalda foydalanish?
3. Mahalliy qarshiliklarning o'zaro ta'siri?

## 17-MAVZU: SUYUQLIKLARNING TESHİK VA NAYCHALARDAN OQISHI

### Asosiy savollar:

1. Suyuqlikning yupqa devordagi teshikdan o'zgarmas bosimda oqishi.
2. Siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari.
3. Suyuqlikning silindrik naychadan oqishi

Texnikada juda ko'p hollarda suyuqliklarning tor va kalta naychalardan hamda teshiklardan oqish hollarini uchratish mumkin. Bu holning o'ziga hos hususiyati shundan iboratki, biror katta idishdagi suyuqliklarning potentsial energiyasi teshikdan chiqishda oqimchanning kinetik energiyasiga aylanadi. Albatta bu holda energiyaning bir qismi qarshiliklarni yengishga sarf bo'ladi. Bunday voqeani gidrouzatmalarda moylarning gidrosilindrlardan bosim ostida oqib chiqishi, yoqilg'ining yonish kamerasiga oqib o'tish va hokazolarda uchratish mumkin. Odatda bu masalalarni yechishda oqim fizikasiga bog'liq shartlar kiritiladi.

### 1. Suyuqlikning yupqa devordagi teshikdan o'zgarmas bosimda oqishi

Biror katta idishda suyuqlik  $p_1$  bosim ostida saqlanayotgan bo'lib, u ozod sirtidan  $H_a$  masofadagi kichik teshikdan oqayotgan bo'lsin (8.1-rasm, a). Diametri idish o'lchamlariga qaraganda juda kichik bo'lgan teshik kichik teshik deb ataladi. Yupqa devor deb oqayotgan suyuqlik teshikning faqat ichki qirrasiga tegib, uning yon sirtiga tegmagan holga aytiladi. Bunday hol devor qalinligi teshik diametridan bir necha barobar kichik bo'lsa yoki teshik kesimining ichki qirrasidan tashqariga kengayib borsagina (8.1-rasm, b) o'rinli bo'ladi.

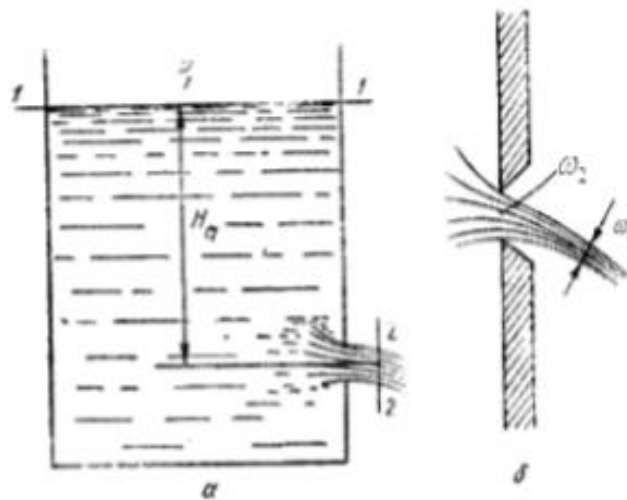
Bu holda suyuqlik zarrachalari teshik atrofidagi hajmdan tashqariga qarab harakat qiladi va teshikka yaqinlashgan sari tezlashib boradi. Shu bilan birga suyuqlikning oqayotgan zarrachalarning barchasi uchun bir xil sharoit bo'lib, ular silliq trayektoriya bo'yicha harakat qiladi va teshik qirrasida idish devoridan ajraladi. Bundan keyingi oqish davomida oqimchanning kesimi bir oz torayadi va silindrik shakl qabul qiladi. Ko'rilayotgan holda asosiy masala teshikdan iborat. Suyuqlikka to'ldirilgan idishda (8.1-rasm, a) yuzasi  $\omega_1$  bo'lgan 1-1 (erkin sirt) va  $\omega_2$  bo'lgan 2-2 oqayotgan suyuqlik oqimchasining teshik oldidagi kesimlari uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$\frac{g_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{g_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \zeta \frac{g^2}{2g} \quad (8.1)$$

Bundan teshik uchun mahalliy qarshilik koeffitsiyenti nolga teng bo'lgan holda  $z_1 - z_2 = H$  va  $\vartheta_1 \omega_1 = \vartheta_2 \omega_2$  ekanligini hisobga olsak, ushbu tenglamani olamiz:

$$\left[ 1 - \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right) \right] \frac{g_2^2}{2g} = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H,$$

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



**8.1-rasm. Suyuqlikning teshiklaridan oqib ketishiga doir chizma.**

$$g_n = g_2 \sqrt{\frac{2g \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H}{1 - \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2}} \quad g_n \quad (8.2)$$

Agar idishning kesimi  $\omega_1$  ga qaraganda teshikning kesmi  $\omega_2$  juda kichik bo'lsa, u holda

$$g_n = g_2 \sqrt{2g \left( \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + H \right)}$$

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

$$g_n = g_2 = \sqrt{2gH}. \quad (8.3)$$

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

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

$$Q_n = \mathcal{G}_n \omega_2. \quad (8.4)$$

Lekin amalda oqimcha teshikdan chiqayotganda uning kesimining torayishi sababli ko'rilayotgan masala biz ko'rgandagiga qaraganda murakkabroq. Shuning uchun biz chiqargan tezlik formulalari tezlik va sarfni nazariy tekshirish uchun qo'llanib, amalda esa ularga ma'lum tuzatishlar kiritiladi.

## 2. Siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari.

Biz yuqorida suyuqlikning teshikdan oqishini ko'rganimizda oqimchanning teshikdagi kesimini olganimiz uchun oqimchanning va teshikning kesimini bir xil deb qaradik. Aslida esa suyuqlik teshikka uning atrofidagi hajmdan har tomonlama oqib kelgani uchun uning tezligi oshib boradi. Suyuqlik oqimi teshikka yaqinlashgan sari torayib boradi va bu jarayon suyuqlik teshikdan o'tgandan keyin ham inertsiya kuchi ta'sirida ma'lum masofagacha davom etadi. So'ngra esa torayish to'xtab, oqim o'zgarmas  $\omega_c$  kesimli oqimcha ko'rinishida harakat qiladi. Oqimchanning torayishi taxminan teshik diametriga teng masofada to'xtaydi. Torayishni hisoblash uchun, odatda siqilish koeffitsiyenti  $\varepsilon$  kiritiladi

$$\varepsilon = \frac{\omega_e}{\omega_2} \quad (8.5)$$

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

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

$$\mathcal{G}_a = \frac{\sqrt{2g \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + h}}{\sqrt{1 + \zeta - \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2}}$$



Tor teshiklar uchun esa  $\frac{\omega_2}{\omega_1} \ll 1$  bo'lganda sababli  $\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2$  deb hisoblab, quyidagini olamiz:

$$\mathcal{G}_a = \sqrt{\frac{2g \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + h}{1 + \zeta}}$$

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

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

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

$$\mathcal{G}_a = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta}} \mathcal{G}_n. \quad (8.7)$$

Bundan ko'rinadiki, amaliy tezlik nazariy tezlikdan kichik ekan. Odatda, amaliy tezlikning nazariy tezlikka nisbatini tezlik koeffitsiyenti deb ataladi va  $\varphi$  bilan belgilanadi:

$$\varphi = \frac{\mathcal{G}_a}{\mathcal{G}_n} \quad (8.8)$$

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

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

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

Teshikdan oqayotgan suyuqlikning amaliy sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_a = \mathcal{G}_a \omega_e$$

(8.5) dan  $\omega_c = \varepsilon \omega_2$  bo'lgani uchun (8.8) ni hisobga olib, oxirgi tenglikdan ushbu munosabatni olamiz:

$$Q_a = \varphi \mathcal{G}_n \varepsilon \omega_2 = \varphi \varepsilon \mathcal{G}_n \omega_1$$

Bu soʻnggi formulani (8.4) bilan solishtirib, nazariy va amaliy sarflar uchun quyidagi bogʻlanishni olamiz:

$$Q_a = \varphi \varepsilon Q_n = m \mathcal{G}_n \omega_1 \quad (8.10)$$

(8.10) dagi  $\omega_c = \varepsilon \omega_2$  koʻpaytmani  $m$  bilan belgilaymiz va sarf koeffitsiyenti deb ataymiz

$$m = \varphi \varepsilon \quad (8.11)$$

Bunday xulosa qilib, sarf koeffitsiyenti amaliy sarfning nazariy sarfga nisbatiga teng ekanligini koʻramiz:

$$m = \frac{Q_a}{Q_n}$$

Yuqorida  $\varphi$  va  $\varepsilon$  uchun keltirilgan tajriba miqdorlaridan  $m \approx 0,60 \div 0,63$  ekanligi maʼlum.

$\varepsilon$ ,  $\varphi$ ,  $m$  larning keltirilgan qiymatlari Reynolds sonining katta miqdorlari uchun toʻgʻri. Aslini olganda bu koeffitsiyentlar  $Re$  ning funksiyasidir.

### 3. Suyuqlikning silindrik naychadan oqishi.

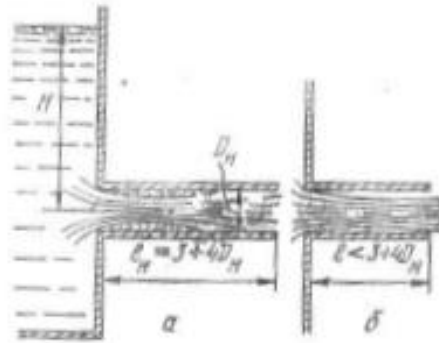
Idish devoridagi teshikka oʻrnatilgan kalta quvurlar naychalar deb ataladi. Odatda, naychalardan sarfini koʻpaytirish yoki ixcham oqimchalar olish uchun foydalaniladi. Koʻp hollarda idish devori qalin boʻlib, u parma bilan teshilganda naycha shaklida teshik paydo boʻladi.

Naychalardan oqadigan suyuqlikni hisoblashda yuqorida keltirilgan tezlik va sarf formulalardan foydalanamiz, lekin  $\varepsilon$ ,  $\varphi$ ,  $m$  koeffitsiyentlarning qiymatlari boshqacha boʻladi.

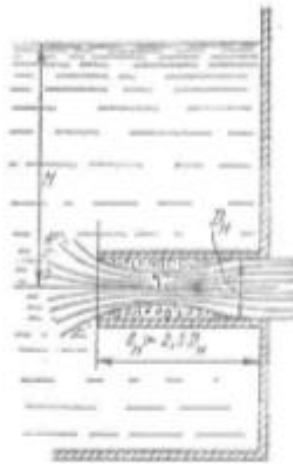
Silindrik naychalardan suyuqlik oqayotganda kirishda u devordan ajraladi va torayadi. Bu hodisa xuddi yupqa devordagi teshikdan oqish holidagi kabi boʻladi. Lekin bu torayish toʻxtab, toraygan oqimcha bilan naycha devori orasida uyurmali harakat vujudga kelganligi sababli kengayish boshlanadi va oqim naychanning butun kesimini egallab olguncha davom etadi. Natijada oqimcha naychanning koʻndalneg kesimiga teng kesimda chiqib ketadi. Bu hodisa naychanning uzunligi  $l$  uning diametridan  $3 \div 4$  marta katta boʻlganda toʻliq amalga oshadi (8.2-rasm, a).

Bu holda oqimcha diametri naycha diametriga teng boʻlgani uchun siqilish koeffitsiyenti  $\varepsilon = 1$ , binobarin,  $m = \varphi$  boʻladi.

Agar naycha  $l_n = (3 \div 4) D_n$  dan kalta bo'lsa, bu holda toraygan oqimcha naycha kesimigacha kengayib ulgurmaydi va oqim teshikdan oqayotgan suyuqlik kabi bo'ladi (8.2-rasm, b). Naycha uzunligining uning diametriga nisbati  $\frac{l_n}{D_n}$  va Reynolds soni tezlik hamda sarf koeffitsiyentlariga ta'sir ko'rsatadi. Bu ta'sirni tajribalarda ko'p tekshirilgan bo'lib,  $\varphi$ ,  $m$  va  $\zeta$  larning o'rtacha qiymatlari silindrik naychalar uchun quydagicha bo'ladi:



**8.2-rasm. Naychadan oqish.**



**8.3-rasm. Ichki silindrik naycha.**

Yupqa devordagi teshikdan oqish holi bilan solishtirish natijasi shuni ko'rsatadiki, silindrik naychalardan oqishda oqimchanning siqilishi bo'lmagani uchun sarf ortadi, lekin qarshilik katta bo'lgani uchun tezlik kamroq bo'ladi. Ba'zi hollarda ichki silindrik naychalar qo'llanilib, ular idish devoridagi teshikka ichkari tomonidan kavsharlangan juda kichik quvur ko'rinishida bo'ladi. Bunday

naychalarda oqimcha kirishdagi torayishdan keyin  $l_n > 2,5D_n$  ga teng uzunlikda to'liq kengayadi (8.3-rasm). Bu holda ham  $\varepsilon = 1$  bo'lib,  $m = \varphi = 0,70$  bo'ladi  $l_n \leq 1,5D$  da esa oqim to'liq kengayishiga ulgurmaydi, natijada sarf kamayib ketadi.

### **Mavzuga doir nazorat savollari**

1. Suyuqlikning yupqa devordagi teshikdan o'zgarmas bosimda oqishi?
2. Siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari?
3. Suyuqlikning silindrik naychadan oqishi?

## **18-MAVZU: SUYUQLIKDA TURLI XIL NAYCHALAR**

### **Asosiy savollar:**

1. Turli xil naychalar.
2. Suyuqliklarning teshikdan o'zgaruvchan naporda ( bosimda) oqishi.
3. Oqimcha texnikasi haqida tushuncha.

### **1.Turli xil naychalar.**

Silindrik naychalarning kamchiliklari shulardan iboratki, ularning uzunligi yetarli bo'lib, oqimcha to'liq kengayishga ulgursa (8.3-rasm a), u holda qarshilik ortib ketadi. Agar u kaltaroq bo'lsa, oqimcha to'liq kengaymasligi (8.3-rasm, b) natijasida sarf koeffisietini kamayib ketadi. Shuning uchun, odatda, boshqa xildagi naychalar ham qo'llaniladi. Ular konussimon kengayuvchi (8.4-rasm, a), konussimon torayuvchi (8.4rasm, b) va konoidal (8.4-rasm, v) naychalardir.

**Konussimon kengayuvchi naychalarda** (diffuzorlarda) kirishda oqimcha juda ko'p torayadi, so'ngra esa tez kengaya boshlaydi va naychani butunlay to'ldiradi. Shuning uchun siqilish koeffitsiyenti  $\varepsilon = 1$ . Konuslik burchagi  $\Theta > 8^\circ$  bo'lganda esa oqimcha to'liq kengaya olmaydi va natijada naycha devorlariga tegmay oqadi. Bu holda oqish yupqa devordagi teshikdan oqish holidan farq qilmaydi.

Kengayuvchi naychalarda tezlik, siqilish va sarf koeffitsiyentlari ( $\Theta > 8^\circ$  da) konussimon kengayish burchagiga bog'liq bo'lib, ularning qiymatlari o'rtacha  $m = \varphi = 0,45$  bo'ladi. Bunday naychalarda tezlik kamayib ketadi. Bunga sabab naychada oqimcha torayishi va so'ngra tez kengayishi natijasida qarshilik ko'payib ketishidir.

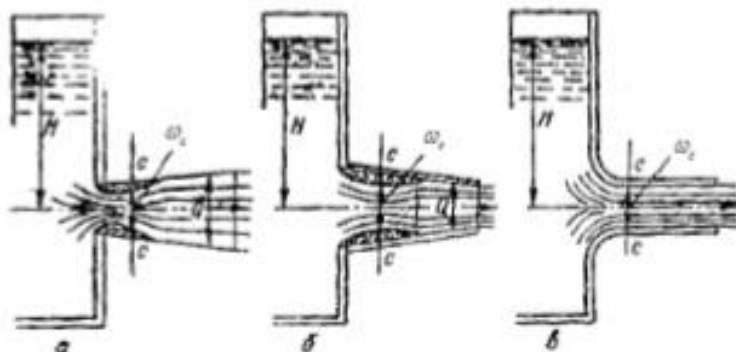
Shunga qaramay suyuqlik sarfi ancha ko'payadi. Albatta, sarf koeffitsiyentidan buning aksi ko'rinadi, lekin bu koeffitsiyent kengaygan chiqish kesimiga tegishli ekanini hisobga olsak, sarfning ko'payishi tushunarli bo'ladi. Konussimon kengayuvchi naychalarda oqimcha toraygan yerda vakuum paydo bo'ladi va u so'rish effektini vujudga keltiradi. Bu effekt silindrik naychalarda ham bo'ladi, lekin kengayuvchi naychalarda kuchli. Bunday naychalar past bosimlarda yaxshi natija beradi.

**Konussimon torayuvchi naychalarda** ham  $\varphi$ ,  $m$ ,  $\varepsilon$  koeffitsiyentlar konuslik burchagi  $\Theta$  ga bog'liq. Bunday naychalarda kirishda oqimcha torayadi (bu hodisa silindrik naychalardagiga qaraganda kamroq bo'ladi) va so'ng kengayadi. Naychadan chiqishda esa, uning kesimi torayishda davom etgani uchun, oqimcha uchun ikkinchi (tashqi) torayish yuz beradi. Bu naychalarda ichki torayish kam bo'lgani uchun unga sarf bo'lgan energiya ham kam bo'ladi. Tajribadan ma'lumki torayuvchi naychalarda tezlik koeffitsiyenti konuslik burchagi ortishi bilan ortib boradi: sarf koeffitsiyenti esa avval ortib borib,  $\Theta = 13^\circ$  da eng katta qiymatga ( $m = 0,946$ ) erishadi, so'ngra esa kamayadi. Shuni aytish keraki sarf koeffitsiyenti ortganiga qaramay torayuvchi naychalarda sarf kamayadi, shunki barcha koeffitsiyentlar chiqish qismiga nisbatan olingan. Bu naychalarda chiqish kesimi kirish kesmiga nisbatan toraygani uchun katta tezliklar olish mumkin. Konoidal naychalarning shakli yupqa devordagi teshikdan oqayotgan suyuqlik oqimi shakliga o'xshash bo'ladi. Shuning uchun ularda ichki torayish boshqa naychalarga qaraganda juda kichik bo'lib, qarshilik ham kam bo'ladi. Demak tezlik sarf va siqilish koeffitsiyentlari eng katta bo'ladi. Tajribalarning ko'rsatishicha bu holda  $m = \varphi = 0,97$ ,  $\varepsilon = 1$  bo'ladi naycha devorlari juda silliqlanganda esa  $m = \varphi = 0,995$  gacha yetadi. Konoidal naychalar eng katta tezlik va sarf beradi, lekin ularni yasash qiyin bo'lgani uchun amalda juda kam qo'laniladi.

Turli naychalarda suv uchun oqish koeffitsiyentlarining qiymatlari 8.1-jadvalda keltirilgan. Turli naychalar aktiv turbinalarning soplolarida gidravlik turbinalarning so'ruvchi quvurlarida, fontanlarning soplolarida, brandspoyt, gidromonitorlarda turli suyuqlikni so'ruvchi va sochuvchi va boshqa turli qurilmalarda ishlatiladi.

Naychalar katta idish devoriga emas, balki quvurning uchiga o'rnatilgan bo'lsa, (8.8) va (8.10) formulalarda kirishdagi tezlik  $V_1$  ni hisobga olish kerak bo'ladi. Bu holda sarf formulasi quyidagicha yoziladi:

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



**8.4-rasm. a - konussimon kengayuvchi naycha, b - konussimon torayuvchi naycha, v - konoidal naycha.**

8.1-jadval. Har xil shakldagi naychalar va dumaloq teshik uchun siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari

№	Naychalar turi va teshiklar	Rasmlar	E	$\varphi$	m	$\zeta$
1	Yupqa devordagi dumaloq teshik	77	0,64	0,97	0,62	0,06
2	Tashqi silindrik naycha	78	1	0,82	0,82	0,5
3	Ichki silindrik naycha	79	1	0,71	0,71	1,0
4	Konussimon kengayuvchi naycha $\Theta = 7^\circ$ bo'lganda	80-a	1	0,45	0,45	3÷4
5	Konussimon torayuvchi naycha $\Theta = 13^\circ 24''$ bolganda	80-b	0,982	0,963	0,946	0,09
6	Konoidal naycha	80-c	1	0,97	0,97	0,04

bu yerda  $D_n$  va  $D_t$  - naycha va quvur diametrlari.

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

## 2. Suyuqliklarning teshikdan o'zgaruvchan naporda ( bosimda) oqishi.

O'zgaruvchan bosimda oqish yoki idishlarning teshikdan yoki naychadan oqish hisobiga bo'sh shi masalasini ko'ramiz. Idishning tubida teshik yoki naycha bo'lib, undan suyuqlikning oqish hisobiga bosim kamayib boradi. Natijada oqish

tezligi ham kamayib boradi. Shuning uchun bu masala beqaror harakatga misol bo'ladi. Lekin bosim ham, tezlik ham vaqt davomida sekin o'zgarгани uchun harakatni qisqa vaqt oraliklarda barqaror harakatdek ko'rish mumkin. Bu holda masalani yechish uchun Bernulli tenglamasidan foydalansak bo'ladi. Idishdagi suyuqlikning o'zgaruvchan balandligini  $H$ , shu balandlikdagi suyuqlik kesimi yuzini  $\omega$ , teshikning yuzini  $\omega_0$  bilan belgilaymiz (8.5-rasm). Kichik vaqt oralig'i  $dt$  davomida idishdagi suvning sathi (teshikdan oqish hisobiga)  $dH$  ga o'zgaradi. Bu vaqt ichida oqib ketgan suyuqlik miqdori idishdagi suyuqlikning kamayishi  $Qdt$  ga teng, ya'ni

$$\omega dH = -Qdt \quad (8.13)$$

Bu yerda manfiy ishora idishdagi suyuqlikning kamayganini bildiradi. Ko'rilayotgan vaqt oralig'ida (yuqorida aytilganidek) Bernulli tenglamasidan foydalanish mumkin bo'lgani uchun sarf (8.10) formula bilan hisoblanadi. U holda (8.13) quyidagicha yoziladi

$$\omega dH = -m\omega_0 \sqrt{2gH} dt.$$

oxirgi tenglikdan ko'rinadiki,

$$dt = -\frac{\omega dh}{m\omega_0 \sqrt{2gH}}. \quad (8.14)$$

Agar sarf koeffitsiyenti  $m$  ni idish bo'shishi davomida o'zgaraydi desak, u holda idishning bo'shish vaqti quyidagicha hisoblanadi

$$t = -\frac{1}{m\omega_0 \sqrt{2g}} \int_H^0 \omega \frac{dH}{\sqrt{H}}. \quad (8.15)$$

Vaqt davomida suyuqlik sirti yoki idish kesimi yuzi  $\omega$  ning sathi  $H$  ning o'zgarishiga qarab qanday o'zgarishi  $\omega = f(H)$  ma'lum bo'lsa, u holda (8.15) tenglikning o'ng tomonidan integralini hisoblash mumkin. Prizmatik idishlar uchun  $\omega = const$  ekanligini nazarda tutib idishning ixtiyoriy sathi suyuqlikdan bo'shish vaqtini hisoblaymiz.

$$t = -\frac{\omega}{m\omega_0 \sqrt{2g}} \int_H^0 \omega \frac{dH}{\sqrt{H}}.$$

yoki

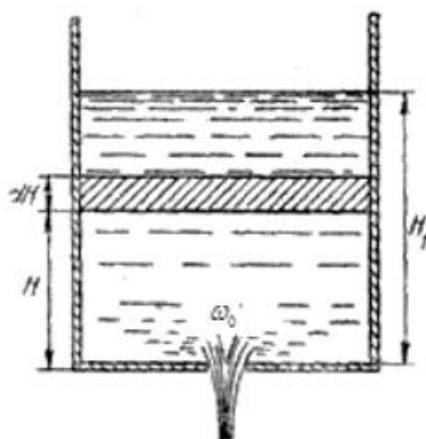
$$t = -\frac{\omega}{m\omega_0 \sqrt{2g}} \sqrt{H} = \frac{2\omega H}{m\omega_0 \sqrt{2gH}} \quad (8.16)$$

Idishdagi suyuqlikning dastlabki sathini  $H_d$  desak, dastlabki hajm  $V_d = \omega H_d$  bo‘ladi. U holda idishning dastlabki sathi  $H_d$  suyuqlikdan bo‘shash vaqti bilan quyidagicha bog‘lanadi

$$t = \frac{2Q_d}{Q}$$

Bu formuladan ko‘rinadiki, o‘zgaruvchan bosimda idishning bo‘shash vaqti shu bo‘shagancha hajmli suyuqlikning o‘zgarish  $H_d$  bosimda oqib ketishi uchun ketgan vaqtga qaraganda ikki baravar ko‘p ekan. Bunday masalalar benzin baklarning bo‘shab borishini hisoblashda kerak bo‘ladi. Masalan, (8.15) tenglamadan suyuqlik sathining  $H_1$  dan  $H_2$  gacha o‘zgarishi uchun ketgan vaqtni quyidagicha hisoblash mumkin.

$$t = -\frac{\omega}{m\omega_0\sqrt{2g}}(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (8.17)$$



**8.5-rasm. Idishning suyuqlikdan bo‘shashiga doir chizma.**

Shuningdek, o‘xshash yopiq idishlarning kichik diametrlilik teshiklardan oqishi hisobiga bo‘shashi masalasini ham ko‘rish mumkin. Suyuqlikning bosimi ko‘p idishdan bosimi kam idishga o‘tishi masalasini ham xuddi shunday ko‘rish mumkin.

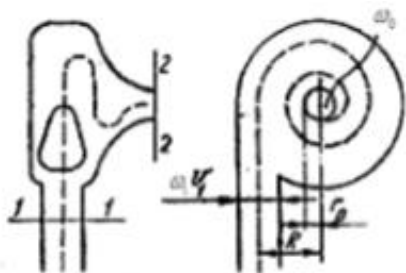
### **3. Oqimcha texnikasi haqida tushuncha.**

Yuqorida aytib o‘tilgandek, oqimchali harakatlar (xususan suyuqliklarning teshik va naychalardan oqishi) texnikaning turli sohalarida qo‘llaniladi. Bularga misol sifatida forsunkalar, bosimni boshqaruvchi apparatlar, tashqi zarbani

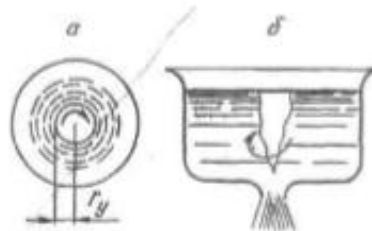


susaytiruvchi qurilmalar, soplolar va boshqalarni ko‘rish mumkin. Ulardan ba'zilari haqida qisqacha to‘xtalib o‘tamiz.

**Forsunkalar** suyuqlikni changitish, ya'ni suyuqlik atmosferaga (yoki yuqori bosimli gaz bilan to‘la fazoga) oqib chiqishi bilan uning oqimchasining mayda zarrachalarga parchalanib ketishini vujudga keltirish uchun ishlatiladigan maxsus naychalardir. Bunday forsunkalar yonish kameralariga yoqilg‘ini yuqorida aytilgan usul bilan yetkazib berib, u yerda uning yonishiga yordam beradi. Ularning ishlash printsiipi quyidagicha avval suyuqlikning uyurma harakati vujudga keltiriladi, so‘ngra esa hosil bo‘lgan oqim toraytiriladi (8.6-rasm).



**8.6-rasm. Forsunka kesimining sxemasi.**



**8.7-rasm. Forsunka uyurmali oqimchani hosil bo'lish sxemasi.**

Suyuqlik forsunka ichiga urinma bo‘yicha kiritilishi natijasida uning harakat miqdori momenti deyarli o‘zgarmaydi, ammo oqimning torayishi natijasida aylanma tezlik ortib borib, markazdan qochma kuchning ortishiga sabab bo‘ladi. Bu kuch suyuqlikni chiqishida devorga shunday siqadiki, natijada uning yupqa qavati vujudga kelib, forsunkadan chiqishda mayda tomchilarga aylanib ketadi. Bu harakat vaqtida forsunkaning o‘qi bo‘yicha sirdagi bosim bir atmosferaga teng havo (gaz) uyurmasi vujudga keladi (8.7-rasm,a). Bu uyurma idishlarning bo‘shashidagi uyurma varonkasi (8.7-rasm,b) ga o‘xshaydi, lekin forsunkada tezkorroq bo‘ladi. Forsunkada suyuqlik sarfi formulasi (8.10) quyidagicha yoziladi:

$$Q = m\omega_0 \sqrt{2g \frac{p}{\gamma}}$$

bu yerda  $p$  - forsunka ichida suyuqlikning bosimi  $m$  - sarf koeffitsiyenti, u maxsus formula bilan topiladi.  $\omega_0$  forsunkadan chiqishdagi kesim yuzi. Prof. G.N. Abramovich yaratgan nazariya bo‘yicha sarf koeffitsiyenti  $m$  forsunkaning o‘lchamlari va shakliga bog‘liq bo‘lib, quyidagicha hisoblanadi:

$$m = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 + \frac{A^2 \varepsilon^2}{1 - \varepsilon}}}$$

$$A = \frac{\omega_0 R}{\omega_1 r_0} \quad (8.18)$$

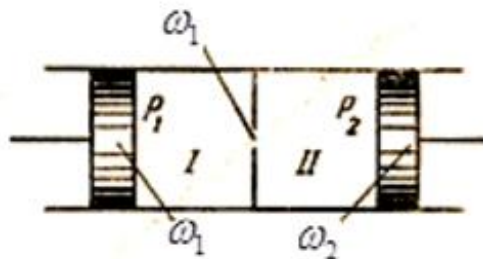
Bu yerda  $\omega_1$  - forsunkaga kirishdagi kesim yuzi  $R$  - kirishdagi oqimning aylanish radiusi  $r_0$  - chiqishdagi kesim radiusi.

