

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN MUXANDISLIK – QURILISH INSTITUTI

GIDROGAZODINAMIKA
Fanidan o'quv qo'llanma

Oliy o'quv yurtlarining 5310200-Elektrenergetikasi yo'nalishi
talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan

NAMANGAN – 2020

Mualliflar:

SH.I.Nabiev–f.m.f.n., dotsent

Q.B. Umarov- f.m.f.n.,dotsent

Gidrogazodinamika: O'quv qo'llanma / SH. I. Nabiev va Q.B.Umarov–
Namangan

shahri: Namangan muhandislik-qurilish instituti,
2019-50 bet.

Ushbu o'quv qo'llanmada gidrostatika va gidrodinamikaning asosiy nazariy qonunlarini masalalarni yechish misollari bilan to'ldiriladi, bu esa gidromexanika kursini o'rganish jarayonida kerakli bo'lgan bilimlarni mustahkamlash imkonini beradi.

O'quv qo'llanma elektrenergetikasi yo'nalishi bo'yicha o'qitilayotgan bakalavrlar uchun mo'ljallangan.

Taqrizchi: N.Shariboyev–f.m.f.d.

M.Murodov- t.f.n.

Ushbu uslubiy qo'llanma «Energetika» kafedrasini umumiy yig'ilishida muxokama qilingan va ma'qullangan (Bayon №.6, 17. 02. 2020 yil).

Uslubiy qo'llanma institut o'quv uslubiy kengashining yig'ilishida ko'rib chiqilgan va chop etishga tavsiya etilgan (Bayon №. 2020 yil).

MUNDARIJA

Kirish.....	4
1. Suyuqliklarning fizik hossalari	5
Masala yechish misollari.....	10
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	12
2. Hidrostatik bosim.....	14
Masala yechish misollari.....	16
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	18
3. Bosim epyuralari. Yassi tekisliklarga gidrostatik bosim kuchi.....	20
Masala yechish misollari.....	22
4. Suyuqlikning egri chiziqli yuzaga bosimi.....	25
Masala yechish misollari.....	27
5. Arximed qonuni.....	28
Masala yechish misollari.....	30
6. Hidrodinamikaning asosiy tenglamalari.....	32
Masala yechish misollari.....	37
7. Suyuqlik oqim tartiblari. Gidravlik qarshiliklar.....	39
Masala yechish misollari.....	43
8. Bosimli truba-o'tkazgichlarda suyuqlik harakati.....	49
Masala yechish misollari.....	52
9. Tirqish va nasadkalardan suyuqlikni oqib chiqishi.....	54
Masala yechish misollari.....	56
10. Truba-o'tkazgichlarda gidravlik zarba.....	58
Masala yechish misollari.....	59
Adabiyotlar.....	63

Kirish

Elektrenergetikasi yo'nalishidagi bakalavrlarni tayyorlash o'quv rejasi bo'yicha "Gidrogazodinamika" fani mutaxassislik siklini bazaviy qismiga kiradi.

Bu fanni o'qitishdan maqsad: keyingi fanlarni o'rganish va mutaxassislik bo'yicha ishlash uchun zarur bo'lgan gidravlika va gidromashinalar sohasida bilim olish.

Bu fan kursini o'rganish vazifasi:

- Gidravlik hodisalarning fizik asoslarini, hamda nisbiy tinch va harakat holatida bo'lgan suyuqliklarni statistik, kinematik va dinamik tavsiflarini nazariy aniqlash usullarini o'rganish;

- Truba-uzatgichlar va texnologik jihozlarni asosiy gidravlik hisoblarni bajarishni o'rgatish;

- Mavjud bo'lgan gidromashina turlari, ularning tuzilishi, tavsiflari, hisob olish va tanlash asoslari bilan tanishtirish.

Fanni o'rganish jarayoni quyidagi umum madaniy kompetentsiyalarni shakllantirishga yo'naltirilgan:

- Fuqarolikni (fuqaroni xuquqlari va burchlarini bilish va bajarish; erkinlik va javobgarlikni);

- O'z oldiga qo'yilgan maqsadga erishishda o'z ishini tashkil etish qobiliyatini; innovatsion g'oyalardan foydalanishga tayyorlik ishlarini o'rganadi.