Oqimchanning siqilish  $\varepsilon$  va tezlik koefitsiyentlari  $\varphi$  uchun quyidagi formulalari chiqarilgan:

$$\varepsilon = 1 - \frac{r^2 y}{r_0^2} \quad (8.19)$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{A^2 \varepsilon^2}{1 - \varepsilon}}}$$

bu yerda  $r_y$  - havo uyurmasining tashqi radiusi.



### 8.8-rasm. Drossellarni tushuntirishga oid chizma.

Shunday qilib, prof, G.N. Abromovich nazariyasi bo'yicha sarf  $Q$  va forsunkadan chiqishdagi o'q bo'yicha tezlik  $V$  quyidagicha hisoblanadi .

$$Q = \frac{\varepsilon \omega_0}{\sqrt{1 + \frac{A^2 \varepsilon^2}{1 - \varepsilon}}} \sqrt{2gH}. \quad (8.20)$$

$$g = \frac{\varepsilon \omega_0}{\sqrt{1 + \frac{A^2 \varepsilon^2}{1 - \varepsilon}}} \sqrt{2gH}. \quad (8.21)$$

Suyuqlik reaktiv dvigatellaridagi forsunkalardan uyurma harakat suyuqlikni urinma bo‘yicha keltirish o‘rniga, vintli uyurma hosil qiluvchi qurilma yordamida vujudga keltiriladi.

Drossellar va klapanlar (gidrouzatmalarda) bosim ma'lum chegaradan ortib ketganda uni kamaytirish uchun ishlatiladi. Bularning turlari juda ko‘p bo‘lib, ular to‘g‘risida maxsus bo‘limlarda to‘xtalib o‘tiladi. Biz quyidagi drosselni soddalashtirilgan shaklda keltiramiz (8.8-rasm). Bu holda bosimlari  $p_1$  va  $p_2$  bo‘lgan bo‘limlar teshik (yoki jikler deb ataluvchi tor bo‘g‘izcha) orqali tutashirilgan bo‘lib, birinchi bo‘lmada bosim oshib ketganida suyuqlik ikkinchi bo‘lmaga oqib o‘tadi. Bu jarayon ikkala bo‘lmada bosim tenglashguncha davom etadi. Bunday qurilmalarda suyuqlik tezligi va sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$G = \varphi \sqrt{2g\Delta p / \gamma} = \varphi \sqrt{2g(H_1 - H_2)} \quad (8.22)$$

$$Q = m\omega_T \sqrt{2g\Delta p / \gamma} = m\omega_T \varphi \sqrt{2g(H_1 - H_2)} \quad (8.23)$$

bu yerda  $\Delta p = p_1 - p_2$ ;  $\omega_T$  - teshikning kesim yuzi;  $H_1, H_2$  - birinchi va ikkinchi kameralardagi bosimlar.

Birinchi bo‘lmadan ikkinchi bo‘lmaga suyuqlikning oqib o‘tish vaqti quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$t = \frac{2\omega_1\omega_2}{m\omega_T(\omega_1 + \omega_2)} \left( \sqrt{\frac{p_1}{\gamma}} - \sqrt{\frac{p_2}{\gamma}} \right) = \frac{2\omega_1\omega_2}{m\omega_T(\omega_1 + \omega_2)} \left( \sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} \right) \quad (8.24)$$

bu yerda  $\omega_1, \omega_2$  - birinchi va ikkinchi bo‘lmalarning ko‘ndalang yuzi;  $\omega_1$  va  $\omega_2$  teng bo‘lganda  $S_1 = S_2 = S$  deb belgilab, (8.24) ni ushbu ko‘rinishga keltirish mumkin:

$$t = \frac{\omega}{m\omega_T} \left( \sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} \right)$$

(8.22), (8.23) va (8.24) formulalar gidravlikaga doir adabiyotlarda idishdagi suyuqlikning cho‘ktirilgan teshik orqali oqib o‘tish masalasi sifatida keltiriladi.

### Mavzuga doir nazorat savollari

3. Suyuqlikning silindrik naychadan oqishi
4. Suyuqliklarning teshikdan o‘zgaruvchan bosimda oqishi
5. Oqimcha texnikasi haqida tushuncha

## 19-MAVZU: OCHIQ O‘ZANLARDA (KANALLARDA) SUYUQLIK OQIMINING BARQAROR TEKIS HARAKATI

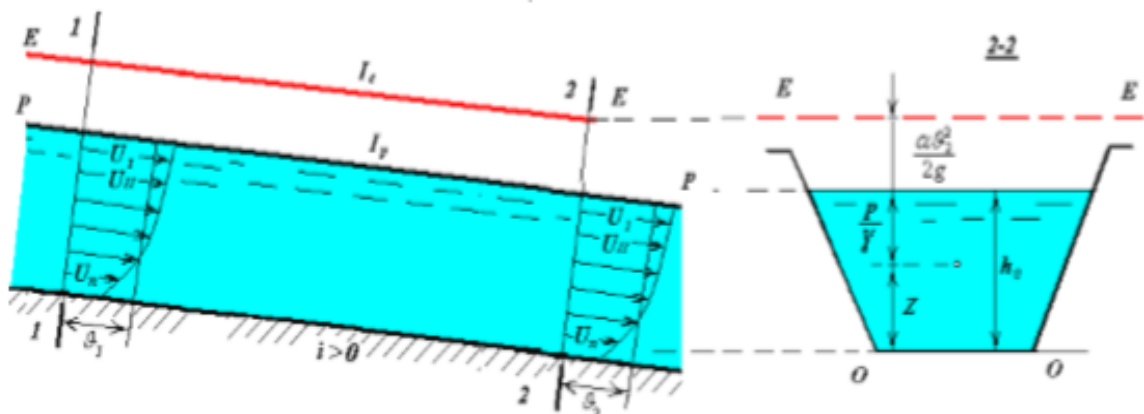
### Asosiy savollar:

1. Suv oqimining tekis harakatini hisoblash formulalari.
2. Oqim harakat kesimining gidravlik elementlari.
3. Kanalning ishchi xarakteristikasi.

### 1.Suv oqimining tekis harakatini hisoblash formulalari.

Suv oqimining barcha tirik kesimlarida tezlik epyurasi bir xil yuzaga va bir xil shaklga ega bo‘lsa, bunday oqim harakati tekis harakat deyiladi. Tekis harakatda suyuqlik qatlamlari o‘zaro parallel harakat chizig‘iga ega bo‘ladi va tirik kesimning turli nuqtalari uchun  $Z$  va  $\frac{P}{\gamma}$  ning qiymatlari turlicha, ammo ularning yig‘indisi o‘zgarmasdir (12.1-rasm).

$$z + \frac{P}{\gamma} = const$$



**12.1- rasm. Suv oqimining kanaldagi tekis harakati sxemasi.**

Tekis harakat alomatlari:

1) )  $\alpha = const_{(l)}$

2) )  $\mathcal{G} = const_{(l)}$

Tekis harakatning asosiy tenglamasi

$$h_e = \frac{\tau \cdot l}{\gamma \cdot R}$$

bu yerda:  $\tau$  -ichki ishqalanish kuchi;

$\gamma$  - solishtirma og'irlik;

$l$  - kanal uzunligi;

$R$  - gidravlik radius.

Shezining taklifiga ko'ra tekis harakatda  $\tau / \gamma$  - kattalik tezlik kvadratiga proporsional

$$\frac{\tau}{\gamma} = \frac{1}{C^2} \mathcal{G}^2,$$

yoki

$$h_e = \frac{\mathcal{G}^2 l}{C^2 R},$$

Bu ifodada  $C = \sqrt{\frac{\lambda}{8g}}$  ekanligini inobatga olsak, Darsi-Veysbax tenglamasi hosil bo'ladi.

Keyingi ifodani tezlikka nisbatan yozsak, quyidagi formula hosil bo'ladi:

$$\mathcal{G} = C \sqrt{R \cdot I}$$

bu yerda  $I_p = \frac{h_e}{l}$  - gidravlik nishablik.

Bu formula *Shezi formulasi* deyiladi va koeffitsiyent  $S$  – Shezi koeffitsiyenti deb ataladi. Ochiq o'zanlardagi suvning erkin sathida bosim doimiy bo'lib odatda atmosfera bosimi qaror topadi, shu sababli p'yezometrik nishablik suvning erkin sathi nishabligiga teng bo'ladi:

$$I_p = i_c.$$

Oqimning tekis harakatida  $\frac{\alpha \mathcal{G}^2}{2g}$  - ifoda o'zgarmas bo'lganligi uchun:

$$I_p = I_c$$

Tekis harakatda oqimning chuqurligi o'zgarmas bo'lishi zarur, shu sababli faqat tekis harakatda o'zandagi barcha nishabliklar o'zaro teng bo'ladi:

$$I_p = I_p = i_c = i,$$

bu yerda:  $i$  – kanal tubining nishabligi ( $i = \sin \alpha$ ).

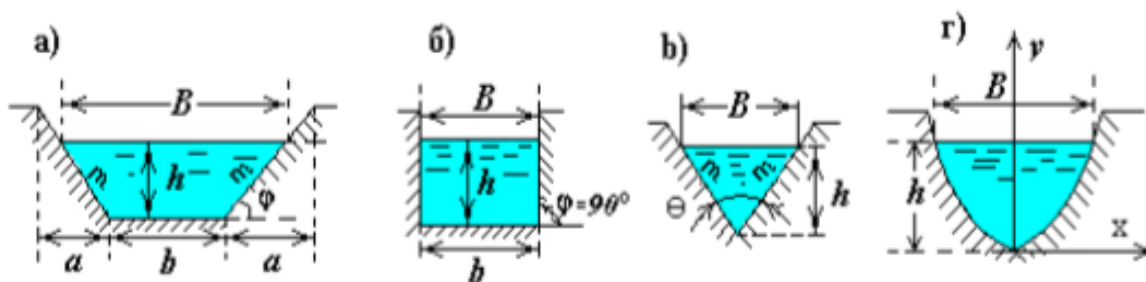
Oqim tekis harakati mavjudlik shartlari quyidagicha:

1. o'zanda suvning sarfi o'zgarmas  $Q = const_{(1)}$ ;
2. o'zan uzunlik ( $l$ ) bo'yicha prizmatik bo'lishi kerak (demak tirik kesim shakli va gidravlik kattalikasi o'zgarmas bo'lishi kerak);
3. oqimning chuqurligi o'zan bo'ylab o'zgarmas (uzunlik ( $l$ ) bo'yicha):  
 $h = const_{(1)}$ ;
4. o'zanning nishabligi o'zgarmas uzunlik ( $l$ ) bo'yicha:  
 $(i = \sin \alpha = const) \quad i > 0$ ;
5. o'zanning g'adir-budirligi o'zgarmas (bir xil) uzunlik ( $l$ ) bo'yicha:  
 $(n = idem)$ .

## 2 Oqim harakat kesimining gidravlik elementlari.

Oqim tirik kesimining shakli o'zan ko'ndalang kesimi shakliga bog'liq bo'ladi va turli xil shakllarga ega bo'lishi mumkin (12.2-rasm):

- a) trapetsiya shaklida;
- b) to'g'ri burchakli to'rtburchak shaklida;
- v) uchburchak shaklida;
- g) parabola shaklida va hokazo.



12.2- rasm. Kanallarning ko'ndalang kesim shakllari.

Bu yerda:  $b$  – o'zan tubining kengligi (eni);

$B$  – o'zandagi suvning erkin sathidagi kengligi;

$h$  – o'zandagi suv oqimining chuqurligi;

$m$  – o'zan qirg'og'ining qiyaligi yoki qiyalik ko'effitsiyenti,

$$m = ctg \varphi.$$

### Trapetsiya shaklidagi kanalning gidravlik elementlari

1. Oqim erkin sathining kengligi (eni):

$$B = b + 2mh.$$

2. Harakatdagi (tirik) kesimning yuzasi:

$$\omega = (b + mh)h.$$

3. Kesimning ho'llangan perimetri:

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

bu formulada  $m' = \sqrt{1 + m^2}$ .

4. Kesimning gidravlik radiusi:

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

### Parabola shaklidagi kesimning gidravlik elementlari.

Parabolaning tenglamasi:

$$x^2 = 2py$$

$r$  – parabolaning parametri.

1. Erkin sathining kengligi:

$$B = 2\sqrt{2ph} = 2\sqrt{ah}; \quad a = 2p.$$

2. Tirik (harakatdagi) kesim yuzasi:

$$\omega = \frac{2}{3}h \cdot B = \frac{4}{3}h\sqrt{a \cdot h}.$$

3. Kesimning ho'llangan perimetri:

$$\chi = \frac{a}{2} \left[ \sqrt{2\tau(1 + 2\tau)} + 2,31 \lg(\sqrt{2\tau} + \sqrt{1 + 2\tau}) \right]$$

bu formulada  $\tau = \frac{h}{p} = \frac{2h}{a}$  yoki  $\chi = \frac{a}{2} \Pi$ ,  $\Pi(\tau)$  - qiymatlarini quyidagi jadvaldan olish mumkin.

### 12.1- jadval. $P = f(\tau)$ qiymatlarining jadvali

$\tau$	$P$	$\tau$	$P$	$\tau$	$P$	$\tau$	$P$
0,001	0,09	0,15	1,15	0,55	2,44	0,95	3,48
0,005	0,20	0,20	1,34	0,60	2,58	1,00	3,61
0,01	0,28	0,25	1,54	0,65	2,71	1,05	3,72
0,02	0,40	0,30	1,71	0,70	2,83	1,10	3,84
0,04	0,51	0,35	1,85	0,75	2,97	1,15	3,97
0,06	0,71	0,40	2,02	0,80	3,10	1,20	4,08
0,08	0,82	0,45	2,16	0,85	3,23	1,25	4,19
0,10	0,93	0,50	2,30	0,90	3,34		

### 3. Kanalning ishchi xarakteristikasi

Kanalda suv sarfining suv chuqurligiga mos ravishda o'zgarish grafigiga  $Q = j(h)$  kanalning ishchi xarakteristikasi deyiladi. Bu grafikni tuzish uchun suv chuqurligiga –  $h$  – bir nechta qiymatlar berib, ularga mos bo'lgan suv sarflarini tekis harakatning asosiy tenglamasidan aniqlaymiz:

$$Q = \omega \cdot C \sqrt{R \cdot i}, \quad (m^3/c, \pi/c)$$

Bu yerda:

$$\omega = (b + mh)h - \text{tirik (harakatdagi) kesim yuzasi, } m^2;$$

$b, m$  – kanal tubining kengligi va qiyalik koeffitsiyenti;

$C$  – Shezi koeffitsiyenti,  $m^{0,5}/s$ ;

$$R = \frac{\omega}{\chi} - \text{gidravlik radius, m;}$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} - \text{ho'llangan perimetr;}$$

$i$  – kanal tubining nishabligi.

Shezi koeffitsiyentini Manning formulasi bilan aniqlash mumkin: shuni alohida qayd etish kerakki, Shezi koeffitsiyenti tajriba asosida aniqlanadi:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

bu formulada  $n$  - g'adur-budurlik koeffitsiyenti.

N.N.Pavlovskiy formulasi bilan Shezi koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$y \approx 1,5\sqrt{n} - \text{gidravlik radius } R > 1 \text{ m bo'lganda;}$$



$$y \approx 1,3\sqrt{n} - \text{gidravlik radius } R < 1 \text{ m bo'lsa.}$$

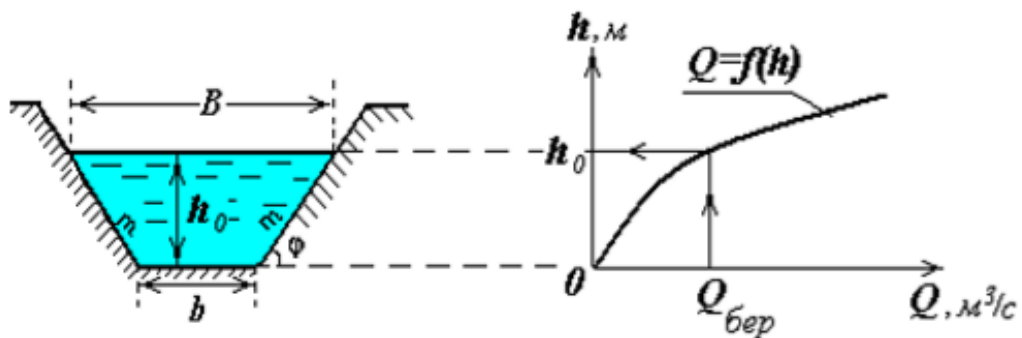
Shezi koeffitsiyentini quyidagi grafiklardan foydalanib aniqlasa ham bo'ladi:  
Chugayev R.R. «Gidravlika», 1975 y., 186 bet.

**Hisob natijalarini jadvalda keltiramiz:**

**12.2 – jadval**

$h, (m)$	$\omega, (m^2)$	$\chi, (m)$	$R, (m)$	$S, (m^0,5/s)$	$S, (m^3/s)$
$h_1$					
$h_2$					
$h_3$					

Kanal uchun berilgan gidravlik element qiymatlari  $b, m, n, i$  – dan foydalanib, kanaldagi har bir qabul qilingan suv chuqurligi qiymatiga mos keladigan suv sarflarni aniqlab, 2- jadvalga tushiramiz va jadvaldagi ma'lumotlar asosida  $Q = f(h)$  - kanal ishchi xarakteristikasi grafigini chizamiz. Bu grafikdan berilgan sarfga mos keluvchi chuqurlik  $h_0$  qiymati tanlanadi.



**12.3- rasm - Kanalning ishchi xarakteristikasi.**

Gorizontal masshtab: 1 sm - « »  $m^3/s$

Vertikal masshtab: 1 sm - « »  $m$ .

**Izoh:** Suvning chuqurligi –  $h$ - ning qiymatlari tanlanganda, hosil bo'lgan  $Q$  – sarflarning qiymatlari berilgan MK  $Q=Q_{MK}$  qiymatidan kichik va katta sonlar bo'lishi zarur.

Shuni alohida qayd etish kerakki, hozirgi kunda kanalning ishchi xarakteristikasi EHM yordamida ham aniqlanadi. Buning uchun maxsus dastur ishlab chiqilgan.

### Mavzuga doir nazorat savollari

- 1.Suv oqimining tekis harakatini hisoblash formulalari?
- 2.Oqim harakat kesimining gidravlik elementlari?
- 3.Kanalning ishchi xarakteristikasi?

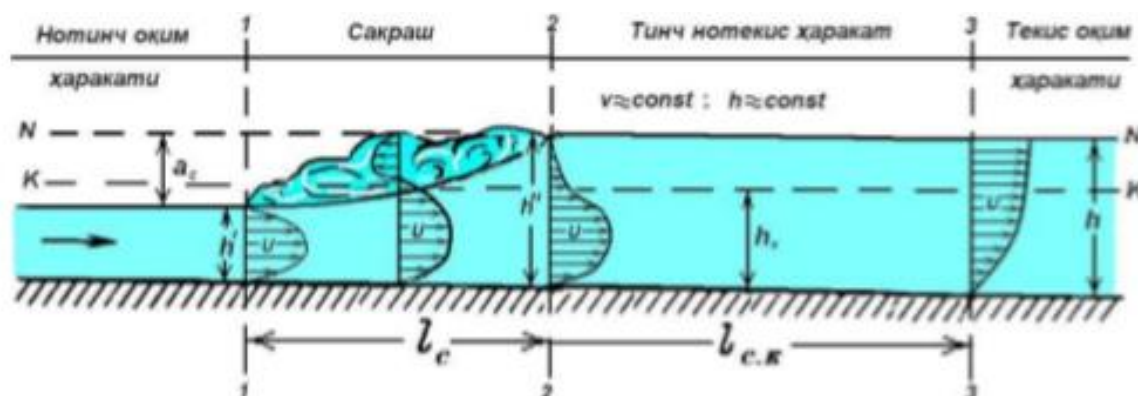
## 20-MAVZU: GIDRAVLIK SAKRASH

### Asosiy savollar:

1. Gidravlik sakrash va uning elementlari.
2. Gidravlik sakrashning asosiy tenglamasi.
3. Gidravlik sakrash funksiyasi.

### 1.Gidravlik sakrash va uning elementlari.

Suv oqimining notinch holatdan tinch holatga o'tishi gidravlik sakrash orqali amalga oshadi. Shunga asoslanib, unga quyidagicha ta'rif berish mumkin: *suv oqimining kritik chuqurlikdan kichik bo'lgan h' chuqurligini undan katta bo'lgan h'' chuqurlikka keskin o'tishi hodisasi gidravlik sakrash deyiladi.*



17.1-rasm - Gidravlik sakrash sxemasi.

- $h'$  - gidravlik sakrashdan oldingi oqim chuqurligi;
- $h''$  - gidravlik sakrashdan keyingi oqim chuqurligi;
- $a = h'' - h'$  - gidravlik sakrash balandligi;

$l_c$  - gidravlik sakrash uzunligi;

$l_{c.k.}$  - gidravlik sakrashdan keyingi uchastkaning uzunligi.

### Gidravlik sakrash turlari

1. Mukammal, aylana girdob harakat qismi bor bo'lgan sakrashga aytiladi (17.1 rasm):

$$\frac{h''}{h'} > 2; \quad a > h'.$$

2. Nomukammal (to'liqsimon), oqimning aylana harakati yo'qligi bilan ajralib turadi:

$$\frac{h''}{h'} < 2; \quad a < h'.$$

Gidrotexnik inshootga nisbatan:

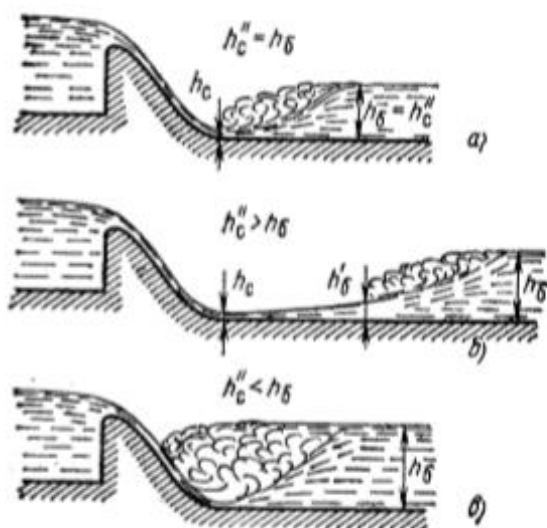
1. Gidravlik sakrash boshlang'ich holatda:  $h''_c = h_{\bar{\sigma}}$ ,

$h_{\bar{\sigma}}$  - kanaldagi chuqurlik.

2. Gidravlik sakrash – uzoqlashgan xolatda – xaydalgan gidravlik sakrash:

$$h''_c > h_{\bar{\sigma}}$$

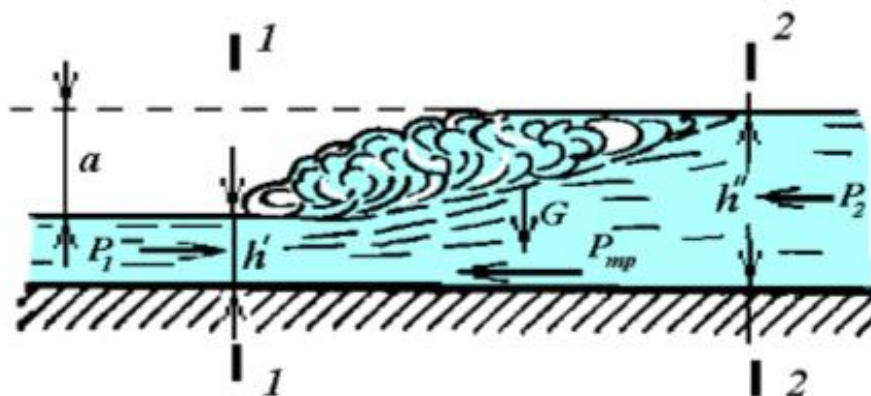
3. Gidravlik sakrash – ko'milgan holatda:  $h''_c < h_{\bar{\sigma}}$



## 2. Gidravlik sakrashning asosiy tenglamasi

Tutash chuqurliklar ( $h'$  va  $h''$ ) orasidagi bog'liqliklar prizmatik o'zanlar uchun, quyidagi formula orqali aniqlanadi. Harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremdan:

$$\int_{\omega} \rho(u d\omega)u = \rho \int_{\omega} u^2 d\omega = \alpha \mathcal{G}^2 \rho \omega = \rho \alpha \mathcal{G} Q$$



17.2–rasm-Gidravlik sakrash sxemasi.

1-1 va 2-2 kesimlar uchun:

$$i = 0; \quad Q = const;$$

$$\rho \alpha Q (\mathcal{G}_2 - \mathcal{G}_1) = P_1 - P_2,$$

$P_1 = \rho g h'_c \omega_1$ ;  $P_2 = \rho g h''_c \omega_2$ ; ekanligini inobatga olib, gidravlik sakrash funksiyasini quyidagicha ezamiz:

$$\frac{\alpha Q^2}{g \omega_1} + \omega_1 h'_c = \frac{\alpha Q^2}{g \omega_2} + \omega_2 h''_c$$

Bu yerda:  $\omega_1, \omega_2$  - gidravlik sakrashdan oldingi va keyingi harakatdagi kesimlarning yuzalari;

To'rtburchak kanallar uchun  $h_c = \frac{h}{2}$ ,  $h'_c, h''_c$ , — harakatdagi kesim og'irlik markazining chuqurligi (17.2-rasm). Trapetsiya shakldagi kanallar uchun:

$$h_c = \frac{h}{6} \cdot \frac{36 + 2mh}{b + mh}.$$

### 3. Gidravlik sakrash funksiyasi.

Gidravlik sakrash funksiyasi:  $\Pi(h) = \frac{\alpha Q^2}{g\omega} + \omega h_c$ ;

$$\Pi(h_I) = \Pi(h_{II}).$$

Bu yerda:  $\Pi(h)$  – sakrash funksiyasi,  $\dim P(h) = L^3(m^3)$ ;

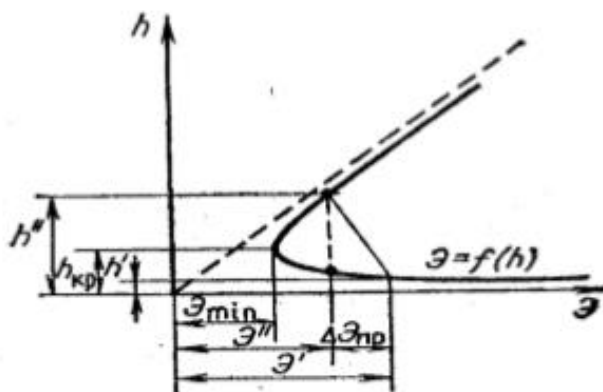
$Q$  – suv sarfi;  $\omega$  – tegishli chuqurlikdagi oqimning harakatdagi kesimi yuzasi;

$h_c$  – harakatdagi kesim og'irlik markazining chuqurligi.

To'g'ri burchakli kanallar uchun:

$$h'' = 0,5h' \left[ \sqrt{1 + 8 \left( \frac{h_{kp}}{h'} \right)^3} - 1 \right];$$

$$h' = 0,5h'' \left[ \sqrt{1 + 8 \left( \frac{h_{kp}}{h'} \right)^3} - 1 \right];$$



Sakrashdan oldingi  $h'$  va sakrashdan keyingi  $h''$  chuqurliklar o'zaro bog'liq bo'lgan tutash chuqurliklar deyiladi. Tutash chuqurliklar uchun sakrash funksiyalari hamisha bir-biriga teng. Sakrash funksiyasi eng kichik qiymatiga ega bo'ladi  $\text{min } E = E_{\min}$ , agar kanaldagi suv chuqurligi kritik qiymatiga  $h_k$  teng bo'lganda.

### Mavzuga doir nazorat savollari

1. Hidravlik sakrash va uning elementlari?
2. Hidravlik sakrashning asosiy tenglamasi?
3. Hidravlik sakrash funksiyasi?

## **Laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar.**

### **1-mavzu. Hidrostatik bosim qiymatini o'lchaydigan asboblari (pyezometrlar, monometrlar, va vakuummetrlar)ni o'rganish. gidrostatikaning asosiy tenglamasining tahlili. (2-soat)**

**Ishning maqsadi.** Bosim o'lchash asboblari, ularning turlari, ulardan foydalanish usullari bilan tanishish.

Kerakli jixoz va asboblari: pyezometr, monometr, vakuummetr, qalam, A4 formatidagi qog'oz, ruchka.

#### **Ishni bajarish tartibi.**

Bosim o'lchash usullari shu maqsada ishlatiladigan asboblarning konstruksiyasiga qarab nihoyatda turli-tumandir. Bosim o'lchaydigan asboblari umumiy nom bilan manometrlar deyiladi. Ular qanday maqsadda ishlatilishiga qarab atmosfera bosimini o'lchash uchun mo'ljallangan barometrlar, atmosfera bosimiga nisbatan gazning siyraklanganligini o'lchaydigan vakuummetrlar va atmosfera bosimidan yuqori bosimni o'lchashga mo'ljallangan manometrlarga bo'linadi. Manometrlar ishlash printsipligiga ko'ra suyuqlik bosim o'lchash asboblari va mexanik bosim o'lchash asboblari bo'linadi.

#### **1. Suyuqlik bosim o'lchash asboblari**

##### **P'ezometrlar**

Suyuqlik manometrlarining eng oddiyi P'ezometrlardir. U kichikroq diametrli shisha naydan iborat. Nayning yuqori uchi ochiq bo'lib, atmosferaga tutashgan, pastki uchi esa  $P$  bosimli atmosfera bosimidan yuqori bosimli suyuqlik bor rezervuardan P'ezometrik nay bo'ylab balandlikga ko'tariladi, bu P'ezometrik

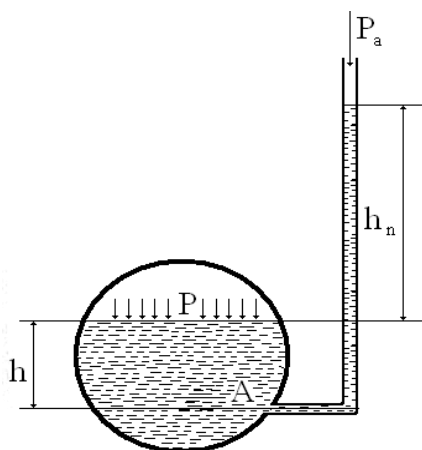
balandlik deyiladi. P'ezometrik balandlik idishdagi ortiqcha bosim ( $P_m$ ) ni xarakterlaydi va uning kattaligini aniqlash uchun o'lchov bo'lib xizmat qiladi:

$$P_m = \rho gh$$

P'ezometrik shkalasining nol darajasida absalyut bosim gidrostatikaning asosiy tenglamasi orqali aniqlanadi.

$$P = P_o + \rho gh$$

Bu yerda ( $P_o$ )-Suyuqlik sirtidagi bosim, ( $\rho$ )- barometr bo'yicha suyuqlikning zichligi jadvallardan aniqlanadi.  $h$ -kattalik esa p'ezometr shkalasidan o'lchab olinadi. P'ezometr juda aniq asbobdir lekin u 0,5 atmosfera bosimigacha bo'lgan bosmlarni o'lchash uchun ishlatiladi. Katta bosimlarni o'lchash uchun juda uzun P'ezometr naylari ishlatilishi jalb etiladi, bu esa ishda noqulaylik tug'diradi.



**1.1-rasm. P'ezometr kinematik sxemasi**

## **2. Suyuqlik manometrlari.**

Suyuqlik manometri qisman suv yoki simob bilan to'ldirilgan U-simon naydan iborat, nayning bir turga tekshiriladigan hajimga ulanlgan. Ikkinchisi esa ochiq qoldirilib, atmosferaga tutashtiriladi yoki yuqori vakum hosil bo'lguncha undan havo so'rib olinib, og'zi kavsharlab berkiitiladi. Tirsagi kavsharlangan manometrlarda ikkala ko'rsatgichlar ayirmasi (mm) simob ustuni xisobidagi absalyut bosimni ko'rsatadi. Ancha yuqori bosimlarni o'lchash uchun simobli

manometrlar ishlatiladi. Simobning zichligi suvning zichligidan **13,6** marta katta bo'lganligi sababli, simobli manometrlarda naylar tegishlicha qisqa bo'lishi mumkin.

### 3. Suyuqlik U - simon manometrlari.

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

$$P_A = P + \gamma h_1$$

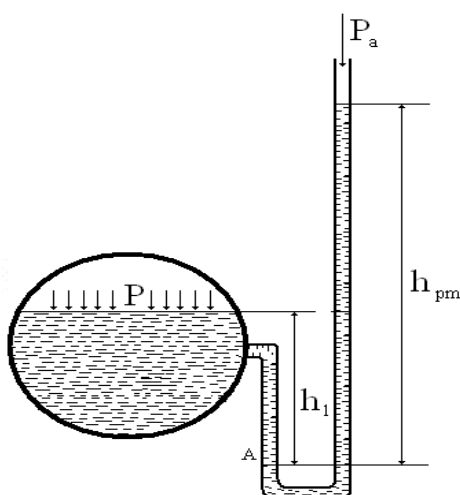
simobli naychadagi qiymatlar orqali esa

$$P_A = P_a + \gamma_{CM} h_{CM}$$

Bu ikki tenglikdan  $P$  ni topamiz:

$$P_A = P_a + \gamma_{CM} h_{CM} - \gamma h_1$$

Bunday manometrlardan bir necha atmosferadan ortiq bosimni o'lchash mumkin emas.



**1.2-rasm. Suyuqlik U - simon manometrining kinematik sxemasi**



#### 4. Simobli differensial manometrlar.

Simobli differensial manometrlar - ikki idishdagi bosimlar farqini o'lchash uchun ishlatiladi. Bosimlarni  $P_a$  va  $P_b$  ga teng bo'lgan ikki idishdagi U - simon naycha orqali tutashtiriladi. Bu holda S nuqtadagi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$P_c = P_a + \gamma_1 h_1$$

ikkinchi idishdagi bosim orqali esa

$$P_c = P_b + \gamma_1 h_2 - \gamma_{CM} h$$

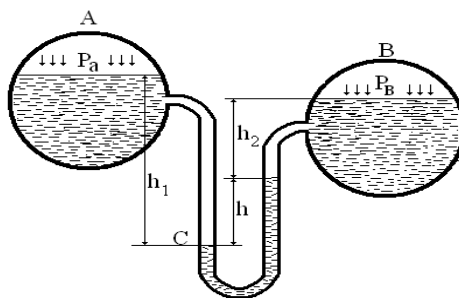
U holda idishlardagi bosimlar farqi:

$$P_a - P_b = \gamma_1 (h_2 - h_1) + \gamma_{CM} h$$

ikki idishdagi suyuqliklar sathi teng bo'lganda

$$h_2 - h_1 = h \text{ va } P_a - P_b = (\gamma_{CM} - \gamma_1) h$$

holatga teng bo'ladi.



1.3-rasm. Simobli differensial manometrining kinematik sxemasi

#### 5. Mikromanometrlar.

Mikromanometrlar - juda kichik bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi va suyuqlik sathining o'zgarishi sezilarli bo'lishi uchun suyuqlik to'ldirilgan idishga

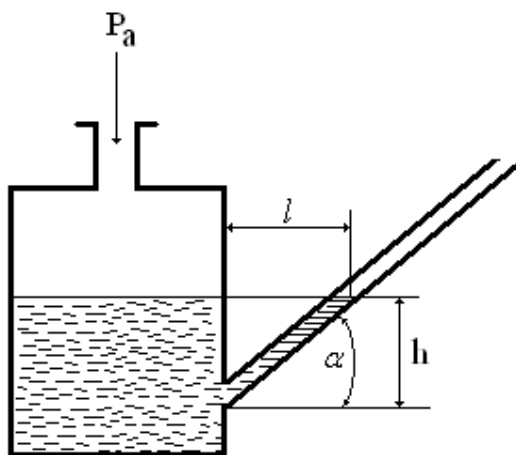
shisha naycha qiya burchak ostida ulanadi. Idishdagi chegirma bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$p = \gamma h$$

bo'lgani uchun

$$p = \gamma l \sin \alpha$$

shisha naychanning qiyalik burchagi  $\alpha$  qanchalik kichik bo'lsa, bosim shuncha aniq o'lchanadi. Ko'p hollarda manometr shisha naychasining qiyalik burchagini o'zgaruvchan qilib ishlab chiqariladi. Shuning uchun mikromanometr dan foydalanish imkoniyati yanada ko'payadi.



**1.4-rasm. Mikromanometrining kinematik sxemasi**

## 6. Vakuometrlar.

Tuzilishi xuddi U - simon manometrlarga o'xshash bo'lib, idishdagi siyraklanish darajasini aniqlaydi. Hidrostatik bosim tenglamasiga asosan

$$P_A = P + \gamma_{CM} h_{CM}$$

u holda

$$P_A = P_a + \gamma_{CM} h_{CM}$$

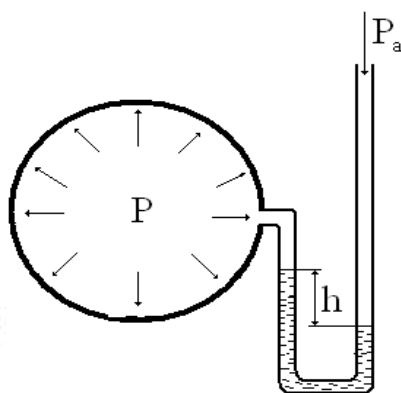
bo‘ladi. Simob ustunining pasayishi idishdagi bosim va  $P_A$  orqali quyidagicha

ifodalanadi: 
$$h_{CM} = \frac{P_a - P}{\gamma_{CM}}$$

Vakuometrlar uch guruhga bo‘linadi:

1. (Simobli, suvli)
2. (prujinali, membranali)
3. Elektrik vakuumetrlar

Suyuqlik manometrlaridan asosan tajriba sharoitlarida foydalaniladi.

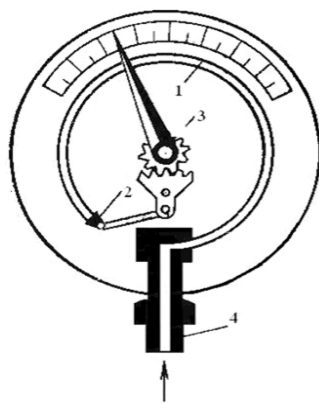


**1.5- rasm. Vakuometrining kinematik sxemasi**

## **7. Mexanik bosim o‘lchash asboblari.**

### **Prujinali manometrlar**

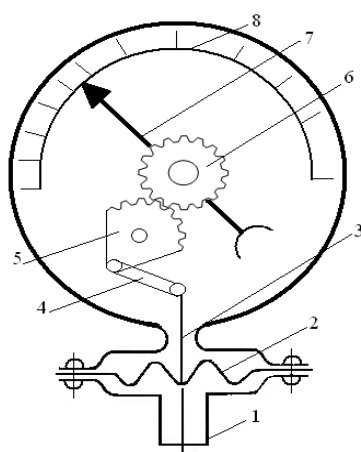
Prujinali manometrlar - ichi bo‘sh yupqa egik latun 1 naychadan iborat bo‘lib, uning bir uchi kavsharlangan. Shu uchi zanjir 2 bilan tishli uzatma 3 ilashtirilgan bo‘ladi. Ikkinchi uchi esa bosimi o‘lchanishi zarur bo‘lgan idishga bo‘yin 4 orqali tutashtiriladi. Egik latun naycha havo bosimi ta‘sirida to‘g‘rilanishga harakatqilib, tishli uzatma yordamida strelkaning burilishiga sabab bo‘ladi. Natijada tsiferblatda mavjud bosim ko‘rsatib beriladi.



**1.6-rasm. Prujinali manometr**

## **8. Membranali manometrlar**

Membranali manometrlar - yupqa metall plastinka yoki rezina shimdirilgan materialdan tayyorlangan plastinkaga ega bo‘lib, u membrana deyiladi. Suyuqlik bosimi idish bilan tuashtiruvchi bo‘yicha orqali o‘tib, membranani egadi. Bu egilish natijasida richaglar sistemasi orqali strelka harakatga keladi va tsiferblatda mavjud bosim ko‘rsatib beriladi. Mexanik bosim o‘lchash asboblariidan yuqori bosimlarni o‘lchashda keng foydalanish mumkin.



**1.7-rasm. Membranali manometr**

- I. **Olingan va tahlil natijalar:** yuqorida keltirilgan ma'lumotlar va jadvallar orqali gidravlik bosim o'lchash qurilmalarining umumiy tuzilishi, ishlash prinsplari, ish rejimlari, ishlab chiqarish quvvati va unda tajribalar olib borish jarayonlari aniqlanadi.
- II. **Xulosalar:** domna pechining umumiy tuzilishi o'rganish, domna pechining ishlash prinsipini va ish rejimini o'rganish, domna pechida olib boriladigan sozlash ishlarini, domna pechida ishlab chiqarish quvvatini va olinadigan metallarning hajmini aniqlash bo'yicha xulosalar qilinadi.

### **Asosiy adabiyotlar:**

1. N.Buddhi Hewaknadamby. A first course in Fluid Mechanics for enjeriis Angliy 2012
2. T. Al-Shemmeri. Enginering Fluid Mechanies. 2012
3. Латипов К.Ш. “Гидравлика, гидромашиналар ва гидропневмоюритмалар” Дарслик. Т.:, 1992 й.
4. Латипов К.Ш. Гидравлика ва гидропневмоюритмалар. Darslik –Т.:, 1992 й
5. Н.С.Нурмухамедов, А.Ш.Абдуллаев ва бошқалар “Гидравлика гидромашиналар ва гидроюритмалар” Дарслик.Т.: 2012 й.
6. Умаров А.Ю. Гидравлика.-Т.:Ўқитувчи, 2002.
7. Бозоров Д.Р., Каримов Р.М. Гидравлика. –Т.:Ўқитувчи, 2004.

## **2-mavzu. Bernulli tenglamasi yordamida pyezometr va to'liq bosim chiziqlarini chizish (2-soat).**

**Ishning maqsadi:** Bernulli tenglamasini o'zgaruvchan kesimga suyuqlik uzatish quvurining P'ezometrik va bosim chiziqlarni ko'rishda qo'llanilishini nazariy va amaliy jihatdan o'rganish.

Suyuqlikning o'zgaruvchan kesimli uzatish quvuriadgi harakati natijasida yo'qotadigan kinetik va potentsial energiyasini aniqlash.

Kerakli jixoz va asboblari: pyezometr, monometr, vakuummetr, qalam, A4 formatidagi qog'oz, ruchka.

### **Ishni bajarish tartibi.**

Odatda biror voqeani tekshirishda uning butunligicha tekshirib bo'lmagani uchun biror soddalashtirilgan tizim qabul qilinadi. Suyuqlik va gazlar mexanikasida suyuqlikning xarakati qonuniyatlarining eng yaxshi ifodalab beruvchi tizim suyuqlik oqimini elementar oqimchalardan iborat deb qarovchi tizimdir. Shunday oqimchalarning ikkita kesimi orasidagi suyuqlik xarakatining o'z oqimi yo'nalishi bo'yicha energiyasining o'zgarishi Bernulli tenglamasi orqali ifodalanadi. Tanlab olingan I-I va II-II kesimda suyuqlik harakati uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g} + h_f$$

bu yerda

$Z$  - geometrik balandlik,

$\frac{P}{\gamma}$  - P'ezometrik balandlik,

$\frac{g^2}{2g}$  - tezlik bosim

$h_f$  - I-I va II-II kesimdagi umumiy bosim yo'qolishi.

Bernulli tenglamasining har bir hadi geometrik va energetik mazmunlarga ega. Buni aniqlash uchun biror elementar oqimcha olib uni I-I va II-II kesimlarini ko'ramiz.

Bu kesimlarning og'irlik markazi biror 0-0 tekisligidan  $Z_1$  va  $Z_2$  masofalarda bo'lsin. Qabulqilingan kesimlar tekisliklari markazida P'ezometr va uchi egilgan shisha naychalari (Pito naychalari) o'rnatamiz. Bu xolda P'ezometrlarda suyuqlik kesimlar og'irlik markaziga nisbatan ma'lum balandlikka ko'tariladi. Bu ko'tarilish quyidagiga teng: va P'ezometrik balandlik deyiladi.

$$h_1 = \frac{P_1}{\gamma}, \quad h_2 = \frac{P_2}{\gamma} \quad (2)$$

Uchi egilgan naychalardagi suyuqlik ma'lumqonuniyatlarga ko'ra P'ezometrda qo'lgan balandroqqa ko'tariladi. Bu xolda egilgan shisha naychalardagi balandlik quyidagi miqdorlarga ega bo'ladi:

$$h_1^1 = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g}; \quad h_2^1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g} \quad (3)$$

P'ezometrda suyuqlik balandligi bilan uchi egilgan naychadagi balandlik farqi:

$$h_1^1 - h_1 = \frac{g_1^2}{2g}; \quad h_2^1 - h_2 = \frac{g_2^2}{2g}; \quad (4)$$

(4) ga teng bo'ladi va tezlik bosimi balandligi deyiladi.

P'ezometrda suyuqlik balandliklarini birlashtirsak, xosil bo'ladigan P-P chiziq P'ezometrik chiziq deyiladi.

Bernulli tenglamasida tezlik balandligi, P'ezometrik va geometrik balandliklarning umumiy yig'indisiga asosan qurilgan E-E chiziq suyuqlikning bosim chizig'i deyiladi.

Gidrodinamikada bu uchta  $Z, \frac{P}{\gamma}, \frac{g^2}{2g}$  balandliklar yig'indisi suyuqlikning to'liq bosimi deyiladi va H bilan belgilanadi.

$$H = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{g^2}{2g} = const \quad (5)$$

Bernulli tenglamasiga asosan umumiy bosim ikkita bosimlar yig'indisidan iborat, ya'ni:

Potensial bosim:  $H = \frac{P}{\gamma} + Z \quad (6)$

Tezlik bosim:  $H_g = \frac{g^2}{2g} \quad (7)$

(6) va (7) ni yig'indisi umumiy bosim bo'ladi:  $H_e = H + H_g$

yoki 
$$H_e = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{g^2}{2g}$$

Ifodadagi  $Z$ ,  $\frac{P}{\gamma}$ ,  $\frac{g^2}{2g}$  lar uzunlik birliklarida o'lchanadi. Bosim chizig'ining uzunlik birligiga to'g'ri kelgan pasayishi gidravlik nishablik deyiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$J_1 = -d\left(Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{g^2}{2g}\right) / dS = -dH_e / dS = dh_f / dS$$

P'ezometrik chiziqning uzunlik birligiga to'g'ri kelgan pasayishi P'ezometrik nishablik deyiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$J_e = -d\left(Z + \frac{P}{\gamma}\right) / dS = -dH / dS$$

Bernulli tenglamasini energetik ma'nosiquyidagicha bo'ladi: bu tenglama suyuqliklar uchun energiyaning saqlanishqonunidir. Tenglamaning chap tomoni elementar oqimchanning I-I kesimidagi to'liq solishtirma energiyasi bo'lib, II-II kesimdagi to'liq solishtirma energiyasiga teng yoki umuman o'zgarishsiz miqdordir.

Tenglamada:  $\frac{g_1^2}{2g}$ ,  $\frac{g_2^2}{2g}$ , elementar oqimda I-I va II-II kesimlarga tegishli solishtirma kinetik energiyasi.

$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma}$ ;  $Z_2 + \frac{P_2}{\gamma}$  - elementar oqimcha kesimlari uchun solishtirma potentsial energiya.

### TAJRIBA QISMI.

1. Tajriba yo'li bilan P'ezometrik va bosim chiziqlariniqo'rish.
2. Tajriba qurilmasi uchun umumiy bosim yo'nalishini aniqlash.
3. Tajriba qurilmasi uchun tezlik bosimini aniqlash.
4. Qurilmada suyuqlik harakati davomida potentsial va kinetik energiya o'zgarishini kuzatish.



## TAJRIBA QURILMASI.

Tajriba qurilmasi miqdori doimo saqlanib turuvchi suv bilan to'ldirilgan A idishdan iborat. Idishga o'zgaruvchan d-diametri T-quvur ulangan. Uzatishquvuriga esa tegishli yettita  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7$  P'ezometrlar va  $P'_1, P'_2, P'_3, P'_4, P'_5, P'_6, P'_7$  Pito naychalari o'rnatiladi. T- truboprovod oxirida K- jo'mrak o'rnatilgan. Jo'mrakni berkitish yoki ochish yo'li bilan truboprovoddagi suv sarfini o'zgartiramiz. Bunda o'rtacha tezlik kattaligi:  $\mathcal{S} = \frac{Q}{\omega}$

## TAJRIBA O'TKAZISH TARTIBI.

1. Tajriba natijalarini vaqayta ishlangan natijalarni qayd qilish uchun jadval tayyorlanadi. Tajriba qurilmasi bilan tanishib chiqiladi.
2. Qurilma tizimi chiziladi va unda quvurdagi P'ezometrlar, bosim naychalari (Pito naychalari) hamda uzatish quvuri diametrlari ko'rsatiladi. P'ezometrlar orasidagi masofa aniqlanadi.
3. Idish (A) jo'mrak berkitib qo'yilgan holda suv bilan to'ldiriladi.
4. Jo'mrak (J) ni ochish bilan kerakli bo'lgan oqim xosil qilinadi va oqim xarakatini xosil qilish uchun bir daqiqa vaqt beriladi.
5. Hajmiy yo'l bilan suv sarfi aniqlanadi. Bunday aniqlashda o'lchash ishi 3 marta o'tkaziladi va natijalarning o'rtacha qiymati aniqlanadi.
6. P'ezometrlar va bosim naychalaridagi suv sathi o'lchanadi. Bunda P'ezometr to'g'ri ko'rsatayotganiga ishonch xosil qilish kerak. (P'ezometr naychasidagi havo pufakchalari uni to'g'ri ko'rsatishiga qarshilik ko'rsatadi) bunday holat uzatish quvuridagi suyuqlik harakatining buzilishiga olib keladi. Shuning uchun P'ezometr ko'rsatkichlarini olishda qo'pol xatoliklarga yo'l qo'ymaslik uchun suv sathining o'rtacha holati qabul qilinadi.
7. Olingan natijalar tegishli ifodalar yordamida qayta ishlanib jadvalga to'ldiriladi.

## TAJRIBA NATIJALARINI QAYTA ISHLASH.

Tajriba bajarilgandan so'ng olingan natijalar ifodalar orqali qayta ishlanadi.

Hisoblar orqali olingan natijalar asosida millimetrli qog'ozda P'ezometrik va bosim chiziq tizimini quring.

### Tajriba qurilmasi haqida ma'lumotlar

1-jadval

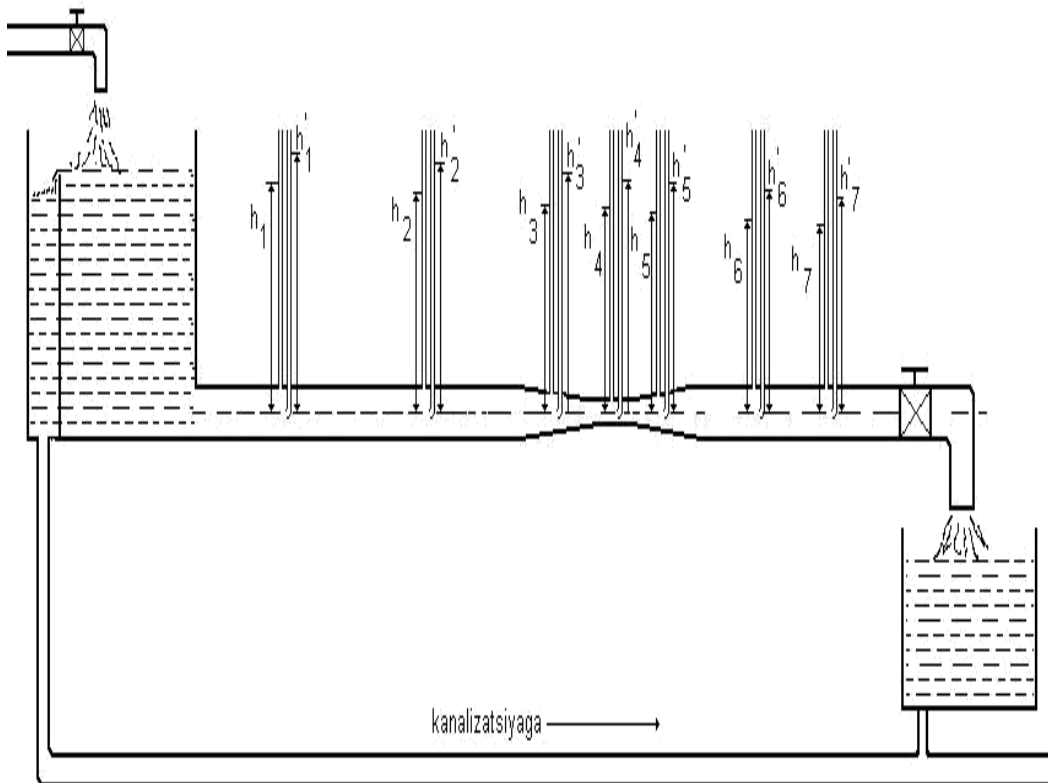
Qurilma elementlari	Belgilar	O'lchov birligi		I	II	V		I	II
1.Kesim diametri	d	mm	0	0	1	6	1	0	0
2.Ko'ndalang kesim yuzasi	$\omega$	sm <sup>2</sup>							
3.Quvur markazidan biror tekislikkacha bo'lgan masofa	z	Sm							
4.Kesimlar orasidagi masofa	l	sm	I-II	I-III	II-IV	V-V	-VI	I-VII	

### Tajriba natijalari

2-jadval

O'lchovlari	Belgilanishi	O'lchov birligi	O'lchamlar			O'rtacha kattaliklar
			1	2	3	
Hajm	W	sm <sup>3</sup>				
Vaqt	t	S				
Sarf	q	sm <sup>3</sup> /s				

1-tajriba								
Nomlanishi	Belgilanishi							
o'rtacha tezlik	$V, \text{ m/s}$							
P'ezometrik balandlik	$\frac{P}{\gamma}, \text{ m}$							
Tezlik bosimi balandligi	$\frac{g^2}{2g}, \text{ m}$							
P'ezometrik bosim	$Z + \frac{P}{\gamma}, \text{ m}$							
Gidrodinamik bosim	$Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{g^2}{2g}, \text{ m}$							
Kesimlar orasidagi yo'qotilgan bosim	I-VII							



## **DIAFRAGMANING SARF KOEFFISIYENTINI ANIQLASH**

**Olingan va tahlil natijalari;** *laboratoriya mashg'ulotini olib borish natijasida Bernulli tenglamasining har bir hadi geometrik va energetik mazmunlarga egaligini xisobga olib, gidravlik tizimlarda elementar oqimcha olib uni I-I va II-II kesimlarini aniqlab, Bernulli tenglamasining mohiyatini tushunib, ularni amalda qo'llash texnologiyasi aniqlanad.*

**Xulosalar:** laboratoriya mashg'ulotini to'liq bajargan talabalar har xil turdagi quvurlarda hosil bo'ladigan bosimlarni aniqlashda Bernulli tenglamasidan foydalanish bo'yicha xulosalar qilinadi

### **Asosiy adabiyotlar:**

1. Латипов К.Ш. “Гидравлика, гидромашиналар ва гидропневмоюритмалар” Дарслик. Т.:, 1992 й.
2. Латипов К.Ш. Гидравлика ва гидропневмоюритмалар. Darslik –Т.:, 1992 й
3. Н.С.Нурмухамедов, А.Ш.Абдуллаев ва бошқалар “Гидравлика гидромашиналар ва гидроюритмалар” Дарслик.Т.: 2012 й.

### **3-mavzu. Suyuqliklar oqimining ikki harakat tartibini tekshirish.**

**Ishning maqsadi.**Suyuqlikning laminar va turbulent harakatini o'rganish. Ular uchun bir tartibdan ikkinchi tartibga o'tish davridagi Reynolds sonini aniqlash.

Kerakli jixoz va asboblari: pyezometr, monometr, vakuummetr, qalam, har xil o'lchamdagi gidravlik quvurlar, A4 formatidagi qog'oz, ruchka.

#### **Ishni bajarish tartibi.**

Tajribalarga asosan aniqlanganligini, suyuqlik ma'lum bir sharoitlarda to'g'ri chiziqli, tartibli (laminar) va boshqa sharoitlarda tartibsiz (turbulent) harakat qiladi.

Bunday tarkibga ega bo'lgan suyuqlik harakati bosimli yoki bosimsiz bo'lishi mumkin. Bosimli harakat bosim va og'irlik ta'sirida sodir bo'ladigan harakatdir. Bunday harakat davrida suyuqlik harakati har taraflama devorlar bilan o'ralgan

bo'lib erkin sirt bo'lmaydi. Bosimli harakatga quvurlarda bosim ta'siri ostida oqayotgan suyuqlik misol bo'ladi.

Bosimsiz harakat - bu suyuqlikning og'irlik kuchi ta'siridagi haraktdir. Bunda suyuqlik erkin sirtga ega bo'ladi. Bosimsiz harakatga daryolar, kanalizatsiya quvurlari, kanallar va to'lmasdan oqayotgan quvurlardagi suyuqliklar misol bo'la oladi.

harakat tartibini aniqlash masalasini hal qilish maqsadida rus olimi D.I Mendeleev va ingliz fizigi O. Reynolds turli tajribalar o'tkazgan. Suyuqlikning harakat tartibini belgilovchi sharoitlar fizik tarifini 1883 yil O. Reynolds topgan. U harakatning tartibi suyuqlik turiga uning quvuridagi harakat tezligiga, qovushqoqligiga va quvurning diametriga bog'liqligini aniqlab, o'lchovsiz birlik bilan ifodalanadi.

$$R_e = \frac{g \cdot d}{\nu}$$

bu yerda  $R_e$ - harakat tartibi kriteriysi;

$g$ - suyuqlik harakati tezligi;

$d$ -quvur diametri;

$\nu$  - kinematik qovushqoqlik koeffitsenti.

harakat tartibining chegarasi (kritik nuqtasi) Reynolds soni bilan aniqlanadi, ya'ni:

$$g_{kp} = \frac{\nu \cdot Re_{kp}}{d} = \frac{g_{2320}}{d} \quad (2)$$

Agar  $\nu < \nu_{kp}$  xolatqayd etilsa, bunda suyuqlik harakati laminar; agar  $\nu > \nu_{kp}$  xolatqayd etilsa, bunda suyuqlik harakati turbulent tartibda bo'ladi.

Suyuqlik harakatining ikkala tartibida ham bosimning yo'qolishi Darsi-Veysbax empirik ifodasi orqali topiladi:

$$h_e = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{g^2}{2g} \quad (3)$$

Laminar tartibida Darsi koeffitsenti ( $\lambda$ ) tezlikka bog‘liq va quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64 \cdot \nu}{g \cdot d} \quad (4)$$

Demak, suyuqlik laminar tartibli harakatda bosimining yo‘qolishi tezlikning 1 darajasiga proporsionaldir.

Laminar harakatdan turbulent harakatga o‘tish vaqtidagi qarshilik koeffitsienti gidravlik qarshilikning murakkab qonuni Frenkel qonuni bilan ifodalanadi:

$$\lambda = \frac{2.7}{Re^{0.33}} \quad (5)$$

Reynoldsning yuqori kritik soni: ( $Re_{kr,yuk}$ ) Reynolds quyi kritik songa ( $Re_{kp,kuy}$ ) tezlik kattaligiga ko‘ra mos tushmaydi. Bu orada o‘tish maydoni bo‘ladi. quyidagi grafikda tartibning tezlik kattaligiga bog‘liqligini ko‘rish mumkin.

Bunda, 
$$g_{kp} = \frac{\nu \cdot Re_{kp}}{d} = \frac{g_{2320}}{d} \quad (6)$$

### **Tajriba qismi.**

Tajribada suyuqlikni ikki xil tartibi mavjudligiga ishonch xosil qilish.

Bunda shishaquvurdagi suyuqlikning harakatini kuzatib, suyuqlikning sekin oqishida (laminar, tartibli) harakatlanayotgan suyuqlik orasida chizilgan ipchaga o‘xshagan oqimchalar traektoriyalarini ko‘rish mumkin.

### **Tajriba qurilmasi**

Bosimdagi (A) bakga quvur (T) ulangan. Bosim bakiga cheklangich (ch) o‘rnatilgan. U suv satxini va texnik teshik, tinchlantiruvchi panjara (P) ni ushlab turadi. Bu panjara suvning uzatish quvuridan bak (A) ga o‘tish vaqtidagi uyurmalanishni yo‘qotish uchun ishlaydi. Shishaquvur (T) ning oxirida sarfni boshqarib turish uchun jo‘mrak (J) o‘rnatilgan. Bak ustidagi yana bir idish (V)

oʻrnatilgan, idish ichiga maxsus boʻyoq quyiladi. Idishdan pastga qaratilgan joʻmrak oʻrnatilgan. quvur orqali joʻmrak ochilib boʻyoq shishaquvurga oqizib qoʻyiladi. Boʻyoq sarfini boshqarish uchun joʻmrak oʻrnatilgan. Ishni bajarish vaqtida qoʻpol xatoliklarga yoʻl qoʻymaslik uchun boʻyoq zich boʻlmasligi kerak. Bundan tashqari uning zichligi suv zichligiga teng boʻlishi, tezligi esa, suyuqlikning shishaquvuriga kirish tezligiga yaqin boʻlishi kerak. Suyuqlikning haroratini oʻlchash uchun bak (A) ning burchagiga termometr oʻrnatiladi.

### **Tajriba oʻtkazish tartibi.**

1. Tajribani oʻtkazish uchun bosim bakini suv bilan toʻldiring, undagi ortiqcha suv cheklagich orqali oqib keta boshlaydi va suv satxi oʻzgarmaydi. Bak suv bilan toʻldirilgandan keyin (J) joʻmrak yordamida shisha quvurda kichik tezlikni oʻrnatib, kichik joʻmrak yordamida suvni chiqishi boshqariladi. Bunda ingichka ipga oʻxshagan boʻyalgan oqimni xosil qilishga erishing (laminar, tartibli) joʻmrak (J) ni sekin asta ochish bilan shisha quvurdagi tezlik oshiriladi. Bunda oqim egrilashadi, tezlikning oshirishini davom ettirib, katta tezlikda boʻyalgan oqimning shiddatli oqimga qoʻshilib ketishi kuzatiladi (turbulent, tartibsiz). Tezlikni sekinlatish joʻmrakni berkitish yordamida yana laminar tartibli boʻyalgan ipga oʻxshagan chiziq xosil qilish mumkin.

2. Har bir tartibda Reynolds sonini aniqlash uchun quyidagilarni aniqlang:

a) shisha quvuridagi suyuqlikni tirik kesim (suyuqlik xarakat qilayotgan uzatish quvurining koʻndalang kesimi) yuzasi:

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

bu yerda, d-shishaquvur diametri;

b) suvni temperaturasini oʻlchash va kinematik qovushqoqlik koeffitsientini toping.

Suvning kinematikqovushqoqlik koeffitsientini Puazeyl ifodasi yordamida topiladi:

$$\nu = \frac{0.0177}{(1 + 0.0337t + 0.000221/t^2) \cdot 10^{-4}}, \text{ sm}^2/\text{c}$$

bu yerda t-suvning temperaturasi (°C hisobida)

v) jo'mrak - (J) yordamida talabqilingan tartibni o'rnatish.

Reynolds kritik soniga to'g'ri keladigan tartib o'rnatish uchun  $Re_{kr}$  kritik tezlikni va unga to'g'ri keladigan sarfni aniqlash kerak.

Reynolds kritik soni tsilindrsimon bosimliquvurlardagi laminar harakati uchun quyidagiga teng:

$$Re \leq Re_{kp} = \frac{\rho \cdot d_{kp}}{\nu} = 2320$$

Turbulent harakati esa:

$$Re \geq Re_{kp} = \frac{\rho \cdot d_{kp}}{\nu} = 2320$$

g) sekundomer va o'lchov baki yordamida suyuqlik sarfi aniqlanadi, quyidagiga teng:

$$Q = \frac{W}{T}$$

d) quvurdagi suvning o'rtacha tezligi aniqlanadi:

$$\rho = \frac{Q}{\omega}$$

bu yerda, q-suvning sarfi;

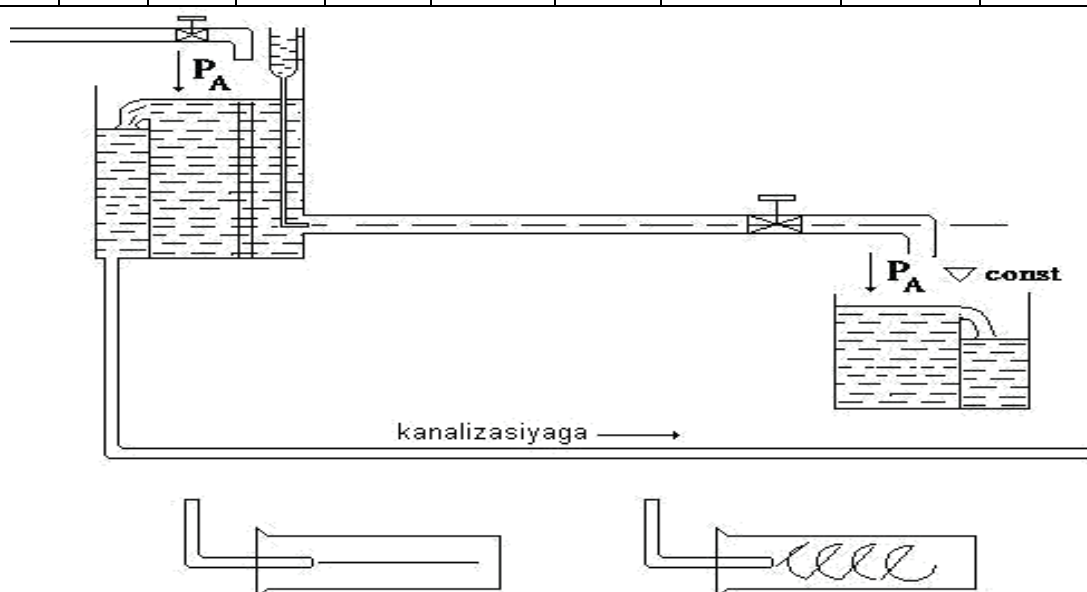
$\omega$ - suyuqlikning tirik qisim yuzasi.

o'lchash ishlari 3 marta qaytarilib laminar, turbulent va kritik tartiblarda hisob-kitob ishlari bajariladi va quyidagi jadvalga yoziladi.

1. Tajriba ishini kuzatish va natijalarni olish jarayoni.



№	Xajmi, sm <sup>3</sup>	Vaqt, s	Sarf, sm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> s	Diametri, sm <sup>2</sup>	Tirik kesim yuzasi, sm <sup>2</sup>	o'rtacha tezlik, smg <sup>-1</sup> s	Temperatura, °S	Kinematikqovushqoqlik koeffitsienti sm <sup>2</sup>	Reynolds soni	harakat tartibi	
										Kuzatish	hisob-kitob
1											
2											



- I. **Olingan va tahlil natijalari;** *laboratoriya mashg'ulotini olib borish natijasida suyuqliklarning laminar harakatdan turbulent harakatga o'tish vaqtidagi qarshilik koeffitsienti gidravlik qarshilikning murakkab qonuni Frenkel qonuni bilan ifodalanadigan ifodalarning mohiyati tushunilib, ularni amalda qo'llash texnologiyasini aniqlandi.*

**Xulosalar:** laboratoriya mashg'ulotini to'liq bajargan talabalar suyuqlikning har bir tartibda Reynolds sonini aniqlash uchun har xil turdagi quvurlarda xosil bo'ladigan bosimlarni aniqlash va Reynolds kritik soniga to'g'ri keladigan tartib o'rnatish uchun  $Re_{kr}$  kritik tezlikni va unga to'g'ri keladigan sarfni aniqlash bo'yicha bilim xulosalar qilinadi.

## **Asosiy adabiyotlar:**

1. N.Buddhi Hewaknadamby. A first course in Fluid Mechanics for enjeriis Angliy 2012
2. Латипов К.Ш. “Гидравлика, гидромашиналар ва гидропневмоюритмалар” Дарслик. Т.:, 1992 й.
3. Н.С.Нурмухамедов, А.Ш.Абдуллаев ва бошқалар “Гидравлика гидромашиналар ва гидроюритмалар” Дарслик.Т.: 2012 й.
4. Умаров А.Ю. Гидравлика.-Т.:Ўқитувчи, 2002.
5. Бозоров Д.Р., Каримов Р.М. Гидравлика. –Т.:Ўқитувчи, 2004.

### **4-mavzu. Gidravlik yo‘qotish koeffitsiyentini truba uzunligi bo‘yicha aniqlash. (2-soat).**

#### **Ishning maqsadi va vazifasi.**

1. Oddiy quvurlarda bosimning yo‘qolishini tajriba yo‘li bilan aniqlash.
2. Uzunlik bo‘yicha gidravlik ishqalanish koeffitsientini tajriba ma’lumotlari vaquvur o‘lchamlariga asoslanib topish.
3. Topilgan tajriba natijalarini ma’lum ifodalarga asosan aniqlangan qiymatlar bilan solishtirish.

Kerakli jixoz va asboblar: pyezometr, monometr, vakuummetr, qalam, har xil o‘lchamdagi gidravlik quvurlar, A4 formatidagi qog‘oz, ruchka.

#### **Ishni bajarish tartibi.**

Tarmog‘i yo‘q, uzunligi bo‘yicha bir hil diametrga ega bo‘lgan quvurlar oddiy uzatish quvurlari deyiladi. Bunday uzatish quvurlarida suyuqlik doimo o‘rtacha tezlikda harakat qiladi. Quvurlarda bosimning yo‘qolishi ishqalanish va mahalliy qarshilikka bog‘liqdir.

Ishqalanish qarshiligi real suyuqliklarda mavjud bo‘lib, uzatish quvurining butun uzunligi bo‘yicha ta’sirqiladi. Uning miqdori suyuqlik oqimining tartibiga (laminar yoki turbulentlik darajasi) bog‘liqdir.

Mahalliy qarshilik suyuqlik harakat shaklini o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lgan tezlikning harqanday o‘zgarishi vaqtida paydo bo‘ladi. Bularga birquvurdan

ikkinchi quvurga o'tish joyi, quvurlarning tekis kengayishi, tekis torayishi yoki keskin kegayib torayishi, tirsaklar, oqim yo'nalashi o'zgartiruvchi qurilmalar (jo'mrak, vintel ) va boshqalar kiradi.

Shunday qilib, yo'qotilgan bosim ikki had yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$H = H_l + H_m \quad (1)$$

Bu yerda,  $H_l$ -uzunlik bo'yicha bosim yo'qolishi,  $H_m$ -mahalliy qarshilik hisobiga bosim yo'qolishi.

Avvaliga tajribalarda ma'lumki, biz gidravlik ishqalanish koefftsientini quyidagi ifodadan aniqlagan edik:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (2)$$

Silindrik quvurlarda bu ifoda Reynolds soni 2320 dan kichik bo'lgan laminar harakatlar uchun, tajribalarda ishqalanish qarshiligining solishtirma energiyaga proporsional ekanligini ko'rsatadi, ya'ni:

$$H = \frac{g^2}{2g} \quad (3)$$

Bu ifodadan proporsionallik koefftsienti birqancha miqdorlarga bog'liq bo'lib, oxirgi xulosa bosim yo'qolishini aniqlovchi ifoda, Darsi-Beysbax ifodasini hosil bo'lishiga olib keladi:

$$H_e = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{g^2}{2g} \quad (4)$$

bu yerda  $\lambda$  - gidravlik ishqalanish koefftsienti yoki Darsi koefftsienti deyiladi.

Ko'rib o'tilgan sohalarda  $\lambda$ -ning o'zgarishi qonunini emperik ifodalar bilan ifodalashda juda ko'p mualliflarning ishi bor. Masalan, gidravlik silliq quvurlar sohasida Blazius. P.K. Konakov va Prandtl formulalaridan foyadlaniladi.

Blazius ifodasi:

$$\lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \quad (5)$$

Bu ifodada Reynolds soni  $R < 10^5$  bo'lgan tajribalarga yaxshi mos keladi. Reynolds sonining kattaroq diapazonlari uchun P.K. Konakov ifodasidan foydalanish mumkin:

$$\lambda = \frac{1}{(1.81 \cdot \lg Re - 1.5)} \quad (6)$$

1932 yilda L. Prandtl quyidagi ifodani keltirib chiqaradi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg(R_e \sqrt{\lambda}) - 0.8 \quad (7)$$

Keltirilgan ifodalar silliqquvurlar uchun chiqarilgan bo'lib, G'adir-budir quvurlar uchun ulardan foydalanib bo'lmaydi.

1938 yil Kolbruk o'zining va boshqa mualliflarning tajribalari asosida texnik quvurlarni hisoblash uchun turbulent tartibining barcha zonalariga umumiy bo'lgan ifodani taklif qildi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \left( \frac{\Delta}{3.7d} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (8)$$

Bu ifodani G'adir-budir quvurlarning kvadratik qarshilik sohasi yoki qat'iy turbulent sohasi uchun soddalashtirsak, G'adir-budir quvurlar uchun Prandtl ifodasi ko'rinishiga keladi:

$$\lambda = \frac{0.25}{\left( \lg \frac{\Delta}{3.7} \right)^2} \quad (9)$$

Turbulent tartibning sohalarini o'z ichiga oluvchi va hisoblash ishida qulayroq ifodani D. Altshul  $\lambda$  ning keng sohasi uchun tajribalarga asoslanib taklifqildi:

$$\lambda = 0.11 \left( \frac{Re}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25} \quad (10)$$

Yangi po'lat va cho'yanquvurlar uchun gidravlik qarshilikni Shevelev ifodasidan foydalanib quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda_{kp} = \frac{0.021}{d^{0.3}} \quad (11)$$

Ko'rsatilgan va amalqilinadigan qonunlar chegarasi yaqinlashtiruvchi harakterga ega.

### **Tajriba qurilmasi.**

Tajriba qurilmasi bosim baki - A, o'chog' baki - B, va o'tkazuchi quvur-V dan iborat.

Vintel  $P_1, P_2$ , ko'rsatishlar hosil qilish uchun ishlaydi. Sarfni o'lchash uzatish quvuridagi vintel -K dan chiqishda aniqlanadi. Bosim sarfini uzatish quvuri uzunligi bo'yicha gidravlik qarshilik ko'effitsientini aniqlashda quvur doimiy diametr  $d$  va doiraviy kesimga ega bo'ladi.

### **Tajribani o'tkazish tartibi.**

1. Quvur ichki diametrini va  $P_1, P_2$  P'ezometrlar orasidagi masofani aniqlang.
2. Bosim baki-A ni suv bilan to'ldiring. To'ldirish vaqtida vintel -K berkitilgan xolda bo'lishi kerak.
3. Qurilma boshidagi 1-vintelni to'la ochib uzatishquvuri oxiridagi vintel -K ni sekiroq oching. Talabqilinayotgan harakat tartibi va P'ezometrlar ko'rsatishini xosilqilishga erishing.
4. Bu ishlarni to'la amalga oshirganingizdan keyin o'lchov baki va sekundomer yordamida sarfq ni hajmiy yo'l bilan aniqlang.
5.  $P_1$  va  $P_2$  P'ezometrlar ko'rsatishiniqayd eting.
6. Suvning temperaturasini aniqlang. Reynolds sonini hisoblang.
7. Olingan natijalarni ifodalar yordamidaqayta ishlab jadvallarni to'ldiring.

### **Tajriba ishlarini qayta ishlash.**

1. Suyuqlik sarfini aniqlang.

$$Q = \frac{W}{t}, \text{ sm}^2/\text{s}$$

1. Reynolds sonini hisoblang.

$$R_e = \frac{g \cdot d}{\nu}$$

2. Uzatish quvurdagi suyuqlikning o'rtacha tezligini aniqlang.

$$g = \frac{Q}{\omega}, \text{ sm/s}$$

3. Bosim yo'qolishini uzatish quvuri uzunligi bo'yicha aniqlang.

$$h_l = \lambda \frac{1}{d} \cdot \frac{g^2}{2g}$$

4. Oligan nazariy va tajriba natijalarini solishtirib, uzunlik bo'yicha bosim yuqolishini va gidravlik qarshilik koeffitsientini foiz (%) ko'rinishida hisoblang

$$\left[ (\lambda_{\text{naz}} - \lambda_{\text{taj}}) / \lambda_{\text{naz}} \right] \cdot 100 \%$$

5. Natijalarni jadvallarga yozing.

**Tajriba qurilmasi haqida ma'lumot.**

1-jadval.

№	Tajriba qurilmasi haqida ma'lumot	Belgilar	o'lchov birligi	Qiymatlar
1	quvurning ichki diametri	D	sm	
2	Tirik yuzasi	$\omega$	sm <sup>2</sup>	
3	P'ezometrlar orasidagi masofa	L	sm	
4	Suyuqlik temperaturasi	T	°C	
5	Suyuqlikning kinematik qovushqoqlik koeffitsienti	$\nu$	sm <sup>2</sup> /s	

2- jadval

№	Tajriba natijalari	Belgilar	o'lchamlar			
			1	2	3	o'rtacha
1	Suyuqlik xajmi	W				
2	Tajriba uchun vaqt	T				
3	Suyuqlik sarfi	Q				
4	Ko'rsatkich №1					
5	Ko'rsatkich №2					
6	P'ezometrlar ko'rsatkich farqi					

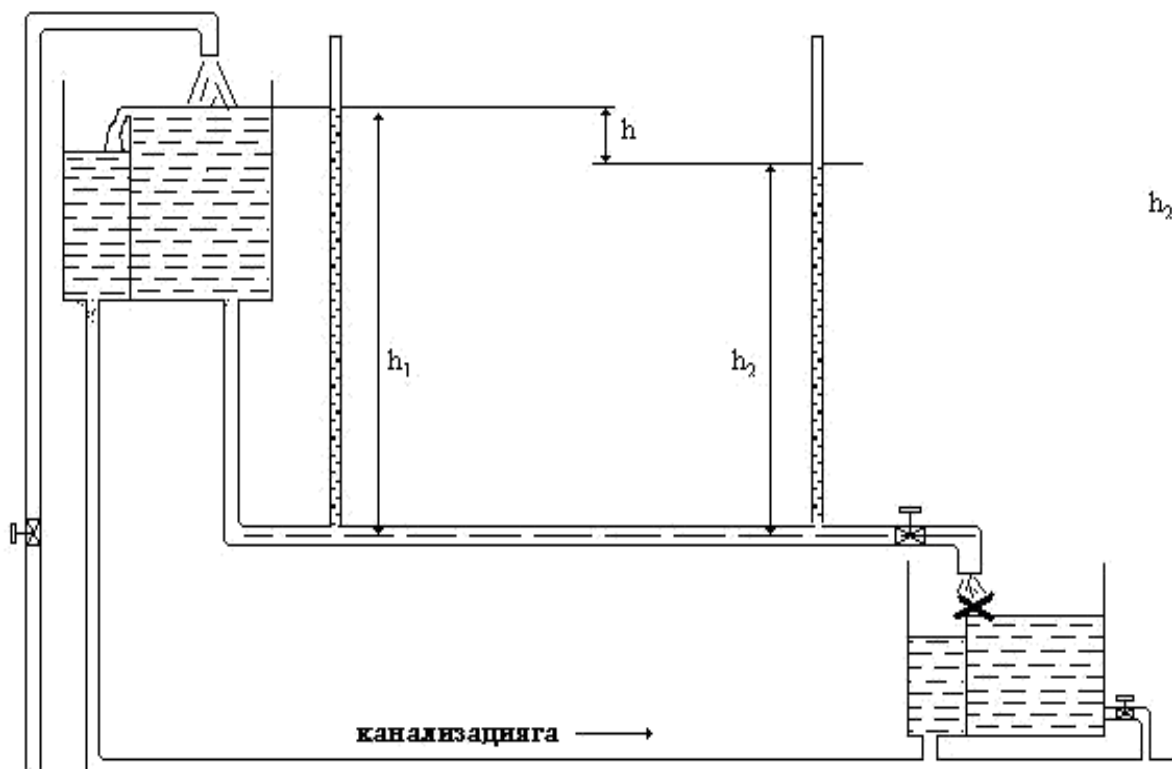
3-jadval

	Kuzatilgan kattaliklar	Belgilar	hisoblash ifodasi	Tajriba	
				1	2
	Sarf				
	O'rtacha tezlik				
	Bosim kamayishi				
	Koeffitsienti				

$\lambda = f(\rho)$  grafigini ko'rish uchun jadval.

4-jadval

Ko'rsatkichlar	Turbulent harakat		
	Belgilar	Notekisquvur	
		O'tish maydoni	Kvadrat maydon
O'rtacha tezlik			
Reynolds soni			
Koeffitsient			
Grafik			



**I. Olingan va tahlil natijalari;** *laboratoriya mashg'ulotini olib borish natijasida oddiy quvurlarda bosimning quvur uzunligi bo'yicha yo'qolishini mohiyatini tushunib, gidravlik quvurlar va suyuqliklarning ishqalanish koeffitsienti nimalarga bog'liq va qanday ularni amalda qo'llash texnologiyasi aniqlandi.*

**Xulosalar:** laboratoriya mashg'ulotini to'liq bajargan talabalar suyuqlikning sarfini aniqlab, Reynolds sonini aniqlash uchun har xil turdagi quvurlarda hosil bo'ladigan bosimlarni aniqlash va Reynolds kritik soniga to'g'ri keladigan tartib o'rnatish uchun  $Re_{kr}$  kritik tezlikni va unga to'g'ri keladigan sarfni aniqlash bo'yicha xulosalar qilinadi.

#### **Asosiy adabiyotlar:**

1. Латипов К.Ш. “Гидравлика, гидромашиналар ва гидропневмоюритмалар” Дарслик. Т.:, 1992 й.
2. Н.С.Нурмухамедов, А.Ш.Абдуллаев ва бошқалар “Гидравлика гидромашиналар ва гидроюритмалар” Дарслик.Т.: 2012 й.
3. А.Ю. Гидравлика.-Т.:Ўқитувчи, 2002.
4. Бозоров Д.Р., Каримов Р.М. Гидравлика. –Т.:Ўқитувчи, 2004.

#### **5-mavzu. Quvurlardagi mahalliy qarshilik koeffitsiyentini aniqlash.**

**(2-soat).**

##### **Ishning maqsadi va vazifasi.**

1. Barqaror turbulent harakatidagi mahalliy qarshiliklar yo'li bilan aniqlash.
2. Tajriba yo'li bilan topilgan mahalliy qarshilik koeffitsientini  $\zeta$ -ma'lumotnoma ko'rsatkichlari bilan solishtirish.
3. Tajriba qurilmasida mahalliy qarshiliklar qiymatlarini aniqlash uchun ko'rsatkichlaridan foydalaniladigan P'ezometrlar ketma-ketligini belgilash.
4. Suyuqlik sarfinig va P'ezometrlar ko'rsatkichlarini tartibli ravishda aniqlash.
5. Quvurdagi suyuqlik harakati turbulent harakat ekanligini tekshirish.



6. Tajriba yo‘li bilan aniqlangan mahalliy qarshiliklar koeffitsientini  $\zeta$  - hisoblash va quyidagiga tavsiya etilgan ifodalar yordamida topiladigan kattaliklar bilan solishtirish.

Kerakli jixoz va asboblari: pyezometr, monometr, vakuummetr, qalam, har xil o‘lchamdagi gidravlik quvurlar, A4 formatidagi qog‘oz, ruchka.

### Ishni bajarish tartibi.

Mahalliy qarshiliklarda bosimning yo‘qolishi ( $h_m$ ) quyidagi ifoda bilan topiladi:

$$h_m = \zeta_m \frac{g^2}{2g} \quad (1)$$

bu yerda,  $\zeta$  -mahalliy qarshiliklarda bosim yo‘qolish koeffitsientini tajriba yo‘li bilan va empirik ifodalar bilan topiladi.

Bernulli ikki kesim uchun mahalliy qarshiliklardan oldingi va mahalliy qarshilik ta’sir maydoni tugagandan keyingi tekisliklar uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$h_m = \left( z_1 + \frac{P_1}{\gamma} \right) + \frac{a_1 g_1^2}{2g} - \left( z_2 + \frac{P_2}{\gamma} \right) - \frac{a_1 g_2^2}{2g} = h_n + \frac{a_1 g_1^2}{2g} - \frac{a_2 g_2^2}{2g} \quad (2)$$

bu yerda  $h_m$ -mahalliy qarshilikdan oldingi va keyingi ko‘rsatkichlari farqi, bu farqlar musbat va manfiy bo‘lishi mumkin, masalan oqimning keskin kengayishi. Bundan ko‘rinib turibdiki, bosimning pasayishi P’ezometrlar ko‘rsatkichlari farqiga teng, agarda mahalliy qarshilikdan oldingi va keyingiquvurlar diametrlari teng bo‘lsa bosimning tezlik kattaligi va P’ezometrlar ko‘rsatkichi aniq bo‘lgan tajriba yo‘li bilan mahalliy qarshilik koeffitsienti quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$\zeta_m = \frac{2gh_m}{g^2} \quad (3)$$

Quvurlarning keskin kengayishi:

Quvurlarning keskin kengayishida bosimning pasayishi Bord ifodasi orqali topiladi:

$$h_{\kappa\kappa} = \frac{(\mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_2)^2}{2g} = \zeta_{\kappa\kappa} \frac{\mathcal{G}^2}{2g} \quad (4)$$

bu yerda,  $\upsilon_1, \upsilon_2$  -oqimning quvur kengayguncha va kengaygandan keyin o'rtacha tezligi.

Bundan tashqari keskin kengayishdagi bosim yo'qolishi boshqa ifodalardan foydalanib topish mumkin:

$$h_{\kappa\kappa} = \zeta_{\kappa\kappa} \frac{\mathcal{G}_1^2}{2g}; \quad h_{\kappa\kappa} = \zeta_{\kappa\kappa} \frac{\mathcal{G}_2^2}{2g} \quad (5)$$

bu yerda

$$\zeta_{\kappa\kappa} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2; \quad \zeta_{\kappa\kappa} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1\right)^2$$

Keskin torayish:

Keskin torayishdagi bosim pasayishiquyidagi ifoda bilan topiladi:

$$h_{\kappa\kappa} = 0.5 \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1}\right) \frac{\mathcal{G}_2^2}{2g}$$

$$\zeta = 0.5 \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1}\right) - 0.5 \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)$$

bu yerda  $\varepsilon$ -siqilish koeffitsienti

Berkitgich (ventil ):

To'g'ri shpindelli berkitgichni to'g'ri ochilgan vaqtdagi mahalliy qarshilik koeffitsientiquyidagiga teng:

$$\zeta_{\text{ber}} = 3,0 \div 5,5$$

Burilish.

Ko'ndalang kesim yuzasi aylana bo'lgan quvurlardagi burilish qarshilik koeffitsientini  $\zeta_{\text{bur}}$  ni topish uchun quyidagi ifodadan foydalaniladi:

$$\zeta = \zeta_{90^\circ} \alpha$$

bu yerda  $\zeta_{90^0}$  -  $90^0$  li burilishda qarshilik koeffitsienti;

$\alpha$  – burilish burchagiga bog‘liq koeffitsienti.

$\zeta_{90^0}$  – koeffitsienti  $\frac{R}{d}$  (tarmoqning burilishi radiusiquvurning diametriga

nisbati) uzunligi bo‘yicha qarshilik koeffitsientiga bog‘liq.

A. D. Altshul ifodasidan:

$$\zeta_{90^0} = \left[ 0.20 + 0.001 \cdot (100\lambda)^b \right] \cdot \sqrt{\frac{d}{R}}$$

yoki quyidagi jadvaldan topish mumkin:

Quvurlar turi	R/d				
	1	2	4	6	10
Tekis devorlar	0.22	0.14	0.11	0.08	0.11
Notekis devorlar	0.52	0.29	0.23	0.18	0.20
Kriger ma'lumotiga ko'ra	0.80	0.48	0.30	0.32	0.42

$\alpha$  – koeffitsientini  $\alpha < 90^0$  xolatda A.Ya.Milovich ifodasiga asosan:  $\alpha = \sin \alpha_1$

$\alpha > 90^0$  bo‘lgan esa B.B. Nekrasov ifodasi bilan topiladi:

$$\alpha = 0.7 + 0.39 \frac{\alpha}{90^0}$$

Burilish burchagiga bog‘liq  $\alpha$  koeffitsienti  $90^0$  da 1,0 ga teng. Agar quvurlarda bir necha mahalliy qarshiliklar o‘rnatilgan bo‘lsa (jo‘mrak, berkitgich va boshqalar) u xolatdagi qarshiliklar orasidagi masofa 20 truba diametridan katta masofada bo‘lganida umumiy bosim yo‘qolishi aloxida mahalliy qarshiliklar yig‘indisiga teng bo‘ladi:

$$h_m = (\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \dots + \zeta_n) \frac{g^2}{2g}$$

Mahalliy qarshiliklar bir-biriga juda yaqin masofada joylashgan bo‘lsa, ular yagona qarshilik koeffitsienti tajriba yo‘li bilan topiladi. harakat paytida xosil

bo'ladigan mahalliy qarshilik suyuqlikning qovshqoqligi va harakat bo'layotgan uzunlik bo'yicha kesim o'zgarishi oqibatida bo'ladi.

Mahalliy qarshiliklarga keskin kengayish va torayish, asta kengayish va torayish, burilish, berkitgichlar, klapanlar, jo'mraklar, sun'iy ulashlar va boshqalar kiradi.

### **Tajriba o'tkazish tartibi va mazmuni.**

a) Jo'mrakni ochib quvurdan kelayotgan suv bilan (A) to'lg'azamiz. Bakni to'lishini quvurni boshlang'ichqismiga o'rnatilgan shisha naycha orqali kuzatish mumkin. Bakdagi suvni balandligi doimo o'zgarmasligini bak ichiga o'rnatilgan chegara devori orqali erishiladi.

b) Bosim baki 1 suv bilan to'lg'azilgandan so'ng, tajriba o'tkazishga kirishiladi va mahalliy qarshiliklar yordamida bosim yo'qolish koeffitsientini aniqlash mumkin. Suv xajmi  $W$  o'lchov idishi orqali bajariladi. Buning uchun:

1. Sistemada uzoq vaqt suvni oqizish yo'li bilan qarshiliklar va P'ezometrlardagi gazlarni chiqarish kerak.

2. Mahalliy qarshiliklardan oldin va keyingi quvur diametrlari va qarshiliklar kattaliklari o'lchanadi.

3. 2 va 3 jo'mraklardan foydalanib kerakli suv sarfini o'tkazish va qarshiliklar o'rnatilgan P'ezometrlar olish kerak. Mahalliy qarshiliklar suv sarfi o'tkazilayotgan vaqtda bosim bakidan ortiqcha suv chiqib ketishini kuzatish kerak.

4. P'ezometrlarni  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7$  ko'rsatkichlarini o'zgarmayotganligiga ishonch xosil qilgandan so'ng, suv sarfiq va xajmini  $W$  hamda vaqtni  $t$  o'lchash bilan birgalikda shu P'ezometrlar  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7$  oldingi va keyingi ko'rsatkichlari yozib olinadi.

### **Tajriba ishlariniqayta ishlash tartibi.**

Har bir mahalliy qarshiliklar uchun:

a) o'lchangan suv sarfiq, quvur diametri  $d_1$  mahalliy qarshiliklargacha va qarshiliklardan keyingi tezliklar hisoblab chiqiladi.

b) (2)-ifodadan foydalanib har bir mahalliy qarshiliklar uchun bosim yo'qolishini hisoblab chiqiladi.

$$g = \frac{Q_1}{\omega_1} \quad \text{bu yerda } \omega_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$$

qurilma o'lchamlari 1-jadvalda keltirilgan.

c) (3)-ifodadan foydalanib ko'rib chiqilayotgan mahalliy qarshiliklar uchun bosim yo'qolish koeffitsientini topamiz.

d) Ma'lumotnomada berilgan ko'satmalardan foydalanib tajriba o'tkazilayotgan mahalliy qarshiliklar uchun kerakli ifodalarni tanlab olinadi va mahalliy bosim yo'qotish koeffitsientini topiladi.

e) Tajriba yo'li bilan olinadigan mahalliy bosim yo'qolishi koeffitsientini tavsiya qilingan ifoda orqali olingan mahalliy bosim yo'qolishi koeffitsientiga taqqoslaymiz.

f) Olingan ma'lumotlarni foiz hisobida farqni hisoblab chiqamiz va farqlar sababini aniqlaymiz.

**Barcha hisoblarni jadvalga yozib chiqamiz.**

1-jadval

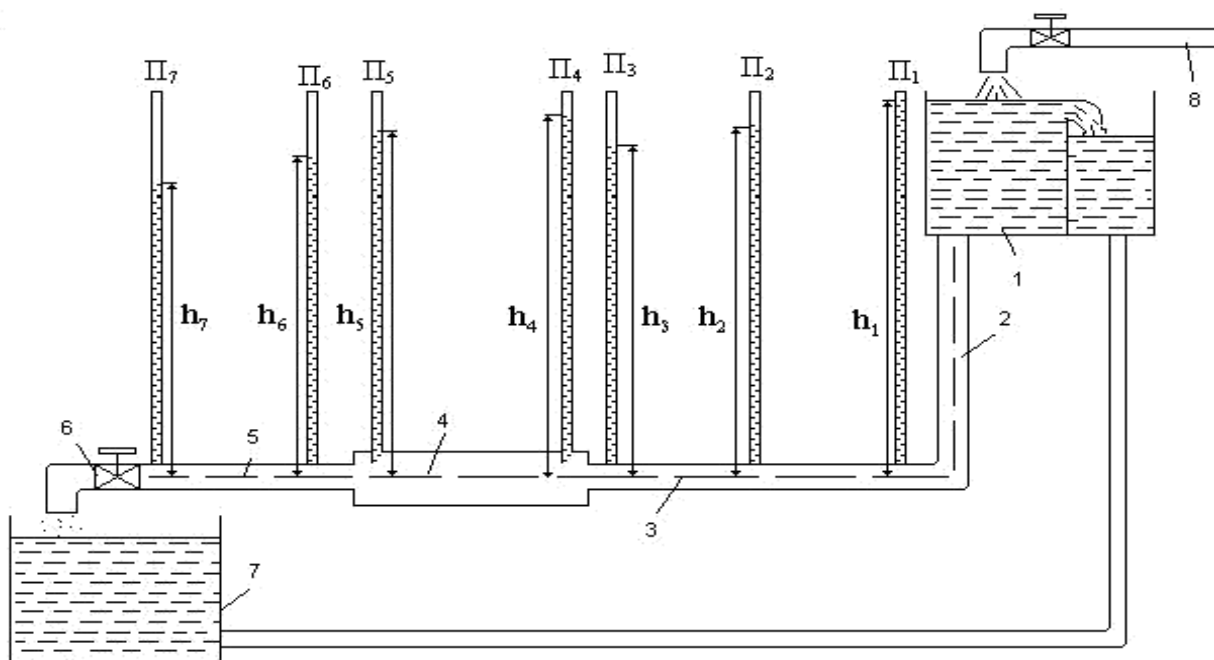
Kuzatilgan kattaliklar	Belgilar	o'lchov birligi	o'lchamlar			o'rtacha qiymat
Xajmi	W	m <sup>3</sup>				
Vaqt	T	S				
Sarfi	q	m/s				

**Tajriba qurilmasi haqida ma'lumotlar.**

2-jadval

	Belgilanishi	o'lchov birligi	I	II	V	I	II	III
Kesim diametri		sm						
Tirik kesim yuzasi		sm <sup>2</sup>						
Kesimlar orasidagi masofa		sm						

qarshilik turlari	Mahalliy qarshiliklar		Nazariy va amaliy qiymatlar farqi % hisobida	Bosimning yo'qolishi		Nazariy va amaliy qiymatlar farqi % hisobida
	Nazariy	Amaliy		Nazariy	Amaliy	
Vintel						
Keskin kenayish						
Keskin torayish						
Burilish 90°						
Jo'mrak						



I. **Olingan va tahlil natijalari;** *laboratoriya mashg'ulotini olib borish natijasida suyuqliklarning mahalliy qarshiliklar qiymatlarini aniqlash uchun ko'rsatkichlaridan foydalaniladigan P'ezometrlar ketma-ketligini belgilash*

*mohiyati tushunilib, Bernulli ikki kesim uchun mahalliy qarshiliklardan oldingi va mahalliy qarshilik ta'sir maydoni tugagandan keyingi tekisliklar uchun nimalarga bog'liq va ularni amalda qo'llash texnologiyasi aniqlandi .*

Xulosalar: laboratoriya mashg'ulotini to'liq bajargan talabalar Mahalliy qarshiliklar keltirib chiqaradigan bosimning yo'qolishini, keskin kengayishdagi bosim yo'qolishi qanday sodir bo'lishini, Bosimning yo'qolishiga kiradigan o'rtacha tezlikning qiymatlari, qarshiliklar koeffitsienti butun quvur sistemasi uchun qanday ifodalanishi va aniqlanishini bo'yicha xulosalar qilinadi

### **Asosiy adabiyotlar:**

1. N.Buddhi Hewaknadamby. A first course in Fluid Mechanics for enjeriis Angliy 2012
2. Латипов К.Ш. “Гидравлика, гидромашиналар ва гидропневмоюритмалар” Дарслик. Т.:, 1992 й.
3. Н.С.Нурмухамедов, А.Ш.Абдуллаев ва бошқалар “Гидравлика гидромашиналар ва гидроюритмалар” Дарслик.Т.: 2012 й.
4. Умаров А.Ю. Гидравлика.-Т.:Ўқитувчи, 2002.
5. Бозоров Д.Р., Каримов Р.М. Гидравлика. –Т.:Ўқитувчи, 2004.

### **6-mavzu. Vertikal yupqa devorli kichik teshikdan suyuqlikning oqishini o'rganish. naychalardan suyuqlik oqishini o'rganish. (2-soat).**

#### **Ishni maqsadi va vazifalari.**

1. Tashqi tsilindrik va konussimon tarqalib boruvchi nasadkalar orqali oqib o'tishini namoyish qilish.
2. Tashqi tsilindrik nasadkadagi vakuum miqdorini aniqlash.
3. Tashqi tsilindrik nasadkalar uchun siqilish ( $\epsilon$ ), tezlik( $\varphi$ ), sarf( $\mu$ ) va yo'qolish( $\zeta$ ) koeffitsientlarni aniqlash va ularni ma'lumotnomada berilganlari bilan taqqoslash.

Qurilmada nasadkalardan oqib ketishni o'rganish bo'yicha quyidagilarni bajarish shart.

a) Tashqi tsilindrik va konussimon tarqaladigan nasadkalardan oqib o'tish vaqtida oqim olish. Ish sharoitiga qarab ularni to'la kesimini o'rnatish, boshqa nasadkada ham vakuum miqdorini kuzatish, tashqi tsilindrik nasadka uchun ham vakuum miqdorini o'lchash.

b) qurilmada tashqi tsilidrik nasadka uchun H gidrodinamik bosim vaq sarfni o'lchash.

c) o'lchamlar asosida tashqi tsilindrik nasadka uchun kutilayotgan vakuum,  $\mu, \varphi, \varepsilon$  va  $\zeta$  larni hisoblash.

III. Kerakli jixoz va asboblar: pyezometr, monometr, vakuummetr, qalam, har xil o'lchamdagi gidravlik quvurlar, A4 formatidagi qog'oz, ruchka.

IV. Ishni bajarish tartibi.

Nasadka deb ya'ni gidravlik belgilarga (katta sarf yoki kichik kinetik energiya) ega bo'lgan oqim omili uchun mo'ljallangan teshikka biriktirilgan qisqa quvurga aytiladi. Oqimning bu yangi xususiyatlarni olish uchun nasadkalar o'lchamlari o'rtasidagi nisbatan aniqlangan bo'lishi kerak.

Oldingiga qaraqanda sarf koeffitsienti bo'lgan teshikli tashqi tsilindrik nasadkani ishlashi uchun  $\frac{l}{d} > 3\frac{1}{4}$  ga amalqilish kerak. Nasadkalar tashqi va ichki bo'ladi. Ular esa o'z navbatida tsilindrik, konik (tarqaluvchan va birlashuvchan) va konondal (egri chiziqlik tashkil etuvchilar bilan) tirqishdan oqib tushayotgan shaklga o'xshash bo'ladi. Suyuqlik tashqi tsilindrik nasadka ichida harakatlanganda siqilgan kesim xosil bo'ladi va bu kesimda vakuum kuzatiladi. Uning natijasida suyuqlik suriladi va teshikni o'tkazuvchanlik xususiyati oshadi. Nasadkani chiqishi kesimdagi I-I kesim uchun yozilgan Bernulli tenglamasidan topiladi.

$$Z = \frac{P_1 - P_a}{\gamma} + \frac{\varphi_0^2}{2g} = \frac{\varphi_B^2}{2g} + S_{\text{hoc}} \frac{\varphi^2}{2g}$$



bu yerda  $Z_n = \frac{\rho - \rho_a}{j} = H$  nasadka markazi ustidagi bosim

z- birinchi kesim istalgan nuqtasining koordinatasi

$R_1$ - shu nuqtadagi gidrodinamik bosim

$R_a$ - atmosfera bosimi.

$g_0$ - I-I kesimdagi tezlik.

$\zeta$  I-I kesimdan 2-2 kesimgacha energiya yo'qolishini hisobga olish kerak:

a) teshikka kirishdagi sarflar  $\zeta_{bk}$ :

b) nasadkada oqimni birdaniga kengayishidagi sarflar  $\zeta_{bp}$ :

v) nasadka uzunligi bo'yicha ishqalanishga ketgan sarflar  $\zeta_{gx}$ :

Demak  $\zeta_{nos} * \zeta_{mc} ] \zeta_{VR} ] \zeta_g \alpha$  (2)

Shuningdek uzunligiga ketgan sarf koeffitsientlar chiqish kesimidagi tezlikkaqaratilgan.

$\zeta_{mc} * 0,06$  ye  $\zeta_{mc} * 0,06 \cdot 0,64 * 0,15$  (3)

$$\zeta_{VR} * \left( \frac{\omega_B}{\omega_c} - 1 \right)^2 = \left( \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 = \left( \frac{1}{0,64} - 1 \right)^2 = 0,32 \quad (4)$$

Belgilar kiritamiz:  $\zeta_{mc} ] \zeta_{VR} * \zeta_{Vx}$

$$\zeta_{dl} * \lambda \frac{l}{d} \quad (5)$$

Bu yerda  $\lambda$  - uzunlik bo'yicha ishqalanish koeffitsienti.

l- nasadka uzunligi

d- nasadka diametri.

(I) tenglamadan:

$$\varphi_B = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_{BX} + \lambda \frac{l}{d}}} \sqrt{2g \left( H + \frac{x\varphi^2}{2g} \right)} = \varphi \sqrt{2gH_0} \quad (6)$$

Bu yerda  $H_0 = H + \frac{\alpha\varphi^2}{2g}$  oqib kelishdagi tezlik deb olingan bosim.

$\varphi$  - nasadka uchun tezlik koeffitsienti.

Suyuqlik tashqi tsilindrik nasadka xalqasidan to'la kesim bo'lib oqqani uchun shu nasadka uchun oqimning siqilish koeffitsienti  $\varepsilon = I$  ga teng. Shuning uchun tashqi tsilindrik nasadkadan oqib ketish vaqtida sarf koeffitsienti ( $\mu$ ) quyidagiga teng:

$$\mu = \varepsilon \cdot \upsilon = \varphi \quad (7)$$

Nasadkadan oqib ketish vaqtida suyuqlik sarfi quyidagicha topiladi.

$$Q = \mu \omega_B \sqrt{2gH} \quad (8)$$

Nasadkaning siqilgan kesimida vakuum miqdori nasadka o'qiga mos kelgan solishtirish tekisligi 0-0 dagi siqilgan va chiqish kesimlar uchun yozilgan Bernulli tenglamasidan topiladi (chizma)

$$\frac{P_c}{j} + \frac{\upsilon_c^2}{2g} = \frac{Pd}{j} + \frac{\upsilon_B^2}{2g} + \zeta \frac{\upsilon_B^2}{2g} \quad (9)$$

Bu yerda  $R_s$  - siqilgan kesimda gidrodinamik bosim

$\upsilon_s$  - siqilgan kesimda tezlik

$\zeta$  - sarf koeffitsientlarini yig'indisi.

Uzunligi bo'yicha ishqalanishga ketgan sarflarni hisobga olmagan xolda

$$\zeta = \left( \frac{\omega^2}{\omega_c^2} - 1 \right)^2 = \left( \frac{1}{\varepsilon_{mc}} + 1 \right)^2 = \frac{(1 - \varepsilon_{mc})^2}{\varepsilon_{mc}^2} \quad (10)$$

Vakuum miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{\rho_a - \rho_c}{\gamma} = h_{\text{bak}} = \frac{\varphi^2_B}{2g} \left[ \frac{1}{\varepsilon_{mk}^2} - 1 - \frac{(1 - \varepsilon_{mc})^2}{\varepsilon_{mc}} \right] = \frac{l(1 - \varepsilon_{mc})}{\varepsilon_{mc}} \cdot \frac{vb^2}{2g} \quad (11)$$

(6) formulani qo'llasak:

$$h_{\text{bak}} = 2v^2 \frac{1 - \varepsilon_{mc}}{\varepsilon_{mc}} H_0 \quad (12)$$

### 1. Tajriba mazmuni va o'tkazish tartibi.

a) Nasadkalarini ishlash sharoitlarini o'rganish.

Tashqi tsilindrik va konik tarqaluvchan nasadkalardan oqib o'tishni namoyish qilishda quyidagilarni bajarish kerak:

1. Ularni o'lchamlarini o'lchash va berilganlarini jadvalga yozish.
2. Nasadkalarini tirqishdan to'la oqib chiqayotgan oqimi bilan ishlash sharoitini o'rganish. Buning uchun ochiq teshikli nasadkalar va oldindan berk teshikli nasadkalarini asta sekin bosimni ko'tarib nasadkalar ishi tekshiriladi.
3. Bir xil bosimda tsilindrik va konik tarqaluvchan nasadkalarini o'tganda sarfini aniqlash hamda shu sharoitda vakuumni o'lchash:

a) tashqi tsilindrik nasadkalar uchun siqilgan kesimda sarf koeffitsienti va vakuumni aniqlash.

1. Bir xil ochiq ventilda nasadkalarining sarf koeffitsientini aniqlash uchun sarf va bosim ikki martadan o'lchanadi va aniqlanadi. Berilgan jadvalga yoziladi.
2. tashqi tsilindrik nasadkalarda siqilgan kesimda vakuumni aniqlashda nasadkada o'rnatilgan vakuumometrlar ko'rsatgan ko'rsatmalari yoziladi va bulardan eng kattasi siqilgan kesimda vakuumometr ko'rsatkichi deb olinadi.

## 2. Ishlab chiqarish tartibi.

a) nasadkalar ishlab chiqarish sharoitini o'rganish. Jadvalda nasadkalar ishlab chiqarish sharoitini o'rganishdagi kuzatishlar natijasi yozilgan bo'lishi kerak.

b) Sarf koeffitsientini aniqlash.

Buning uchun quyidagilarni bajarish kerak:

1. Ta'sir qilayotgan bosimni aniqlash. U quyidagicha aniqlanadi:

$$H_0 = z + \frac{\rho}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g}$$

Bu yerda:  $z$ - teshik o'qi ustidan olingan  $p$  yezometr ko'rsatkichlarini hisoblashdagi nuqta koordinatasi.

$v_0$ -qurilma tsilindrik quvuridagi tezlikka teng bo'lgan nasadka teshigiga yetib kelishdagi tezlik

$$v_0 = \frac{Q}{0,785\rho_0^2}$$

$q$ - shu tajribadagi ikkita o'lchangan sarflar o'rtaqiymati.

$\frac{\rho}{\gamma}$  -  $p$  zometr ko'rsatish.

II. Sarf koeffitsientini aniqlash.

U quyidagi aniqlanadi.  $\mu = \frac{Q}{\omega_B \sqrt{2gH}}$

Sarf koeffitsienti  $\mu$ - niqiymatini boshqa tekshirishda olingan qiymatlar bilan solishtiramiz, bunda ma'lumotnoma berilganlari ham ishlatiladi. III. tashqi tsilindrik nasadkalar uchun vakuum miqdorini aniqlash tashqi tsilindrik nasadkani siqilgan kesimga joylashtirilgan shtutserga birlashgan vakuumometr ko'rsatishlari bo'yicha aniqlanadi. /12/ - chi formulada topilgan vakuum miqdori / bu formulada yuqqa

devor kichik teshik to'g'ri kelgan  $\varepsilon$ - niqiymati va tajribada olingan  $\upsilon$ - niqiymatlari olinadi/. o'lchab olingan vakuum miqdori bilan solishtiriladi.

**II. Olingan va tahlil natijalari;** *laboratoriya mashg'ulotini olib borish natijasida suyuqliklarning mahalliy qarshiliklar qiymatlarini aniqlash uchun ko'rsatkichlaridan foydalaniladigan P'ezometrlar ketma-ketligini belgilash mohiyati tushunilib, Bernulli ikki kesim uchun mahalliy qarshiliklardan oldingi va mahalliy qarshilik ta'sir maydoni tugagandan keyingi tekisliklar uchun nimalarga bog'liq va qanday ularni amalda qo'llash texnologiyasi aniqlandi .*

**III.** Xulosalar: laboratoriya mashg'ulotini to'liq bajargan talabalar Mahalliy qarshiliklar keltirib chiqaradigan bosimning yo'qolishini, keskin kengayishdagi bosim yo'qolishi qanday sodir bo'lishini, Bosimning yo'qolishiga kiradigan o'rtacha tezlikning qiymatlari, qarshiliklar koeffitsienti butun quvur sistemasi uchun qanday ifodalanishi va aniqlanishini bo'yicha xulosalar qilinadi.

#### **Asosiy adabiyotlar:**

1. Латипов К.Ш. “Гидравлика, гидромашиналар ва гидропневмоюритмалар” Дарслик. Т.:, 1992 й.
2. Н.С.Нурмухамедов, А.Ш.Абдуллаев ва бошқалар “Гидравлика гидромашиналар ва гидроюритмалар” Дарслик.Т.: 2012 й.
3. Умаров А.Ю. Гидравлика.-Т.:Ўқитувчи, 2002.
4. Бозоров Д.Р., Каримов Р.М. Гидравлика. –Т.:Ўқитувчи, 2004.

### **7-mavzu. Gidravlik zarbni o'rganish. (4-soat).**

#### **Ishning maqsadi va vazifasi.**

Gidravlik zarba hodisasidan amalda foydalanish azaldan ko'pchilik olimlar va muhandislar e'tiborini o'ziga tortgan bo'lsa-da, quvur tarmoqlarning asosiy elementlarida kechadigan fizikaviy va gidrodinamik jarayonlar adabiyotlarda to'la

yoritilmagan. Murakkab gidravlik sistemalarda real sharoitlarda suyuqlik harakat tartibining o'tish davri jarayonlarining o'ziga xos xususiyatlari-zarba to'lqinining quvur uzunligi bo'yicha tarqalishi murakkab muhandislik masalalaridan biri hisoblanib, tajriba jarayonida zarba haqida to'liq tushunchalarga ega bo'lish mumkin.

Elektr energiyasi tanqis bo'lgan tog'li xududlarda, ayniqsa Respublikamizning chekka qishloqlarida ko'p hollarda "Gidravlik taran" printsiptida ishlovchi suv ko'tarish qurilmalaridan samarali foydalanish mumkinligini o'rganish va bu jarayonning amaliy ahamiyatini to'la o'zlashtirishdan iborat.

Kerakli jixoz va asboblari: pyezometr, monometr, vakuummetr, qalam, har xil o'lchamdagi gidravlik quvurlar, A4 formatidagi qog'oz, ruchka.

### **Ishni bajarish tartibi.**

Gidravlik taran qurilmasining ishlash printsipti bundan qariyb yuz yil avval rus olimi prof. N.Jukovskiy tomonidan ishlab chiqilgan "Gidravlik zarba nazariyasi"ga asoslangan.

Quvur tarmoqlarda gidravlik zarba hodisasi oqimning tezligi yoki bosimi keskin o'zgarganida suyuqlikning deformatsiyalanishi va uning tarmoq uzunligi bo'yicha tarqalish jarayonidir. Gidravlik zarba oqibatida quvurlarda bo'ylama yoriqlar hosil bo'lishi, gidrodinamik bosim ostida ishlaydigan qurilma va jihozlar nosoz holatga kelishi mumkin.

Gidravlik zarba hodisasidan amalda foydalanish azaldan ko'pchilik olimlar va muhandislar e'tiborini o'ziga tortgan bo'lsa-da, quvur tarmoqlarning asosiy elementlarida kechadigan fizikaviy va gidrodinamik jarayonlar adabiyotlarda to'la yoritilmagan. Murakkab gidravlik sistemalarda real sharoitlarda suyuqlik harakat tartibining o'tish davri jarayonlarining o'ziga xos xususiyatlari-zarba to'lqinining quvur uzunligi bo'yicha tarqalishi murakkab muhandislik masalalaridan biri hisoblanadi.

Jukovskiy nazariyasiga ko'ra gidravlik zarba natijasida quvurda bosimning ortishi va orttirilgan bosim to'lqinining tarqalish tezligi quyidagi formulalar bilan ifodalanishi mumkin:

$$p = \rho v c \quad (1)$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho \left( \frac{1}{E_1} + \frac{d_1}{b E_2} \right)}} \quad (2)$$

Formulalarda:  $\rho$ –suvning zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $v$  –tortuvchi tarmoqda suv oqimining tezligi, m/sek;  $c$ –gidravlik zarba oqibatida hosil bo‘ladigan orttirilgan bosim to‘lqinini quvurning bosh qismi tomon tarqalish tezligi m/sek;  $E_1$ –tabiiy suvning elastiklik moduli, N/m<sup>2</sup>;  $E_2$ –metall quvur devorining elastiklik moduli, N/m<sup>2</sup>;  $d_1$ – quvurning ichki diametri, mm;  $b$ – quvur devorining qalinligi, mm;  $p$ – quvur tarmoqda bosimning ortishi, N/m<sup>2</sup>;

Jukovskiy formulasiga suyuqlik uzatilayotgan quvurning uzunligi kiritilmagan. Vaholanki, qisqa quvurlarda gidrodinamik bosim uzun quvurlarga nisbatan kamroq bo‘ladi. Shuning uchun qisqa quvurlar nisbatan samarasiz ishlaydi. Bundan tashqari tortuvchi kuvurning uzunligi gidrotaranning unumdorligini ham belgilaydi. Quvur tarmoqda suv oqimining tezligi tarmoqning nishabligi, quvurning ko‘ndalang kesimi va diametriga bog‘liq.

Quvur tarmoq diametri 100 mm-dan kam bo‘lganda:

$$v = \sqrt{35,5 \frac{h_1}{L} d_1^{0,68}} \quad (3)$$

Quvur tarmoq diametri 100 mm-dan ortiq bo‘lganda:

$$v = \sqrt{31,2 \frac{h_1}{L} d_1^{0,625}} \quad (4)$$

Uzluksizlik tenglamasiga ko‘ra quvur tarmoqda oqayotgan suvning sarfi quyidagi formulalar bilan aniqlanishi mumkin:

$$Q = \frac{\pi d_1^2}{4} v \quad (5)$$

Gidravlik zarba paytida bosimning ortishi hisobiga suv oqimining bir qismi gidropnevmatik bakka zarb bilan kirib, undagi havoni siqadi va bosimli  $d_2$  tarmoq yordamida suvni yuqoriga uzatadi. Bunda havoning qarshiligini yengish uchun suv energisining bir qismi sarflanishi hisobiga suvning tezligi kamayadi, ya’ni:

$$v_1 = -\frac{2gh_2}{c} + \sqrt{\left(\frac{2gh_2}{c}\right)^2 + v^2} \quad (6)$$

Gidravlik zarba hosil qiluvchi klapan ishining bir tsiklida gidropnevmatik bakka kiradigan suvning massasi:

$$m = v_1 \frac{\pi d^2}{4} \frac{2L}{c} \rho \quad (7)$$

Gidropnevmatik bakning geometrik hajmi quyidagi ifoda bilan aniqlanishi mumkin:

$$V_0 = V \frac{\rho g h_2 + p_0}{p_0} \quad (8)$$

Mazkur formulalar bo'yicha olingan raqamli natijalar asosiy jarayonlarni aniq ochib bermasa-da, gidrotaran qurilmalarining asosiy elementlarini loyihalashda tayanch-omil bo'lib xizmat qiladi.

### **Tajriba ishlarini qayta ishlash tartibi.**

Gidravlik taran-elektr energiyasi xarajatlarisiz suvni yuqoriga ko'tarib beruvchi qurilma bo'lib, oqar suv energiyasini boshqa energiyalarga aylantirmay bevosita foydalangani uchun bir vaqtning o'zida nasos va dvigatel ni o'rnini bosadi.

Qurilmada qisqa vaqt ichida suv tortuvchi tarmoqda gidrodinamik bosimning ortishi, ya'ni gidravlik zarba hodisasidan samarali foydaniladi. Qurilmaning ishlash davrini uch bosqichga bo'lish mumkin: tezlanish davri, gidravlik zarbalar davri va xaydash davri.

Qurilmani suv bilan ta'minlovchi 1 sig'imli idish ichimlik suvi bilan to'ldiriladi. Idishda suv sathini bir xilda ushlab turish uchun suvning ortiqcha miqdori kanalizatsiya tarmog'iga oqiziladi.

Suv tortuvchi 2 quvur tarmoqda 3 jumrak, 4 va 5 manometrlar, suvni bir tomonlama o'tkazuvchi 6 bosimli va gidravlik zarba hosil qiluvchi 7 maxsus impuls klapanlari hamda 8 gidropnevmatik bak o'rnatilgan. Gidropnevmatik bak samarali ishlashi uchun uning yuqori qismida havo bo'shlig'i 9 bo'lishi lozim.



Gidropnevmatik bakda to'plangan suv bosimli tarmoq 10 yordamida ma'lum balandlikda o'rnatilgan 11 qabul qiluvchi idishga uzatiladi. Uzatilgan suvning miqdori hajmiy usul bilan o'lchanib, 1 idishga qaytariladi. Hidravlik zarba hosil qiluvchi 7 maxsus impuls klapanidan oqib chiqayotgan suv atrofga sachramasligi uchun klapan 14 idish ichiga joylashtirilgan.

Ta'minlovchi 1 idishdan tortuvchi 2 quvur tarmoqdagi 7 maxsus klapan orqali suv oqiziladi. Ish tsiklining bu davri tezlanii davri deb yuritiladi.

Suv tortuvchi quvur tarmoqning pastki qismida o'rnatilgan 7 maxsus impuls klapani bir onda yopilganda, 2 tarmoqda oqayotgan suv oqimining tezligi so'nib, uning kinetik energiyasi quvur devorini va suvni deformatsiyalash ishiga aylanadi. Bu yerda Hidravlika fanida uqtirilgani kabi "suyuqlik siqilmaydi" deb hisoblamay, uning siqilishini oz miqdorda bo'lsa ham hisobga olishga to'g'ri keladi, chunki aynan shu siqilish katta va chekli miqdordagi zarba bosimini vujudga keltiradi. Shuning uchun 7 maxsus impuls klapani oldida hosil bo'ladigan qo'shimcha bosimga mos ravishda quvur devorlari cho'zilib, "suyuqlik siqiladi". Klapan oldida to'xtatilgan suyuqlik zarralariga qo'shni bo'lgan zarrachalar ham yetib keladi va ularning ham tezliklari so'nadi. Natijada bosim oshish chegarasi maxsus klapanidan ta'minlovchi idish tomonga siljib boradi.

Bu to'lqin ta'minlovchi idishga yetib borganda, suv oqimi quvur tarmoq bo'yicha to'xtagan va siqilgan bo'lib, quvur devorlari esa butunlay cho'zilgan bo'ladi. Bosimning zarbali ortishi tortuvchi quvur tarmoqda butunlay tarqalgan bo'ladi.

Bunda o'z-o'zidan suvni bir tomonlama o'tkazuvchi 6 klapan ochilib, suvning bir qismi gidropnevmatik bakka zarb bilan kiradi va undagi 9 havoni siqadi. Shu bilan birga zarba kuchi suvning bir qismini bosimli tarmoq 10 orqali ma'lum balandlikda o'rnatilgan 11 qabul qiluvchi idishga chiqarib beradi. Qurilma ish tsiklining bu davri xaydash davri deb yuritiladi.

Suyuqlik oqimi va quvur devorlari elastik deb qaralib, bosim tiklanishi bilan yana o'z holiga qaytadi. Deformatsiya ishi qayta kinetik energiyaga aylanib, suv oqimi yana avalgi tezligiga ega bo'lib teskari yo'nalishda oqa boshlaydi. Sig'imli

idishdan qaytgan zarba to'liqini maxsus klapan yetib borishi bilan klapan yopilgandagiga o'xshash hodisa yana vujudga keladi. Shundan so'ng butun tsikl yana takrorlanishi uchun sharoit vujudga keladi.

Tajriba tugagach, suvni tortuvchi tarmoqda o'rnatilgan 15 jumrak ochilib, qurilma suvdan bo'shatiladi.

Gidravlik zarba vaqtida bo'ladigan o'zgarishlarni va zarba kuchini hisobga olish uchun zarba bosimining qiymatini aniqlash uchun tortuvchi quvur tarmoqda o'rnatilgan manometrlar ko'rsatkichlaridan foydalaniladi.

Qurilma qishloq xo'jaligi va sanoatning turli sohalari, ayniqsa elektr energiyasi tanqis hududlarda qo'llaniladi. Unda gidravlik zarba hodisasi bilan bog'liq o'quv-tajriba ishlari bilan birga ilmiy-tadqiqot ishlarini ham bajarish mumkin.

**Olingan va tahlil natijalari;** *laboratoriya mashg'ulotini olib borish natijasida murakkab gidravlik sistemalarda real sharoitlarda suyuqlik harakat tartibining o'tish davri jarayonlarining o'ziga xos xususiyatlarining asosiy ko'rsatkichi hisoblangan zarba to'liqining quvur uzunligi bo'yicha tarqalishi, bu ko'rsatkich murakkab muhandislik masalalaridan biri hisoblanib, tajriba jarayonida zarbaning tarqalishi va ularni amalda tekshirish texnologiyasi aniqlandi .*

Xulosalar: laboratoriya mashg'ulotini to'liq bajargan talabalar gidravlik zarba vaqtida bo'ladigan o'zgarishlarni va zarba kuchini hisobga olish uchun zarba bosimining qiymatini aniqlashda tortuvchi quvur tarmoqda o'rnatilgan manometrlar ko'rsatkichlarini aniqlash va ulardan amalda foydalanilinish bo'yicha xulosalar qilinadi.

#### **Asosiy adabiyotlar:**

1. Латипов К.Ш. “Гидравлика, гидромашиналар ва гидропневмоюритмалар” Дарслик. Т.:, 1992 й.
2. Н.С.Нурмухамедов, А.Ш.Абдуллаев ва бошқалар “Гидравлика гидромашиналар ва гидроюритмалар” Дарслик.Т.: 2012 й.
3. Умаров А.Ю. Гидравлика.-Т.:Ўқитувчи, 2002.
4. Бозоров Д.Р., Каримов Р.М. Гидравлика. –Т.:Ўқитувчи, 2004.

## **8-mavzu. Dinamik va markazdan qochma nasoslarning konstruksiyalarini o'rganish va ish parametrlarini aniqlash. (4-soat).**

### **Ishning maqsadi.**

Markazdan qochma nasoslarning konstruksiyalarini o'rganish va ish parametrlarini aniqlash.

Kerakli jixoz va asboblar: Dinamik nasos, markazdan qochma nasos, qalam, har xil o'lchamdagi gidravlik quvurlar, A4 formatidagi qog'oz, ruchka.

### **Ishni bajarish tartibi.**

Markazdan qochma nasoslarning asosiy qismlari korpus, valga o'rnatilgan aylanuvchi ish g'ildiraklari bo'lib, valga bir yoki bir necha ish g'ildiragi o'rnatish mumkin. Birinchi holatda nasos bir g'ildirakli yoki bir bosqichli deyiladi. Ikkinchi holatda esa u ko'p bosqichli deyiladi.

### **1. TAJRIBA QURILMASI.**

Suv havzasidan suv oluvchi nasos 13 elektrodvigatel 12 bilan pishiq mufta bilan ulangan. So'rish truboprovodi 16 metall setka bilan to'silgan qabul qiluvchi qurilma 17 ga birlashtirilgan va unga nazorat zadviykasi o'rnatilgan. Bosim truboprovodi 8 boshqaruv zadviykasi 9 va sarf o'lchagich 7 ga ulangan. Bosim baki 4 suvqabul qilish uchun xizmat qiladi va u tarmoq trubasi 2 va nazorat zadviykasi 3 orqali to'ldiriladi. Bosim bakida bir xil bosim saqlanishi uchun konus 5 va chiqish trubasi 1 asosiy vazifani bajaradi. o'lchovli chiqurilma quyidagilarni ishga soladi: nasos va so'rish quvuri oralig'ida o'rnatilgan prujinali vakkometr 14, prujinali manometr 10, bosim trubasi va nasosdan joylashgan differentsial manometr 6, bosim trubasidan joylashgan sarf o'lchagich 7 ishga tushadi. Nasosning ishchi g'ildiragidagi aylanish chastotasini o'lchash uchun taxeometr 11 dan foydalaniladi.

### **2. TAJRIBA O'TKAZISH TARTIBI.**

1. Tajriba natijalarini va qayta ishlangan natijalarni qayd qilish uchun jadval tayyorlanadi. Tajriba qurilmasi bilan tanishib chiqiladi.

2. Nazorat zadviykasi 9 ni ma'lum vaqtga ochilishi hisobiga nasos bosimli truboprovoddan suv to'ldiradi. nasosni o'chirib yoqish nazorat zadviykasi 9 ni berikitish va ochishga qarab amalga oshiriladi.
3. Ma'lum aylanish chastotasi  $n$  dvigatelga belgilanib, tajriba davomida bir xilda ushlab turiladi.
4. Zadviyka to'liq ochilib, nasosning to'liq ishlashiga erishib olinadi. Bu bilan esa truba tarmog'idagi va nasosdagi havo chiqib ketishi vaqurilma podshipniklari qizib olishiga erishiladi. Zadviyka to'liq ochilishi hisobiga differentsial va prujinali manometrlardagi hamda prujinali vakkumetrdagi ko'rsatkichlar aniqlab olinadi.
5. Nazorat zadviykasini vaqti-vaqti bilan ochilib yopilishi natijasida nasos ishlashining 8-10 xil tartibi bajariladi. Nasosning ishlash tartiblari davomidagi o'lchash asboblaridagi o'zgarishlar yozib boriladi.
6. Tajriba o'tkazilgandan so'ng nazorat zadviykasi berikitiladi va nasos tarmoqdan uzib qo'yiladi.
7. Oligan natijalar tegishli ifodalar yordamida qayta ishlanib jadvalga to'ldiriladi.

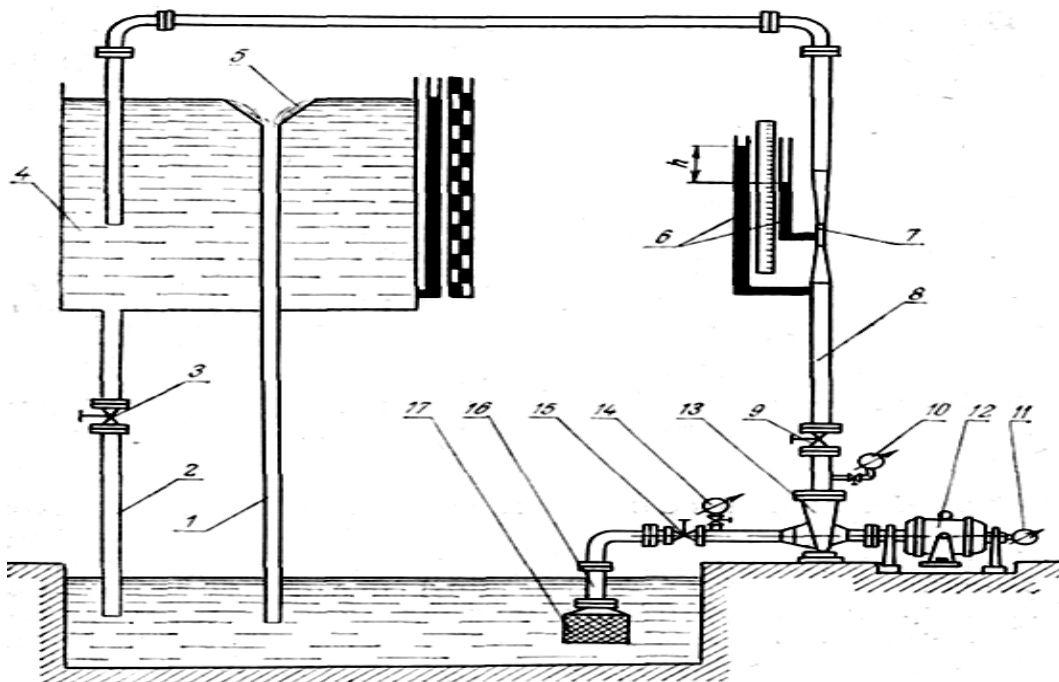
### **3. TAJRIBA NATIJALARINI QAYTA ISHLASH.**

Tajriba bajarilgandan so'ng oligan natijalar ifodalar orqali qayta ishlanadi.

1. Differentsial manometrdagi ko'rsatkich  $h$  orqali nasos uzatish quvvati aniqlanadi.  $Q = f(h)$
2. O'rtacha tezlik, tezlik bosimi va ular orasidagi farqlar mavjud bosim vaqtida aniqlanadi.
3.  $H = h_{\text{bak}} + h_{\text{mah}} + z_0 + \frac{v_H^2 - v_6^2}{2g}$  yoki  $H = h_{\text{bak}} + h_{\text{mah}} + z_0$  formula orqali bosim hisoblanadi.
4. 
$$\left. \begin{aligned} N_{II} &= \frac{\gamma Q H}{102} \\ N_{II} &= \frac{\gamma_{cu} Q H}{1000} \end{aligned} \right\} \text{ formula orqali foydali nasos quvvati aniqlanadi.}$$
5.  $N = \frac{M_{\omega}}{102} = \frac{M_n}{975}$  yoki  $N = \frac{M_n}{9550}$  formula orqali nasos quvvati aniqlanadi.

6.  $\eta = \frac{N_{II}}{N}$  formula orqali nasosning FIK aniqlanadi.
7. Aniqlangan natijalar va belgilangan aylanish chastotasi  $n$  hisobiga nasos xarakteristikasi tuziladi.
8. Olingan natijalar jadvalga yozib boriladi

differentsial manometr ko'rsatkichi $h$	nasosquvvatiq					nasos bosimi		nasosquvvati						
	o'rtacha tezlik $v_h$	so'rtacha tezlik $v_v$				vakkumetr ko'rsatkichi $h_{vak}$	manometr ko'rsatkichi $h_{vak}$	foydali nasosquvvati	yuk og'irligi $G$	to'xtash vaqti $M=GL$ ga asosan	nasos valini aylantirish chastotasi $n$	nasosquvvati $N$	nasos FIK	kavitatsiya zahirasi



**Olingan va tahlil natijalari;** *laboratoriya mashg'ulotini olib borish natijasida markazdan qochma nasosning ishchi g'ildiragidagi aylanish chastotasini, differentsial manometrda ko'rsatkich orqali nasos uzatish quvvatini va ularni amalda qo'llash texnologiyasi aniqlandi .*

Xulosalar: laboratoriya mashg'ulotini to'liq bajargan talabalar markazdan qochma nasozlarni umumiy tuzilishi, ishlash prinsplari, asosiy ish qismlarining texnologik jarayonlari nazorat qilish va boshqarish bo'yicha xulosalar qilinadi.

#### **Asosiy adabiyotlar:**

1. Латипов К.Ш. “Гидравлика, гидромашиналар ва гидропневмоюритмалар” Дарслик. Т.:, 1992 й.
2. Н.С.Нурмухамедов, А.Ш.Абдуллаев ва бошқалар “Гидравлика гидромашиналар ва гидроюритмалар” Дарслик.Т.: 2012 й.
3. Умаров А.Ю. Гидравлика.-Т.:Ўқитувчи, 2002.
4. Бозоров Д.Р., Каримов Р.М. Гидравлика. –Т.:Ўқитувчи, 2004.

## Mustaqil ta'lim mavzulari

1. Suyuqliklarning fizik xossalari, fizik kattaliklarning o'lchov birlik lari.
2. Hidrostatik bosimni aniqlash. Bosim o'lchov birliklari. Bosim o'lchash asboblari.
3. Tekis devorga ta'sir etuvchi gidrostatik bosim kuchini aniqlash. Hidrostatik bosim kuchini aniqlashning analitik va grafoanalitik usullari. Hidrostatik paradoks.
4. Suyuqlikka botirilgan jismga ta'sir etayotgan CBK, Arximed kuchi.
5. Oqimning asosiy gidravlik elementlari. Uzluksizlik tenglamasi.
6. Ideal suyuqlik uchun D. Bernulli tenglamasi. D. Bernulli tenglamasining energetik va geometrik ma'nolari.
7. Suyuqlik oqimi uchun D. Bernulli tenglamasi. Napor va pezometrik chiziqlar.
8. Suyuqlik oqimining ikki xil harakat tartibi. Reynolds tajribalari. O. Reynolds soni va uning kritik miqdori.
9. Quvurlardagi gidravlik qarshiliklar. Quvurlarda uzunlik bo'yicha yo'qolgan solishtirma energiyani (napor) hisoblash. Darsi-Veysbax formulasi.
10. Gidravlik ishqalanish koeffitsientini aniqlashga doir masalalar. Darsi-Veysbax, Puazey, Altshul, Shifrinson, Latipov va Shevelev formulalari. Kolbruk grafigi.
11. Mahalliy qarshiliklarda yo'qolgan energiya (napor). Veysbax formulasi.
12. Kalta quvurlarning gidravlik hisobi. Quvurlarni hisoblashda AKTdan foydalanish (EXM). (DGU 02353).
13. O'zgaruvchan va o'zgaruvchan kesimli qisqa quvurlar uchun pezometrik va napor chiziqlarini chizish.
14. Uzun quvurlar gidravlik hisobi. Sarf moduli. Quvurlarning solishtirma qarshiligi.
15. Parallel va ketma-ket ulangan uzun quvurlar tizimining gidravlik hisobi.
16. Yupqa devordagi kichik teshik va naycha (nasadka)lardan oqib chikayotgan suyuqlikning sarfini aniqlash. Sarf, tezlik koeffitsientlarini aniqlash usullari.
17. Gidravlik mashinalar. Nasoslarning asosiy parametrlari. Nasos ishchi nuqtasi. Nasoslarni tanlash. Nasoslarning ish rejimini rostdash usullari.
18. Nasoslarni parallel va ketma-ket ulash. Ularning nabori va suv sarfini aniqlash. Nasosning quvurga ulanishi va ishchi nuqtasini aniqlash.
19. Oqimchali nasoslar. Oqimchali nasoslar asosiy parametrlarini hisoblash. "Suv osti gidroelevatori (FAP 2013000 1)" va uning parametrlarini hisoblash.
20. Hajmiy nasoslarning ishlatilishi.

## **1. Gidravlika fanidan mustaqil ta'limni tashkil etish.**

Talabalarning mustaqil ta'limini tashkil etish, nazorat qilish va baholash O'z.R. OUMTV 2005 yil 24 fevral 34- sonli buyrug'i asosida amalga oshiriladi.

Mazkur buyruq asosida yaratilgan "NIZOM" ga ko'ra mustaqil ta'limning vazifalari quyidagilardan iborat:

Yangi bilimlarni mustaqil tarzda puxta o'zlashtirish ko'nikmalariga ega bo'lish;

Kerakli ma'lumotlarni izlab topish qulay usullari va vositalarini aniqlash;

Axborot manbalari va manzillaridan samarali foydalanish;

An'anaviy o'quv va ilmiy adabiётlar me'ёriy hujjatlar bilan ishlash;

Elektron o'quv adabiётlar va ma'lumotlar bazasi bilan ishlash; Internet tarmog'idan maqsadli foydalanish;

Berilgan topshiriqning ratsional echimini belgilash: Ma'lumotlar bazasini tahlil etish;

Ish natijalarini ekspertizaga tayёрlash va ekspert xulosasi asosida qayta ishlash;

Topshiriqlarini bajarishda tizimli va ijodiy ёndashish;

Ishlab chiqilgan echim, loyiha ёki g'oyani asoslash va mutaxassislar jamoasida himoya qilish.

Demak talaba uchun mo'ljallangan mustaqil ishining tashkiliy shakllari har bir fanning xususiyatlaridan kelib chiqib, yuqoridagi vazifalarni ijrosiga yo'naltirilgan bo'lishi lozim.

Asosiy darsda talaba tomonidan o'zlashtirilgan bilim, uni (olingan bilimni) tatbiq eta bilish va ko'nikma hosil qilish uchun to'la etarli emas. Talaba asosiy darsda olgan bilimni tadbiq eta bilishi va ko'nikma hosil qilishi uchun talabalarga tizimli ravishda mustaqil bajarishlari uchun topshiriqlar berib borilishi lozim.

Bu topshiriqlar mazmunida asosiy darsda berilgan ma'lumotlar yangi ko'rinishda qaytarilishi lozim.

Shundagina qo'yilgan maqsadga erishish mumkin.

Gidravlika fanidan darslar maruza, amaliy mashg'ulotlar va laboratoriya mashg'ulotlaridan iborat. Mustaqil ish topshiriqlarini shakllantirishda quyidagi me'ёriy hujjatlarga tayanishga to'g'ri keladi: birinchisi yo'nalishning o'quv rejasi, ikkinchisi fanning o'quv dasturi va uchinchisi reyting tizimi to'g'risida "Nizom". Birinchisi mustaqil ish hajmini belgilaydi, ikkinchisi mustaqil ish mazmunini va uchinchisi mustaqil ish sifatini belgilaydi.

Talabalarning mustaqil ta'limini tashkil etish, nazorat qilish va baholash "NIZOM" da mustaqil ta'limning quyidagi shakllari tavsiya etiladi:



-ayrim nazariy mavzularini o'quv va ilmiy adabiëtlar ërdamida mustaqil o'zlashtirish;

- berilgan mavzu bo'yicha axborot (referat) tayërlash;

- laboratoriya mashg'uloti va amaliy mashg'ulotlarga tayërgarlik ko'rish;

- laboratoriya ishlarini bajarishga tayërgarlik ko'rish;

- hisob-grafik ishlarini bajarish;

- kurs loyihasi (ishi)ni bajarish;

- bitiruv malakaviy ishi va magistrlik dissertatsiyasini tayërlash:

- nazariy bilimlarni amaliëtda qo'llash va amaliëtdagi mavjud muammolarning echimini topish( keys-stadi);

- maket, model, va namunalar yaratish;

- ilmiy maqola, anjumanga ma'ruza tezislarini tayërlash.

Talaba mustaqil ishini tashkil etishda Gidravlika fanining xususiyatlaridan kelib chiqib quyidagi shakllarni qabul qilish maqsadga muvofiqdir: ma'ruza mavzulari asosida beriladigan mustaqil talim topshiriqlari «nazariy mavzularini o'quv va ilmiy adabiëtlar ërdamida mustaqil o'zlashtirish»dan iborat. Bunda ma'ruzachi ma'ruzani shunday tashkil qilish kerakki, asosiy darsda mavzuni asosiy mazmunini berib, mustaqil bajarish uchun mavzudan kelib chiqadigan xususiy hollarni eki mavzuni tuldiradigan boshka malumotlarni izlab topishni xamda tuplagan malumotlarni tizimli taxlil kilib berishni talab etishi mumkin. Yoki aksincha ma'ruzada mavzuning asosiy xulosalarini berib, asosiy natijalarni keltirib chiqarish yo'llarini mustaqil bajarish uchun berish mumkin. Masalan, mavzu: «Ixtiëriy tekis shaklga tasir etaëtgan gidrostatik bosim kuchini aniqlash». Asosiy darsda bosim kuchini aniqlashning asosiy formulasini keltirib chiqarishini har xil uslublarda berilib, mustakil bajarish uchun bosim kuchini xususiy hollarda ( vertikal devorga, gorizontal devorga va h.k.) aniqlashni topshirish mumkin.

Amaliy mashg'ulotlarda mustaqil ta'lim topshiriqlari «hisobgrafik ishlarini bajarish» shaklida tavsiya etiladi. Asosiy darsda o'qituvchi mavzuga doir masalalar echimini ko'rsatadi, mustaqil bajarish uchun bir necha mavzuni qamrab oladigan individual topshiriq beriladi.

Laboratoriya mashg'ulotlarida mustaqil ta'lim topshiriqlari «laboratoriya ishlarini bajarishga tayërgarlik ko'rish» shaklida tavsiya etiladi. Bunda har bir laboratoriya ishini bajarishdan oldin, ishning mazmuniga doir savollar to'plami beriladi (5-7 savol), talaba savollarga mustaqil javob taërlaydi. Savollar to'plami laboratoriya ishini bajarishga doir metodik ko'rsatmalarda keltirilishi lozim. Bu bir tomondan talabaning darsga tayërligini ta'minlasa, ikkinchi tomondan mavzuni chuqurroq o'zlashtirishga ko'mak beradi.

Shunday qilib, Gidravlika fanidan mustaqil ta'lim topshiriqlarini yuqorida baèn etilgan shakllarda (3-xil) tavsiya etib, fanni mukammal o'zlashtirishga erishish mumkin.

Mazkur metodik ko'rsatmada mustaqil talim topshiriqlarini bajarishda innovatsion texnologiyalardan foydalanish imkoniyatlari baèn etilgan va mustaqil ta'limning quyidagi shakllari tavsiya etiladi:

- ayrim nazariy mavzularini o'quv va ilmiy adabiètlari èrdamida mustaqil o'zlashtirish:

- berilgan mavzu bo'yicha axborot (referat) tayèrlash; - darslik èki o'quv qo'llanmalar bo'yicha fanlar boblari va mavzularini o'rganish;

- tarqatma materiallar bo'yicha ma'ruzalar qismini o'zlashtirish;

- maxsus èki ilmiy adabiètlar (monografiyalar, maqolalar) bo'yicha fanlar bo'limlari èki mavzulari ustida ishlash;

Tavsiya etilaètgan mustaqil ishlarning mavzulari kalendar rejada keltiriladi.

Fanning dasturida belgilangan mustaqil ishlarning mavzularini quyida keltiramiz:

1. Eyler tenglamalari. Nisbiy muvozanat. Nisbiy muvozanat hollari.
2. Gidrostatik bosim kuchini aniqlash.
3. Jismlarning suzish nazariyasi.
4. Arximed kuchi.
5. Bernulli tenglamasi.
6. Suyuqlikning harakat rejimlari.
7. Turbulent xarakat rejimini ifodalovchi matematik model: Reynolds, Prandtl, Kolmogorov, Latipov tenglamalari va ularning tahlili.
8. Quvurlarda yo'qolgan naporni aniqlash. Gidravlik ishqalanish koefitsientini aniqlashning nazariy asoslari.
9. Ketma-ket va parallel ulangan quvurlar xarakteristikalarini.
10. Maxaliy qarshiliklar turiga qarab qarshilik koefitsientini aniqlash xollari.
11. Suyuqlikni teshik va naychalardan oqib chiqishini ifodalovchi nazariy tenglamalar. Tezlik va sarf koefitsientlarining xarakat rejimiga bog'liqligi.
12. Suv ta'minotida qo'llanadigan quvurlarni guruxlash. Minorali va minorasiz suv ta'minoti sxemasi.
13. Gidravlik jixatdan qulay bo'lgan kesimlarni xisoblash usullari.
14. Yuvilmaydigan loyqa bosmaydigan kanallarni gidravlik xisobi.
15. Sug'orish kanallaridan foydalanish samaradorligini oshirish.
16. Ko'tarma darvoza ostidan suyuqliklarning oqib chiqishi. Siqilish koefitsientini aniqlash. Vertikal siqilish chuqurligini hisoblash.
17. Beflarni tutashtirish. Inshootlarda beflarni tutashtirish shartlari va ularni hisoblash.

18. Gidravlik sakrash uzunligi va pastki befdagi oqimning gidravlik elementlarini aniqlash.
19. Suv zarbini kamaytiruvchi inshootlar gidravlik hisobi.
20. Sharsharalar va tezoqarlar gidravlik hisobi.
21. Suv o'tkazgichlar.
22. Er osti suvlarni harakati. Er osti quduqlarga oqaётgan suv sarfi xisobi.
23. Darsi tenglamasi. Filtratsiya jaraenlari.

## **2. Mustakil talim topshiriqlarini bajarishda inovatsion texnologiyalar.**

Mustaqil talim topshiriqlarni bajarishda talabalar tomonidan inovatsion texnologiyalarni qo'llanishi malumotlarni ko'rgazmali taqdim etish vositalaridan foydalanishda namoèn bo'ladi. Bu bir tomondan mavzuni chuqur o'zlashtirishga undaydi, ikkinchi tomondan talabalarni fikrlashga va malumotlarni tizimli tahlil qilishga o'rgatadi.

Buning uchun talim tizimida grafik organayzerlardan keng qo'llash tavsiya etiladi.

Grafik organayzerlar (tashkil etuvchi) – fikriy jaraenlarni ko'rgazmali taqdim etish usul va vositalarini quyidagilarga ajratish mumkin:

1. Ma'lumotlarni tarkiblashtirish va tizimga solish, o'rganilaèngan tushunchalar (voqea va xodisalar, mavzular) o'rtasidagi aloqa va o'zaro bog'liqlikni o'rganish usul va vositalari: **Klaster, toifalash jadvali, Insert, BG'BG'B jadvali va x.k.**

2. Ma'lumotlarni taxlil qilish, solishtirish va taqqoslash usul va vositalari: **T-jadvali, Venna diagrammasi va x.k.**

3. Muammoni aniqlash, uni hal etish, tahlil qilish va rejalashtirish usul va vositalari: **“Nima uchun ?”, “Baliq skeleti”, “Piramida”, “Nilufar guli”, sxemalari, “Kanday?” ierarxik diagrammasi, “Kaskad” tarkibiy-mantiqiy sxema va x.k.**

O'kituvchi mavzuning moxiyatiga, berilgan topshiriqning xajmiga karab yuqorida keltirilgan usul va vositalarning maqbulini tanlab talabaga tavsiya etadi. Quyida mustaqil talim topshiriqlarni bajarishda malumotlarni kurgazmali taqdim etish usul va vositalaridan foydalanishda namunalar keltiriladi.

## **GIDRAVLIK VA GIDRAVLIK TIZIMLAR fanidan talabalari uchun mustaqil ish topshiriqlar bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma**

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020 yil 31 dekabrda "Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim jarayonini tashkil etish bilan bog'liq tizimni takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi 824-sonli Qarorida belgilangan ustuvor vazifalarni ro'yobga chiqarish oliy ta'lim strategiyasini qayta ko'rib chiqishni taqozo etmoqda. Oliy ta'lim sohada olib borilayotgan davlat siyosatida quyidagi vazifalar ustuvor etib belgilangan:

- oliy ta'lim muassasalarida talabalarni kasbiy faoliyatga tayyorlash jarayonini xalqaro standartlar darajasiga olib chiqish; - rivojlangan xorijiy davlatlar oliy ta'lim muassasalarining ilg'or tajribalarini o'zlashtirish va ularni respublikamiz oliy ta'lim tizimiga joriy etish;

- oliy o'quv yurtlarida ta'lim jarayonini kredit-modul tizimi zamonaviy talablari asosida tashkil etish;

- bakalavriat va magistratura talabalarini o'qitish jarayonida zamonaviy pedagogik va axborot kommunikatsiya texnologiyalaridan keng foydalanish; - ta'limni tashkil etishning samarali shakl, tur, vosita va metodlarini qo'llagan holda o'quv-tarbiya jarayonining sifat va samaradorligiga erishish;

- ta'limni tashkil etishning auditoriya (ma'ruza, amaliy, seminar, laboratoriya mashg'ulotlari) va auditoriyadan tashqari zamonaviy shakl va turlaridan unumli foydalanish;

- oliy ta'lim muassasalarida talabalarning masofaviy ta'lim, mustaqil ta'lim olish jarayonlarini bugungi kun talablari darajasida tashkil etish orqali ularning mustaqil, kreativ va ijodiy fikrlash qobiliyatlarini rivojlantirish. Ushbu ustuvor vazifalarni ro'yobga chiqarish natijasida bo'lg'usi mutaxassislarni mustaqil harakat qilish, ijodiy fikr yuritish, kasbiy faoliyatga oid qarorlarni qabul qilish, mobillik, muammolarni hal etishga mo'ljalni to'g'ri ola bilish kabi muhim kompetentsiyaviy komponentlarni shakllantirishga erishiladi.

Kredit-modul tizimida talabalarning mustaqil ta'lim olishlariga alohida o'rin ajratilgan bo'lib, jami o'quv soatlari xajmining 50-60% ni talabalarning mustaqil ishlari, amaldagi ta'lim tizimida esa bu ko'rsatkich 40% ni tashkil etadi. Kredit-modul tizimini amaliyotga to'laqonli tatbiq etish talabalarning mustaqil ta'lim olishlarini talab darajasida tashkil etishni, uni uslubiy tavsiyalar va ko'rsatmalar bilan ta'minlashni talab etadi.

Aynan ushbu uslubiy ko'rsatma QXM yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, unda "Chorvachilik asoslari" fanning mustaqil ish mavzulari, ularga ajratilgan soatlar, mustaqil ish topshiriqlarini bajarish tartibi, TMI mavzusiga tegishli manbalar, bajarilgan ishni topshirish shartlari, uning zamonaviy shakl va vositalari, talaba tomonidan bajarilgan ishni nazorat qilish va baholash mezonlari haqida aniq ma'lumotlar berilgan.

**Talabalarning mustaqil ishi (TMI)** – bu talabaning o'ziga xos o'quv faoliyati bo'lib, u didaktik topshiriqlarni mustaqil ravishda bajarishga, ularning o'qishga bo'lgan motivatsiyasini oshirish va muayyan fan sohasiga doir bilim,

ko'nikma va malakalarini yanada takomillashtirishga yo'naltirilgan. TMI mazmuni ma'ruza, amaliy mashg'ulotlar mavzulari asosida shakllantirilgan. Mustaqil ish topshiriqlari ma'ruza va seminar mashg'ulotlarida o'rganilmagan mavzularni ham o'z ichiga oladi.

Mustaqil ta'limni tayyorlashda mazkur fanning xususiyatlarini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanish tavsiya etiladi:

- darslik va o'quv qo'llanmalar bo'yicha mang'ulotlarga tayyorgarlik ko'rish, mavzularni konspektlashtirish;

- adabiyotlar asosida esselar yozish;

- kitob va maqollalarga annotatsiya yozish; - mavzular bo'yicha taqdimotlar tayyorlash, test tuzish va ularni echish;

- Internet tarmog'idan axborotlar izlash va tahlil etish va h.k. Talabalarning mustaqil ish topshiriqlari o'quv fanining tarkibiy qismlari yoki modullari bo'yicha tavsiya etiladigan mustaqil ish mavzulari asosida tashkil etiladi.

## MUSTAQIL ISHLARNING BAJARISH SHAKLI

**1-Referat** – (Wordda) Mavzuga doir kamida 4 ta adabiyot va internet saytlardan foydalangan holda kamida 12 ta varoq, 14 shriftda (The News Roman) 1 intervalda yoziladi. Kamida 1ta asosiy adabiyotlardan foydalanish majburiy.

**2-Taqdimot** – (power pointda), Kamida 3ta adabiyot va internet saytlardan foydalangan holda kamida 15ta varoq, ichida mavzuga doir kamida 10 ta rasm. Kamida 1 ta asosiy adabiyotlardan foydalanish majburiy.

**3-Savol-javob** – (Wordda) Mavzuga doir kamida 25ta savol tuzish (shundan 30%i oson, 40%i o'rtacha, 30%i qiyin darajadagi savollar). Kamida 2ta asosiy adabiyotlardan foydalanish majburiy. Savol-javoblar jadvalga joylashtiriladi: savol va javob bir qatorda joylashgani tavsiya etiladi Tavsiyaviy na'muna: № Savol Javob

1 “Gidravlika”- bu? .....

2 .....

.....

**4-Test tuzish** – (Wordda yoki Telagram Quiz Botda). ) Mavzuga doir kamida 20ta test tuzish (shundan 30%i oson, 40%i o'rtacha, 30%i qiyin darajadagi savollar). Kamida 2ta asosiy adabiyotlardan foydalanish majburiy

127

**5-Boshqotirma tuzish** – (Wordda) Mavzuga doir kamida 5 ta rebus, krasvord, kazu muammoli vaziyat, sirli quti, ssenariy, topshiriq va boshqa ko'rinishlarda

**6-Ko'zgzamali materiallar tayyorlash** – (Paintda) Mavzuga doir kamida 4 dona rasm, chizma, klaster, solishtirma jadvallar, partret va boshqa ko'rinishda 7-

**Itimoiy tarmoqlardan videorolik topish** – (You Tubeda)  
videorolik topish yoki tayyorlash.

Mavzuga doir

### **MUSTAQIL ISHLARNI TOPSHIRISH TARTIBI**

Mustaqil ishlarni quyidagi manzillarga yuborishingiz talab qilinadi

1. rano.suleymanov@gmail.com elektron pochta-siga
2. @leader\_0707 telegram-nikiga
3. Maxsus ochilgan telegram-guruhlariga Man etiladi: Qo'yozma Qog'ozga chiqarilgan shakllar Mustaqil ishlarni **bajarganlikni** isbotlovchi boshqa dalillar. (videotasvir, audioyozishlar, skrinshotlar va hakazo)

### **MUSTAQIL ISHLARNI BAJARISH TARTIBI:**

Bir semestr uchun berilgan 15 ta mavzuning hammasini o'zlashtirish talab etiladi. Chunki oraliq va yakuniy nazorat ishlaridagi savollarning tahminan 50-60%ini **Mustaqil ta'limning mavzulari tashkil etadi**. Shulardan ayrimlarini turli ko'rinishlarda o'qituvchiga topshirish ham ko'zda tutilgan. Topshirishingiz kerak bo'lgan mustaqil ta'lim ishlarini guruh jurnalida egallagan raqamingizni bilgan holda Mustaqil ishlarni taqsimlash jadvalidan bilishingiz mumkin.

### **MUSTAQIL ISHLARNI TOPSHIRISH MUDDATI**

Berilgan topshiriqlarning dastlabki 3 tasi 1-oraliq nazorat ishidan 3 kun oldingi kungacha; Keyingi 3 tasi 2-oraliq nazorat ishidan 3 kun oldingi kungacha. Topshiriqlarni kechiktirmas ijobiy baho yo'lidagi dadil qadam ekanligini unutmang!!!

**Metodik tavsiyalar:** Siz ushbu savollarga javobni universitet o'quv zalidagi barcha talabalari uchun Umumiy pedagogika fanidan yaratilgan o'quv uslubiy majmuadan foydalanishingiz mumkin. Kutubxona, axborot resurs markazlari, internet saytlari, kitob, gazeta, jurnallardan foydalanish tavsiya etiladi.

## GLOSSARIY

**ARXIMED BURAMASI** — Arximed er. av. III asrda ixtiro qilgan suv ko'tarish mashinasi. Ikkala uchi ochik truba ichiga o'rnatilgan burama sirtli o'kdan iborat. Uni kiya xolda suvga botirib, ukning burama sirti shamol yoki boshka xarakatlantiruvchi vosita yordamida aylantirilganda suv trubaning ichki yuzasi bo'ylab 3-4 m yukoriga ko'tariladi.

**ARXIMED KUCHI** - suyuqlika botirilgan jisimga sikib chikaruvchi kuch ta'sir kilib, bu kuchning kattaligi botirilgan jisim sikib chikargan suyuqlik og'irligiga teng bulgan

**ATMOSFERA** (yunon. ATMOS - bug' va SPLAIRA - shar) - Er sirtini o'rab turgan xavo qatlami.

**AERATSIYALANGAN SUV** — suv massasining xavo bilan tuyinishi.

**ARTEZIAN SUVI** — o'zidan suv o'tkazmaydigan katlamlar orasidagi va xavza tashkil kiluvchi ma'lum chukurlikdagi suvli katlamlarda joylashgan er osti suvlari. Artezian suvi bosim ta'sirida bo'lgani uchun artezion kuduklari orkali yukoriga ko'tariladi va bosim ustuni etarli bo'lganda yuzaga chikadi yoki favvora bo'lib otiladi. Artezian suzi Frantsiyadagi Artua viloyati nomi bilan ataladi. Bu erda XII asrda Evropada birinchi marta artezion kudug'i kazilgan va chukurlikdagi suvli katlamdan o'zi kuyiluvchi suv chikarilgan.

**BALANS** (FR. Balance - TAROZI) - ma'lum bir muddatda kirim-chikimning yakuniy nisbati (muvozanati).

**BOSIM MARKAZI-Kuchning ta'sir etuvchisining ko'yilish nuktasi bosim markazi deb ataladi.**

**VATER CHIZIGI** - suvdagi jisimning suv satxi bilan kesishish chizigi.

**GIDRAVLIKA** (yunon. hydraulikos hydor - suv va aulos- nay) — suyuqliklarning muvozanatdagi va xarakatdagi konunlarini o'rganib, texnikaga tatbik etuvchi fan. Gidrostatika, gidrodinamika va injenerlik gidravlikasiga bo'linadi.

**GIDRAVLIK YUKOLISH** — suyuqlik okimining xarakat davomida energiyasining yukolishi. suv okimining kanal yoki kuvur ichidagi turli karshiliklar (g'adir-budurlik, burilish va b.) ni engish uchun o'z energiyasining bir kismining yo'kolishi.

**GIDRAVLIK KO'RSATKICH** — suv okimining xo'llangan yuzasi, gidravlik radiusi va nishabligidan iborat ko'rsatkichlar majmui.

**GIDRAVLIK ZARBA** — naporli sharoitda ishlaydigan kuvurlarda (vodoprovod tarmoklarida, GES va nasos stantsiyalarining kuvurlarida) uchraydigan xodisa. Naporli kuvurlarning darvozalari tez ochib yuborilsa, kuvurga suv tezlik bilan kiradi va uning ichidagi bosim keskin ortib ketib, kuvurni yorib yuborish xavfi tug'iladi. Kuvurning darvozasi tezda berkitib ko'yilganda kuvur ichida vakuum xosil bo'lib, kuvur pachoklanib kolishi mumkin. Mana shu xodisa, ya'ni kuvurda

suv bosimining keskin ko'tarilishi va vakuum xosil bo'lishi natijasida yuz beradigan jarayon gidravlik zarba deyiladi. Gidravlik zarbani kamaytirish uchun maxsus tadbirlar ko'riladi.

**GIDRAVLIK NISHABLIK (KIYAHLIK)** — ma'lum masofa ( $l$ ) dagi gidravlik yukolishning ( $h$ ) ning mazkur masofaga nisbati:  $iqhG'l$ . **GIDRODINAMIKA** — xarakatdagi suyuqlikning konunlarini urganib, texnikaga tadbik etuvchi gidravlika bo'limi.

**GIDRODINAMIK BOSIM** — xarakatda bo'lgan suvning bosimi. Hidro- texnik inshoot ostidan sizib o'tadigan suvning bosimi.

**GIDROSTATIKA** — muvozanatdagi suyuqlik konunlarini urganib, texnikaga tadbik etuvchi gidravlika bulimii.

**GIDROSTATIK LOT** — suvning chukurligini o'lchaydigan asbob. Bu asbob turli tuzilishlarda bo'ladi. Masalan, usti berk naycha suvga kancha botirilsa, uning ichidagi xavo shuncha ko'p sikiladi. Mana shu sikilgan xavoing xajmiga karab naychanning suvga kancha tushirilganini xisoblab topish mumkin. Suvning chukurligini bevosita o'lchash vaktida atmosfera bosimi va suvning temperaturasini nazarga olib, asbobning ko'rsatishiga tuzatishlar kiritiladi. Bunday asboblar bilan dengiz va ko'llarning 500 metrga yaqin chukurliklarini o'lchash mumkin.

**GIDROSTATIK BOSIM** — gidrostatik bosim kuchining xarakatsiz (muvozanatda) turgan suvning yuzasiga nisbati

**GIDROSTATIK G'AYRITABIYLIK (PARDOKS)** – gidravlika konunlari buyicha suyuqlikdagi bosim uning shakliga bog'lik bo'lmay, uning chukurligiga bog'lik.

**GIDROSTATIK MASHINALAR** - gidrostatikaning asosiy konunlari asosida ishlaydigan mashinalar gidrostatik mashinalar deb ataladi. **GIDROPRESSALAR** - gidrostatik konunlar asosida ishlaydi. Katta kuchlar xosil kilish uchun foydalaniladi. Bu narsa presslash, shtamplash, toblash, materiallarni sinash va boshka ishlar uchun kerak.

**DARSI KOEFFITSIENTI** - (gidravlik ishkalanish koeffitsienti) kuvur uzunligi buyicha yukolgan naporni aniklashda foydalanadigan koeffitsient. Kuvurning materialiga, xolatiga va xarakat rejimiga boglik buladi.

**KANALNI GIDRAVLIK XISOBLASH** — kanalning eng okilona, makbo'l gidravlik elementlarini aniklash,  $b$  - kanal tubining eni;  $m$  - kiyalik koeffitsenti;  $h$  - suvning chukurligi.

**LAMINAR XARAKAT REJIMI** - laminar xarakat davomida suyuqlik okimchalari birbiriga parallel xarakat kiladi. Truba devorlari esa unga yopishib kolgan suyuqlik zarrachalari bilan koplanadi.

**MUVOZANAT TENGLAMASI** — suv muvozanatining kirim va sarflanish elementlarini bog'lovchi tenglama. Yopik xavza uchun kirim suvi xavza maydoniga



yogʻadigan atmosferaga yogʻinidan, suv bugʻlarining suyuqlikka aylanishidan va er osti suvlarining okimidan tashkil topadi. Sarflanuvchi qismi ustki okim, bugʻlanish va xavzadan okib ketuvchi er osti suvlaridan tashkil topadi.

**METALL KUVURNING GIDRAVLIK XISOBI** — gidravlik xisob quyidagi formula yordamida bajariladi:  $HqQ2l (1000G'K21)$  m, bu erda: N - kuvurda isrof boʻlgan bosim, m; Q - kuvurdagi suv sarfi, lG's; G' l — kuvurning uzunligi, m;  $K1q \omega S\sqrt{R}$  - kuvurning suv sarfi xarakteristikasi.

**NASOS** - suyuqlikning energiyasini uzgartirish orqali suv uzatuvchi kurilma.

**NAPORSIZ SUV** — er usti va togʻ jinslari gʻovaklari va yoriklaridagi suvlar. Ularga taʼsir qiladigan bosim atmosferaga bosimiga tengdir.

**NASOSNING SOʻRISH BALANDLIGI** — nasos oʻrnatilgan joyning satxi bilan mazkur nasos soʻrib olishi mumkin boʻlgan suyuqlikning satxi orasidagi masofa. Nasosning **soʻrish** kuchi vakuumga bogʻlikdir. Atmosfera bosimi bilan siyraklashgan boʻshlik bosimi orasidagi farq vakuum deb ataladi, kgG'sm<sup>2</sup>, atm, koʻpincha m xisobidagi suv ustuni bilan ifodalanadi. Bir texnikaviy atmosfera 1 kgG'sm yoki 10 m suv ustuniga toʻgʻri keladi. Nasosning soʻrish balandligi (Hsoʻr) vakuummetrik balandlikka teng boʻladi va vakuummetr degan asbob bilan oʻlchanadi.

**NISBIY BALANDLIK** — biror nuqtaning ikkinchi nuqtaga nisbatan balandligi.

**OKIMSIZ XAVZA** — suvi okib chikib ketmaydigan maydon.

**REYNOLDS SONI** - suyuqlik xarakterini tezlikning okim oʻlchamiga koʻpaytmasining kovushoklik kinematik koeffitsientiga nisbati.

**SUV SARFI** – vakt davomida xarakter kesimidan utatgan suv miqdori.

**SUV AERATSIYASI** (yunon. aeg—xavo) — suvning xavo kislorodi bilan toʻyinishi. s. a. suvni temirsizlantirish, shuningdek, uni erkin karbonat kislota va vodorod sulfidlaridan xoli qilish maksadida suvlarni tozalovchi vodoprovod nshootlarida (bu ichimlik va sanoat maksadlarida foydalaniladigan suvning sifatini tubdan yaxshilaydi); okava suvdagi erigan organik moddalar va boshqa iflosliklarning minerallanish jarayonini tezlatuvchi organizmlar — aerob bakteriyalarning xayot faoliyatini taʼminlash uchun; okava suvlarni biologik tozalash inshootlari (aerofiltr, biofiltrlar, maxsus moslama — aeratorlar) yordamida suv okimini xavoda purkash yoʻli bilan balikchilik xavzalarida amalga oshiriladi.

**SUV SATXI (YUZASI)** — bosimsiz er osti va er usti suvlari yuzasi.

**SUV MASSALARI** — okean suvlarining oʻziga xos fizik-kimyoviy va biologik xususiyatlarga ega boʻlgan muayyan xajmdagi qismi. Suv massalari maʼlum darajada bir xil boʻlib, koʻshni suv massalaridan farq qiladi. Baʼzi suv massalari okim bilan yaxlit xolda okadi va katta masofalargacha oʻz xususiyatlarini saklab koladi.

**SUV TAKSIMLAGICH — GIDROUZEL** - daryo, kanal kabi katta suv manbalaridan kichik arik yoki mayda kanallarga suv taksimlash uchun xizmat kiladigan gidrotexnik inshoot.

**SUV O'LGhAGICH** — arik, kanal, kuvur va boshka suv yo'llaridagi suv mikdori, satxi va tezligini o'lchaydigan asbob.

**SUV KUVURI** — suv ta'minotini, ya'ni tabiiy manbalardan suv olish, uni tozalash, sifatini yaxshilash va iste'molchilarga etkazib berishni amalga oshiradigan inshootlar majmui.

**SUV KUVURLARI (VODOPROVOD) TARMOG'I** — tozalangan suvni iste'mol joyiga etkazib beradigan suv kuvurlari majmui.

**SUVNING KOVUSHOKLIGI (YoPISHKOKLIGI)** — suv (suyuklik) katlamlarining nisbiy xarakatiga (siljishiga) karshilik ko'rsatuvchi xususiyati.

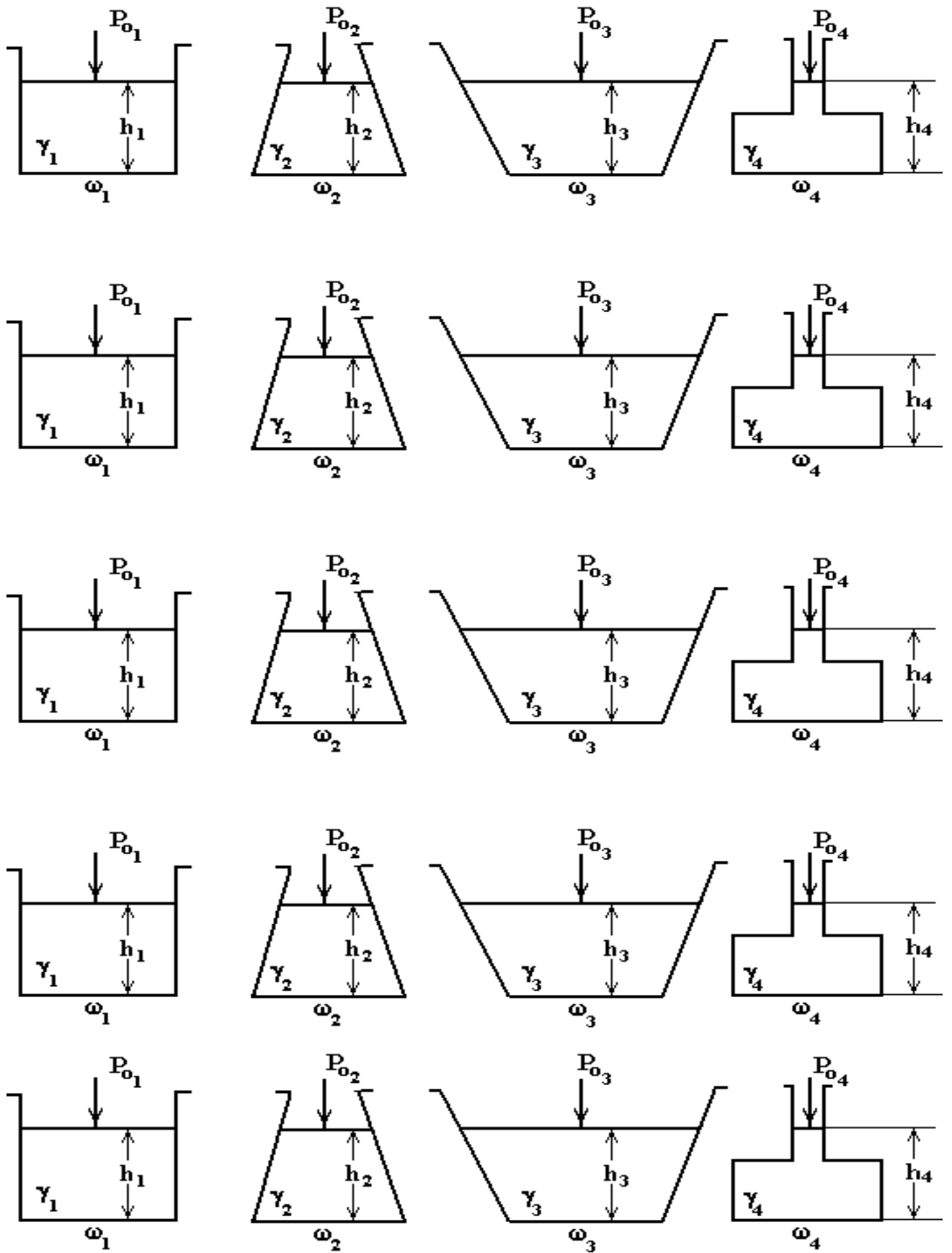
**TURBULENT XARAKAT REJIMI** - Suyuklikning tezligi oshgan sari zarrachalar betartib xarakat kila boshlaydi. Natijada ular birinchi kavatdan ko'shni kavatga o'tadi va energiyani ma'lum kismi yo'koladi.

**UZLUKSIZLIK TENGLAMASI** - Barkaror xarakatda okimning yo'nalishi bo'yicha ko'ndalang kesimlarning yuzasi va tezligi o'zgarib borishi mumkin. Lekin sarf o'zgarmaydi, ya'ni okimning kesimlaridagi o'rtacha tezliklar tegishli kesimlarning yuzalariga teskari proportsionaldir.

**O'RTACHA TEZLIK** - okim sarfining xarakat kesimiga nisbati.

**XO'LLANGAN PERIMETR** - suv okimning kattik sirt bilan chegarasi.

# TARKATMA MATERIALLAR



## Zamonaviy pedagogik texnologiyalar bo'yicha muammoli masalalarni bajarishga oid tarqatma materiallar

1-ilova

### *«Akliy xujum» metodining asosiy koidalari:*

- olg'a surilgan fikr va g'oyalar tanqid ostiga olinmaydi va baholanmaydi;
- taklif qilinayotgan fikr va g'oyalar qanchalik fantastik va antiqa bo'lsa ham, uni baholashdan o'zingizni tiying!
- Tanqid qilmang – hamma bildirilgan fikrlar bir xilda bebahodir.
- Fikr bildirilayotganda bo'lma!
- Maqsad – fikr va g'oyalar sonini ko'paytirish.
- Qanchalik ko'p fikr va g'oyalar bildirilsa shunchalik yaxshi. Yangi va bebaho fikr va g'oyaning paydo bo'lish extimoli paydo bo'ladi.
- Agar fikrlar qaytarilsa asabiylashmang va hayron bo'lmang.
- Xayollar «tuzginiga» ijozat bering.
- Bu muammo faqatgina ma'lum usullar yordamidagina hal bo'lishi mumkin, deb o'ylamang.
- Fikrlar «hujumi»ni o'tkazish vaqti aniqlanadi va unga qat'iyan rioya qilinishi shart.
- Berilgan savolga qisqacha (1-2 suzdan iborat) javob beriladi.

## TESTLAR

**Bu ifoda m<sup>2</sup>G's kaysi kattalikning o'lchov birligi?**

Suyuklik sarfining

Shezi koefitsientining

\*Okim tezligining

Kinematik yopishkoqlik koefitsientining

**Bu ifoda NG'm<sup>2</sup> kaysi kattalikning o'lchov birligi?**

Suyuklik sarfining

Shezi koefitsientining

Okim tezligining

\*Gidrostatik bosimning

**Sarfni aniklash formulasini ko'rsating ?**

$$* Q = \frac{W}{t}$$

$$V = \frac{Q}{w}$$

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

$$Q = \int_w u dw$$

**O'rtacha tezlik kaysi formula yordamida xisoblanadi?**

$$Q = \frac{W}{t}$$

$$* V = \frac{Q}{w}$$

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

$$Q = \int_w u dw$$

**Gidravlik radius kaysi formula yordamida xisoblanadi?**

$$Q = \frac{W}{t}$$

$$V = \frac{Q}{w}$$

$$* R = \frac{w}{x}$$

$$Q = \int_w u dw$$

**Bu ifoda  $m^{1G^2}G$ 's kaysi kattalikning o'lchov birligi?**

Suyuklik sarfining;

\*Shezi koeffitsientining

Okim tezligining

Kinematik yopishkoklik koeffitsientining;

**Kachon gidravlik karshiliklar nolga teng deb olinadi?**

\*suyuklikni ideal deb karasak

suyuklik laminar rejimda xarakatlansa

Reynolds soni 2320 dan yukori bo'lsa

maxalliy karshilik xisobga olinmasa

**Kachon okimning o'rtacha tezligi eng yukori tezlikning yarmiga teng buladi?**

suyuklikni ideal deb karasak

\*suyuklik laminar rejimda xarakatlansa

Reynolds soni 2320 dan yukori bo'lsa

maxalliy karshilik xisobga olinmasa

**Kuvurlarda kachon suyuklik xarakter rejimi turbulent deb karaladi?**

suyuklikni ideal deb karasak

suyuklik laminar rejimda xarakatlansa

\*Reynolds soni 2320 dan yukori bo'lsa

maxalliy karshilik xisobga olinmasa

**Kanday kuvurlarga "uzun" kuvurlar deymiz?**

suyuklikni ideal deb karasak

suyuklik laminar rejimda xarakatlansa

Reynolds soni 2320 dan yukori bo'lsa

\*maxalliy karshilik xisobga olinmasa

**Kaysi xolatda gidravlik radius kuvur radiusining yarmiga teng?**

Tugri turtburchakli novlarda suyuklik okganda

Suyuklik trapetsiadal novlarda okganda

\* Tsilindrik trubalarda suyuklik tulib okganda

Tsilindrik trubalarda suyuklik tulmay okganda

**Kaysi ifoda ideal suyuklik uchun Bernulli tenglamasini ifodalaydi?**

$$* Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{U_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{U_2^2}{2g}$$

$$Z + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{U^2}{2g} = \text{const}$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{U_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{U_2^2}{2g} + h_f$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 U_1^2}{2g} = Z_2$$

**Bu formula nimani ifodalaydi?**  $Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_f$

Ideal suyuqlik uchun Bernulli tenglamasini

\*Real suyuqlik uchun Bernulli tenglamasini

Eyler tenglamasini (harakatdagi suyuqlik uchun)

Arximed formulasini

**Suyuqlikning kandy xarakat rejimida Kariolis koeffitsienti  $\alpha = 2$  buladi?**

Tinch xolatida

\*Laminar xarakat rejimida

Laminar va turbulent xarakat rejimida

Turbulent xarakat rejimida

**Kachon p'ezometrik va napor chiziklari parallel bo'ladi?**

Suyuqlikning laminar xarakat rejimida

Suyuqlikning turbulent xarakat rejimida

Suyuqlikning laminar va turbulent xarakat rejimida

\*Suyuqlikning tekis xarakati davomida

**Kaysi xolatda kuvurlarda yukolgan energiya quyidagi formula buyicha xisoblanadi?**

$$h_l = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

\*Uzunlik buyicha yukolgan energiya formulasi

Maxalliy karshiliklarda yukolgan energiya formulasi

Kalta kuvurlarda yukolgan energiya

Alyuminiy kuvurlarda yukolgan energiya

**Gidravlik ishkalanish koeffitsienti quyidagi kattaliklarning kaysi biriga boglik emas?**

Suyuqlikning xarakat rejimiga

Kuvurning materialiga va xolatiga

Kuvurning diametriga va materialiga

\* Kuvurning uzunligiga

**Kuyidagi formula yordamida kaysi xolatdagi kuvurda yukolgan energiya**

**xisoblanadi?**  $h_M = \zeta \frac{V^2}{2g}$

Uzunlik buyicha yukolgan energiya

Kalta kuvurlarda yukolgan energiya

\*Maxalliy karshiliklarda yukolgan energiya

Mis kuvurlarda yukolgan energiya

**Kuvurning keskin kengayishida yukolgan energiya kaysi formula yordamida hisoblanadi?**

$$* h_{\eta,\eta} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

$$h_{\eta,\eta} = \left(1 - \frac{V_2^2}{V_1^2}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2g}$$

$$h_{\eta,\eta} = \left(1 - \frac{w_2}{V_1}\right) \cdot \frac{V_1^2}{2g}$$

Uchala formula tugri

**Kuvur uzunligi bo'ylab yukolgan energiyani xisoblash uchun kuyidagi formulalarning kaysi biri tugri ?**

$$h_e = \frac{\lambda e}{d} \cdot \frac{V}{2g}$$

$$* h_e = \frac{\lambda e}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$h_e = \zeta \frac{V^2}{2g}$$

$$h_e = \zeta \cdot \frac{V}{2g}$$

**Laminar xarakat rejimida  $\lambda$  kaysi formula buyicha xisoblanadi?**

$$* \lambda = \frac{64}{\text{Re}}; \lambda = f(\text{Re})$$

$$\lambda = 0,1 \left(\overline{\Delta} + \frac{68}{\text{Re}}\right)^{0,25}$$

$$\lambda = f(\overline{\Delta})$$



$$\lambda = f(\overline{\text{Re}}, \Delta)$$

**Kaysi ifoda Reynolds sonini ko'rsatadi?**

$$\text{Re} = \frac{V^2 d}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{\nu d}{V^2}$$

$$\text{Re} = \frac{Vd^2}{\nu}$$

$$* \text{Re} = \frac{Vd}{\nu}$$

**Gorizontaal idish tubiga ta'sir etatgan suyuqliklarning bosim kuchi idish shakliga va xajmiga bog'liq ravishda uzgaradimi?**

o'zgarmaydi

idishdagi suyuqlik xajmini uzgarishi bilan kupayadi

idishdagi suyuqlikning xajmiga teskari proportsional xolda uzgaradi

\*idishning shakliga bog'liq emas

**Kinematik epishkoklik koeffitsenti bilan dinamik epishkoklik koeffitsentining farki kaysi kattalikka bog'liq?**

\*zichlik.

ogirlik.

xajm.

ishkalinish koeffitsenti

**Massa kuchlari deb qanday kuchlarga aytiladi ?**

\*suyuqlikka inertsia og'irlik kuchi

suyuqlikka tasir qiluvchi ichki ishkalanish kuchi

suyuqlikning har bir zarrasiga tasir qiluvchi kuch

suyuqlikka tasir qiluvchi gidrostatik bosim kuchi

**Kalta kuvurlar deb qanday kuvurlarga aytiladi?**

kuvurlarni gidravlik hisoblashda energiyaning yukolishi xam uzunlik buylab va xam

maxalliy qarshiliklarda hisobga olinsa, bunday kuvurlarga kalta kuvurlar deyiladi

kuvurlarni gidravlik hisoblashda energiyani yukolishi fakat uzunlik buylab hisobga olinsa bunday kuvurlarni kalta kuvurlar deyiladi

\*kuvurlarni gidravlik hisoblashda energiyani yukolishi fakat maxalliy qarshiliklar buylab hisobga olinsa bunday kuvurlarni kalta kuvurlar deyiladi

kuvurlarni gidravlik hisoblashda maxalliy qarshiliklarda yukolgin energiyaning miqdori 10 % dan kam bo'lsa bunday kuvurlar kalta kuvurlar deyiladi

**Uzun kuvurlar deb qanday kuvurlarga aytiladi?**

kuvurlarni gidravlik xisoblashda energiyaning yukolishi fakat maxalliy karshiliklar buylab xisobga olinsa bunday kuvurlarni uzun kuvurlar deyiladi

kuvurlarni gidravlik xisoblashda energiyaning yukolishi fakat uzunlik buylab xisobga olinsa bunday kuvurlar uzun kuvurlar deyiladi

kuvurlarni gidravlik xisoblashda energiyaning yukolishi xam uzunlik buylab va xam maxalliy karshiliklarini xisobga olinsa bunday kuvurlar uzun kuvurlar deyiladi

\*kuvurlarni gidravlik xisoblashda maxalliy karshiliklarda yukolgan energiyaning mikdori 10 % dan kup bo'lsa bunday kuvurlar uzun kuvurlar deyiladi

### **Gidrostatika bulimi nimani urgatadi?**

suyuklik xarakat konunlarini urgatadi.

\* suyuklikning muvozanat konunlarini urganib, texnikaga tatbik etishini o'rgatadi. suyukliklarni xossalarini urganib, texnikaga tatbik etishni o'rgatadi. muvozanatdagi suyuklikka tasir etuvchi kuchlarni o'rgatadi.

### **Gidrostatik bosim qiymati yunalishga bog'likmi?**

xa, bog'lik

\*yuk ,bog'lik emas

bazan bog'lik, bazan yuk

xarakat kilayotgan paytda

### **Kaysi formula gidrostatikaning asosiy formulasi?**

\* $Z + P / J = \text{const}$

$(Z1 + P1 / J) > (Z2 + P2 / J)$

$(Z1 + P1 / Sg) > (Z2 + P2 / Sg)$

$P = P_0 + h$

### **Ixtiyoriy nuqtadagi bosimni kaysi formula orkali xisoblash mumkin ?**

$P = P_0 + gh$

$P = Pgh$

\* $P = P_0 + Jg$  J-solishtirma xajm ogirligi

tugri javob yo'q

### **Vakuometr 0,2 at. ni ko'rsatyapti, absolyut bosim kanchaga teng?**

\*1,2 at.ga

0,8 at.ga

0,2 at.ga

1 at.ga

### **Manometrik bosim deb kanday bosimga aytiladi?**

\*atmosfera bosimidan katta bulgan bosimga

atmosfera bosimidan kichik bulgan bosimga

atmosfera bosimiga teng bulgan bosimga

suyuklik markaziga tasir kiluvchi bosimga

### **Vakuometrik bosim deb kanday bosimga aytiladi?**

atmosfera bosimidan katta bulgan bosimga

\*O dan atmosfera bosimigacha bulgan bosimga

atmosfera bosimiga teng bulgan bosimga

manometrik bosimdan katta bulgan bosimga

**Kachon mano-vakuumetrik ko'rsatkichi " nolga" ga teng buladi?**

\*  $P_{a\bar{b}c} = P_M$

$P_B = P_{a\bar{b}c}$

$P_{a\bar{b}c} = 0$

$P_{am} = 5 - P_{a\bar{b}c}$

**Gidrostatik paradoks deb nimaga aytiladi?**

suyuklikdagi bosim idishning shakliga bog'lik bulish xodisasi gidrostatik paradoks deyiladi

\*suyuklik bosimi uning shakliga emas, balki chukurligiga bog'lik bo'lish xodisasi gid-rostatik paradoks deyiladi

suyuklikdagi bosim idishning shakliga va xajmiga bog'lik bo'lish xodisasi gidrostatik paradoks deyiladi

suyuklikdagi bosim idishni xajmiga bog'lik bulish xodisasi gidrostatik paradoks deyiladi

**Kachon bosim markazi bilan shakl ogirlik markazi ustma-ust tushadi? \*tekis**

shakl vertikal xolatda bo'lsa

tekis shakl gorizonta xolatda bo'lsa

shakl kavarik bo'lsa

shakl botik bo'lsa

**Gidrostatikaning assosiy tenglamasi kaysi kuchlarni xisobga olinganda to'g'ri bo'ladi?**

ishkalanish kuchini, ogirlik kuchini

\*inertsiya kuchini, og'irlik kuchini

gidrostatik bosim kuchini, og'irlik kuchini

fakat ishkalanish kuchini

**Suyukliklarda bosimni uzatilishi kaysi konun orkali ifodalanadi? Arximed**

konuni

Eyler konuni

\*Paskal konuni

Borda konuni

**Bosim tanasini aniklash nima uchun kerak?**

\*egri sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini vertikal tashkil etuvchisini aniklash uchun

egri sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini gorizonta tashkil etuvchisini aniklash uchun

vertikal sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini aniklash uchun  
gorizontal sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini aniklash uchun

**Kaysi ifodada sarf qiymatlari tugri ko'rsatilgan?**

$$Q=5 \frac{\text{M}}{\text{c}} = 50 \frac{\text{л}}{\text{c}} = 500 \frac{\text{CM}}{\text{c}}$$

$$Q=5 \frac{\text{л}}{\text{c}} = 500 \frac{\text{cm}}{\text{c}} = 0,05 \frac{\text{M}}{\text{c}}$$

$$Q=5 \frac{\text{cm}}{\text{c}} = 0,5 \frac{\text{л}}{\text{c}} = 0,05 \frac{\text{M}}{\text{c}}$$

$$*Q=5 \frac{\text{M}}{\text{c}} = 5000 \frac{\text{л}}{\text{c}} = 5000000 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$$

**Suyuklik xarakatining uzluksizlik tenglamasini ko'rsating?**

$P=\text{const}$

$V=\text{const}$

$*Q=\text{const}$

$Z=\text{const}$

**Real suyuklik xarakat davomida napor chizigi:**

okim buylab ko'tarilib boradi

gorizontal bo'ladi

vertikal bo'ladi

\*okim bo'ylab pasayib boradi

**Real suyuklik xarakati davomida pezometrik nishablik qiymati kanday bulishi mumkin?**

fakat 0-dan katta

fakat 0-dan kichik

fakat 1-dan katta

\*bazida 0-dan katta, bazida 0-dan kichik

**Real suyuklik xarakati davomida gidravlik nishablik qiymati kanday bulishi mumkin?**

fakat 0-dan kichik

\*fakat 0-dan kata

fakat 1-dan kichik

fakat 1-dan katta

**Energetik jixatdan pezometrik chizik okimning kanday energiyasining o'zgarishini ko'rsatadi?**

ichki energiyasini nisbiy

kinetik energiyasini

\*nisbiy potentsial energiyasini

mexanik energiyasini

**Energetik jixatdan napor chizigi okimning kandy energiyasining o'zgarishini ko'rsatadi?**

ichki energiyasini

\*nisbiy kinetik energiyasini

nisbiy potentsial energiyasini

nisbiy mexanik energiyasini

**Napor yukolishining ulcham birliklari kandy?**

dj; Kdj

N; kN

vt; kvt

\*m; sm

**Uzunlik buyicha napor yukolishi kimning formulasi yordamida xisoblanadi?**

Reynolds

\*Darsi-Veysbax

Venturi

Borda

**Maxalliy karshilikda napor yo'kolishi kimning formulasi yordamida xisoblanadi?**

Reynolds

Venturi

\*Veysbax

Shezi

**Gidravlik ishkalanish koeffitsentini kiymati umumiy xolda kaysi parametrlarga bog'lik?**

kuvur diametri, Reynolds soni

\*Reynolds soni, nisbiy gadir-budirlik

suyuklik yopishkokligi, okimning o'rtacha tezligi

fakat nisbiy g'adir-budirlik

**Devorning kalinligi "b" kandy bo'lganda yupka devorli teshik xisoblanadi?**

$b > 2,5d(a)$  bu erda: b-devor kalinligi

$b < 2,5m$

\* $b \leq 2,5d(a)$

$b \leq 0,1H$

**Teshiklar sikitlash turlari, sarf Q ga kaday ta'sir ko'rsatadi?**

tugallangan sikilishda Q maksimum

tugallangan sikilishda Q katta tula bulmagan sikilishga nisbatan

\*tugallangan sikilishda Q minimum

tula bulmagan sikilishda Q minimum

**Teshik bilan naycha diametri "d" bir xil bo'lganda sarf va tezliklar kanday nisbatga ega bo'ladi?**

teshik sarfi katta naychanikidan teshiklari bir xil

sarf va tezlik bir xil

teshik sarfi kam, naychanikidan tezliklar bir xil

\*teshik sarfi kichik naychanikidan

**Uzun kuvurlarni xisoblash formulasini ko'rsating?**

$$H = SIQ$$

$$H = \frac{Ql}{K^2}$$

$$* H = SIQP^2$$

$$H = \frac{Q^2 l}{K^2}$$

**Parallel ulangan uzun kuvurlar kaysi formula yordamida xisoblanadi?**

$$* Q = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{H_{AB} K_i^2}{l_i}}$$

$$Q = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{H_{AB} K_i}{l_i}}$$

$$Q = \frac{H_{AB} K^2}{l}$$

$$Q = \frac{H_{AB} K^2}{l^2}$$

**Sarf moduli nimalarga bog'lik?**

Kuvurning uzunligiga, materialiga, diametriga va suyuqlikning xarakat rejimiga bog'lik

Kuvurning uzunligiga va diametriga bog'lik

Kuvurning uzunligiga, diametriga va suyuqlikning xarakat rejimiga bog'lik

\*Kuvurning uzunligiga va suyuqlikning xarakat rejimiga bog'lik

**Kichik teshiklardan okib chikayotgan sarf kaysi formula yordamida xisoblanadi?**

$$Q = 0,61\omega\sqrt{2gH}$$

$$* Q = 0,62\omega\sqrt{2gH}$$

$$Q = 0,63\omega\sqrt{2gH}$$

$$Q = 0,65\omega\sqrt{2gH}$$

**Venturi naychasidan okib chikayotgan sarf kaysi formula yordamida xisoblanadi?**

$$* Q = 0,82\omega\sqrt{2gH}$$

$$Q = \omega\sqrt{2gH}$$

$$Q = 0,82\sqrt{2gH}$$

$$Q = 0,64\omega\sqrt{2gH}$$

**Naychadan okib chikayotgan sarf bilan teshikdan okib chikayotgan sarfning bir biridan farki nimada?**

Sikilish koefitsientida

Koriolis koefitsientida

Karshilik koefitsientida

\*Sarf koefitsientida

**Kaysi xolatda sarf koefitsienti tezlik koefitsientiga teng buladi?**

Tezlik koefitsienti 1 ga teng bo'lsa

Sarf koefitsienti 0 ga teng bo'lsa

\*Karshilik koefitsienti 0 ga teng bo'lsa

Sikilish koefitsienti 1 ga teng bo'lsa

**Sarf uzluksiz tarkalgan kuvurdan yukolgan energiya kanday topiladi?**

$$H = \frac{l}{\kappa} \left( Q_T^2 + Q_T \cdot Q_{TT} + \frac{Q_{TT}^2}{3} \right)$$

$$H = \frac{l}{\kappa^2} \left( Q_T + Q_T \cdot Q_{TT} + \frac{Q_{TT}}{3} \right)$$

$$H = \frac{l}{\kappa} \left( Q_T^2 + Q_T \cdot Q_{TT} + \frac{Q_{TT}^1}{3} \right)$$

$$* H = \frac{l}{\kappa^2} \left( Q_T^2 + Q_T \cdot Q_{TT} + \frac{Q_{TT}^2}{3} \right)$$

**Kuyidagi xolat kanday ulangan uzun kuvurlar uchun to'g'ri?**

$$Q = const, \quad H = \sum_{i=1}^n H_i$$

\*Ketma-ket ulangan kuvurlar sistemasi uchun

Parallel ulangan kuvurlar sistemasi uchun

Sarf uzluksiz va parallel ulangan kuvurlar sistemasi uchun

Sarf uzluksiz tarkalgan kuvurlar sistemasi uchun

**Kuyidagi xolat kandy ulangan uzun kuvurlar uchun tugri?**

$H = const, \quad Q = \sum_{i=1}^n Q_i$  Sarf uzluksiz va ketma-ket ulangan kuvurlar sistemasi

uchun

\*Parallel ulangan kuvurlar sistemasi uchun

Sarf uzluksiz tarkalgan kuvurlar sistemasi uchun Ketma-ket ulangan kuvurlar sistemasi uchun

Sarf uzluksiz va parallel ulangan kuvurlar sistemasi uchun

**Vakuometr 0,2 at.ni ko'rsatyapti, absolyut bosim kanchaga teng?**

\*1,2 at.ga

0,8 at.ga

0,2 at.ga

1 at.ga

**Manometrik bosim deb kandy bosimga aytiladi?**

\*atmosfera bosimidan katta bulgan bosimga

atmosfera bosimidan kichik bulgan bosimga

atmosfera bosimiga teng bulgan bosimga

suyuklik markaziga ta'sir kiluvchi bosimga

**Vakuometrik bosim deb kandy bosimga aytiladi?**

atmosfera bosimidan katta bulgan bosimga

\*0 dan atmosfera bosimigacha bulgan bosimga

atmosfera bosimiga teng bulgan bosimga

manometrik bosimdan katta bulgan bosimga

**Kachon manovakuometrik ko'rsatkichi "nolga" ga teng buladi?**

$P_{абс} = P_{ам};$

$P_{в} = P_{ам};$

$P_{абс} = 0;$

\* $P_{м} = P_{ат}$   $P_{абс}$ -абсолют босим.

**Vakuometr kandy bosimni ulchaydi?**

$P_{абс} = P_{ам};$

\* $P_{абс} > P_{ам};$

$P_{ам} > P_{абс};$

$P_{абс} > P_{м};$

**Tutash idishlar konunini ifodalash uchun kaysi formula tugri?**

\*  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{v_2}{v_1};$



$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{v_1}{v_2};$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

$$h_1 \cdot v_2 = h_2 \cdot v_1$$

### **Gidrostatik paradokc deb nimaga aytiladi?**

suyuklikdagi bosim idishning shakliga boglik bulish xodisasi gidrostatik paradoks deyiladi

\*suyuklikdagi bosim uning shakliga emas, balki chukurligiga boglik bulish xodisasi gidrostatik paradoks deyiladi

suyuklikdagi bosim idishning shakliga va xajmiga boglik bulish xodisasi gidrostatik paradoks deyiladi

suyuklikdagi bosim idishni xajmiga boglik bulish xodisasi gidrostatik paradoks deyiladi;

### **Bosim tanasini aniqlash nima uchun kerak?**

\*egri sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini vertikal tashkil etuvchisini aniqlash uchun

egri sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini gorizonta tashkil etuvchisini aniqlash uchun

vertikal sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini aniqlash uchun

gorizonta sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini aniqlash uchun

### **Kaysi formula Arximed konuni ifodalaydi?**

$$P_A = \gamma \cdot W_k$$

$$*P_A = \rho g H$$

$$P_A = P_0 + \gamma H$$

$$P_A = mg$$

### **Kuvur uzunligi bo'ylab yukolgan energiyani xisoblash uchun kuyidagi formulalarning kaysi biri tugri?**

$$h_e = \frac{\lambda e}{d} \cdot \frac{V}{2g}$$

$$*h_e = \frac{\lambda e}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$h_e = \zeta \frac{V^2}{2g}$$

$$h_e = \zeta \cdot \frac{V}{2g}$$

### **Laminar xarakat rejimida $\lambda$ kaysi formula buyicha xisoblanadi?**

$$* \lambda = \frac{64}{\text{Re}}; \lambda = f(\text{Re})$$

$$\lambda = 0,1(\bar{\Delta} + \frac{64}{\text{Re}})^{0,25}$$

$$\lambda = f(\bar{\Delta})$$

$$\lambda = f(\text{Re}, \bar{\Delta})$$

**Kaysi ifoda Reynolds sonini ko'rsatadi?**

$$\text{Re} = \frac{V^2 d}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{\nu d^2}{V^2}$$

$$\text{Re} = \frac{V d^2}{\nu}$$

$$* \text{Re} = \frac{V d}{\nu}$$

**Gorizontol idish tubiga ta'sir etatgan suyuqliklarning bosim kuchi idish shakliga va xajmiga bog'liq ravishda uzgaradimi?**

uzgarmaydi

idishdagi suyuqlik xajmini uzgarishi bilan kupayadi

idishdagi suyuqlikning xajmiga teskari proporsional xolda uzgaradi

\*idishning shakliga bog'liq emas

**Kinematik epishkoklik koeffitsenti bilan dinamik epishkoklik koeffitsentining farki kaysi kattalikka bog'liq?**

\*zichlik

ogirlik

xajm

ishkalanish koeffitsenti

**Massa kuchlari deb qanday kuchlarga aytiladi?**

\*suyuklikka inertiya og'irlik kuchi

suyuklikka tasir kiluvchi ichki ishkalanish kuchi

suyuklikning xar bir zarrasiga tasir kiluvchi kuch

suyuklikka tasir kiluvchi gidrostatik bosim kuchi

**Kalta kuvurlar deb qanday kuvurlarga aytiladi?**

kuvurlarni gidravlik xisoblashda energiyaning yukolishi xam uzunlik buylab va xam maxalliy qarshiliklarda xisobga olinsa, bunday kuvurlarga kalta kuvurlar deyiladi.

kuvurlarni gidravlik xisoblashda energiyani yukolishi fakat uzunlik buylab xisobga olinsa bunday kuvurlarni kalta kuvurlar deyiladi.

\*kuvurlarni gidravlik xisoblashda energiyani yukolishi fakat maxalliy qarshiliklar buylab xisobga olinsa bunday kuvurlarni kalta kuvurlar deyiladi.

kuvurlarni gidravlik xisoblashda maxalliy qarshiliklarda yukolgin energiyani miqdori 10 % dan kam bo'lsa bunday kuvurlar kalta kuvurlar deyiladi.

### **Uzun kuvurlar deb qanday kuvurlarga aytiladi?**

kuvurlarni gidravlik xisoblashda energiyani yukolishi fakat maxalliy qarshiliklar buylab xisobga olinsa bunday kuvurlarni uzun kuvurlar deyiladi.

kuvurlarni gidravlik xisoblashda energiyani yukolishi fakat uzunlik buylab xisobga olinsa bunday kuvurlar uzun kuvurlar deyiladi.

kuvurlarni gidravlik xisoblashda energiyani yukolishi xam uzunlik buylab va xam maxalliy qarshiliklarini xisobga olinsa bunday kuvurlar uzun kuvurlar deyiladi.

\*kuvurlarni gidravlik xisoblashda maxalliy qarshiliklarda yukolgan energiyani miqdori 10 % dan kam bo'lsa bunday kuvurlar uzun kuvurlar deyiladi.

### **Gidrostatika bulimi nimani urgatadi?**

suyuklik xarakat konunlarini urgatadi

\*suyuklikning muvozanat konunlarini urganib, texnikaga tatbik etishini o'rgatadi

suyukliklarni xossalari urganib, texnikaga tatbik etishini o'rgatadi

muvozanatdagi suyuklikka tasir etuvchi kuchlarni o'rgatadi

### **Gidrostatik bosim qiymati yunalishga bogliqmi?**

ha, bog'lik

\*yuk ,bog'lik emas

bazan bog'lik, bazan yuk

xarakat kilayotgan paytda

### **Kaysi formula gidrostatikaning asosiy formulasi?**

$*Z + P / \rho = \text{const}$

$(Z_1 + P_1 / \rho) > (Z_2 + P_2 / \rho)$

$(Z_1 + P_1 / \rho g) > (Z_2 + P_2 / \rho g)$

$P = P_0 + \rho h$

### **Kachon bosim markazi bilan shakl ogirlik markazi ustma-ust tushadi ? \*tekis**

shakl vertikal xolatda bo'lsa

tekis shakl gorizontal xolatda bo'lsa

shakl kavarik bo'lsa

shakl botik bo'lsa

### **Gidrostatikaning asosiy tenglamasi kaysi kuchlarni xisobga olinganda to'g'ri bo'ladi?**

ishkalanish kuchini, ogirlik kuchini

\*inertsiya kuchini, og'irlik kuchini

gidrostatik bosim kuchini, og'irlik kuchini

fakat ishkalanish kuchini

### **Suyukliklarda bosimni uzatilishi kaysi konun orkali ifodalanadi?**

Arximed konuni

Eyler konuni

\*Paskal konuni

Borda konuni

### **Bosim tanasini aniklash nima uchun kerak?**

\*egri sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini vertikal tashkil etuvchisini aniklash uchun

egri sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini gorizonta tashkil etuvchisini aniklash uchun

vertikal sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini aniklash uchun

gorizonta sirtga tasir etaetgan gidrostatik bosim kuchini aniklash uchun

### **Kaysi ifodada sarf kiymatlari tugri ko'rsatilgan?**

$5 \text{ MG} \cdot \text{c}$  q  $50 \text{ lG} \cdot \text{s}$  q  $500 \text{ SMG} \cdot \text{s}$

$5 \text{ lG} \cdot \text{s}$  q  $500 \text{ smG} \cdot \text{s}$  q  $0,05 \text{ mG} \cdot \text{s}$

$5 \text{ smG} \cdot \text{s}$  q  $0,5 \text{ lG} \cdot \text{s}$  q  $0,05 \text{ mG} \cdot \text{s}$

\* $5 \text{ mG} \cdot \text{s}$  q  $5000 \text{ lG} \cdot \text{s}$  q  $5000000 \text{ smG} \cdot \text{s}$

### **Suyuklik xarakatining uzluksizlik tenglamasini ko'rsating?**

$P_{q\text{const}}$

$V_{q\text{const}}$

\* $Q_{q\text{const}}$

$Z_{q\text{const}}$

### **Real suyuklik xarakat davomida napor chizigi:**

okim buylab ko'tarilib boradi

gorizonta bo'ladi

vertikal bo'ladi

\*okim bo'ylab pasayib boradi

### **Real suyuklik xarakati davomida pezometrik nishablik kiymati kanda bulishi mumkin?**

fakat 0-dan katta

fakat 0-dan kichik

fakat 1-dan katta

\*bazida 0-dan katta, bazida 0-dan kichik

### **Real suyuklik xarakati davomida gidravlik nishablik kiymati kanda bulishi mumkin?**

fakat 0-dan kichik

\*fakat 0-dan katta

fakat 1-dan kichik

fakat 1-dan katta

**Energetik jixatdan pezometrik chizik okimning kanday energiyasining o'zgarishini ko'rsatadi?**

ichki energiyasini

nisbiy kinetik energiyasini

\*nisbiy potentsial energiyasini

mexanik energiyasini

**Gidravlik radius kaysi formula yordamida xisoblanadi?**

$$Q = \frac{W}{t}$$

$$V = \frac{Q}{w}$$

$$* R = \frac{w}{x}$$

$$Q = \int_w u dw$$

**Bu ifoda  $m^{1G^2}G$ 's kaysi kattalikning o'lchov birligi?**

Suyuklik sarfining

\*Shezi koeffitsientining

Okim tezligining

Kinematik yopishkoklik koeffitsientining

**Kachon gidravlik karshiliklar nolga teng deb olinadi?**

\*suyuklikni ideal deb karasak

suyuklik laminar rejimda xarakatlansa

Reynolds soni 2320 dan yukori bo'lsa

maxalliy karshilik xisobga olinmasa

**Kachon okimning o'rtacha tezligi eng yukori tezlikning yarmiga teng buladi?**

suyuklikni ideal deb karasak

\*suyuklik laminar rejimda xarakatlansa

Reynolds soni 2320 dan yukori bo'lsa

maxalliy karshilik xisobga olinmasa

**Kuvurlarda kachon suyuklik xarakat rejimi turbulent deb karaladi?**

suyuklikni ideal deb karasak;

suyuklik laminar rejimda xarakatlansa

\*Reynolds soni 2320 dan yukori bo'lsa  
maxalliy karshilik xisobga olinmasa

### **Kanday kuvurlarga “uzun” kuvurlar deymiz?**

suyuklikni ideal deb karasak

suyuklik laminar rejimda xarakatlansa

Reynolds soni 2320 dan yukori bo'lsa

\*maxalliy karshilik xisobga olinmasa

### **Parallel ulangan uzun kuvurlar kaysi formula yordamida xisoblanadi?**

$$* Q = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{H_{AB} K_1^2}{l_1}}$$

$$Q = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{H_{AB} K_1^2}{l_1}}$$

$$Q = \frac{H_{FB} K^2}{l}$$

$$Q = \frac{H_{FB} K^2}{l^2}$$

### **Sarf moduli nimalarga bog'lik?**

Kuvurning uzunligiga, materialiga, diametriga va suyuklikning xarakat rejimiga bog'lik

Kuvurning uzunligiga va diametriga bog'lik

Kuvurning uzunligiga, diametriga va suyuklikning xarakat rejimiga bog'lik

\*Kuvurning uzunligiga va suyuklikning xarakat rejimiga bog'lik

### **Manometrik bosim deb kanday bosimga aytiladi?**

\*atmosfera bosimidan katta bulgan bosimga

atmosfera bosimidan kichik bulgan bosimga

atmosfera bosimiga teng bulgan bosimga

suyuklik markaziga ta'sir kiluvchi bosimga