1. Suyuqliklarning fizik hossalari

Suyuqlik bu ximik moddaning to'rtta agregat holatidan bittasi bo'lib, molekulalar bir biri bilan mustahkam bog'langan bo'lmaydi, molekulalar bir biriga nisbatan erkin o'rin almashish xossasiga ega.

Suyuqliklarning xossalari qo'yidagi fizik kattaliklar bilan tavsiflanadi:

Zichlik – jism massasi m ni uning hajmi V ga nisbati bilan aniqlanadi

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Zichlik: kg/m^3 , t/m^3 , g/m^3 birliklarda ifodalanadi.

Zichlikka teskari kattalik nisbiy hajm ebatladi – bu modda massa birligida egallagan hajm

$$V = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}, \text{m}^3/\text{kg}.$$

Ikkita modda zichliklarinin g nisbati solishtirma zichlik deb ataladi.

Odatda solishtirma zichlik distillangan suv zichligiga nisbatan aniqlanadi.

$$\rho_{sol} = \rho / \rho_{suv},$$

bunda: ρ – modda zichligi; ρ_{suv} –suv zichligi.

Nisbiy og'irlik – jism modda og'irligining uning hajmiga nisbati.

Zichlik bilan nisbiy og'irlik orasida quyidagi munosabat mavjud

$$\gamma = \rho g, \quad \text{N/m}^3,$$

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

Qovushqoqlik – bu suyuqlik va gazlarning oqishini keltirib chiqaruvchi kuchlar ta'siriga qarshilik qilish xossasi.

Qovushqoqlikning dinamik koeffitsienti yoki dinamik qovushqoqlik μ suyuqlikni siljituvchi chiranishlarga qarshilik qiluvchanligini tavsiflaydi. Bu kattalik moddaning turiga va holatining parametrlariga, asosan haroratga, bog'liq.

Sof suyuqlik va gazlarning shuningdek, aralashmalarning qovushqoqligi tajriba yo'li bilan vizkozimetr deb nomlanuvchi asboblarda aniqlanadi.

Suspenziyalarning qovushqoqligi suyuq fazasining qovushqoqligi μ_0 va undagi qattiq fazasining hajmi y kontsentratsiyasi x ga bog'liq bo'lib quyidagi formula bilan hisoblanadi.

$$\mu = \mu_0(1 + 4,5x)$$

Emulsiyalarning qovushqoqligi quyidagi tenglamadan hisoblanadi

$$\mu = \mu_0 \sqrt{\frac{1}{1-x}}$$

bunda: μ_0 – yalpi muhitning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti;

X – dispers fazasining hajmi y kontsentratsiyasi.

Qovushqoqlikning kinematik koeffitsienti (yoki kinematik qovushqoqlik)

$\nu = \mu/\rho$ ifoda bilan hisoblanadi va m^2/s o'lchanadi. Zichligi $1 \text{ kg}/\text{m}^3$ va dinamik qovushqoqligi $1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ bo'lgan muhitning kinematik qovushqoqligi $1\text{m}^2/\text{s}$ ni tashkil etadi.

Sirttarangligi σ – bu fazalar ajratish sirti yuzasining doimiy haroratda 1 yuza birligiga kattalashtirishi uchun sarf qilish kerak bo'lgan ishga teng bo'lgan kattalik.

Harorat (issiqlik) kengayishi. Suyuqlikning issiqlik kengayishi deb harorati o'zgarishida hajmining o'zgarishiga aytiladi.

Issiqlik kengayishi suyuqlikning fizik xossalariga bog'liq bo'ladi va harorat 1 gradusga o'zgarganda jism hajmining nisbiy o'zgarishini ko'rsatuvchi hajmiy kengayish koeffitsienti β_t bilan tavsiflanadi. Agar hajm o'zgarishini $\Delta V = V - V_0$, harorato'zgarishini $\Delta t = t - t_0$ deb belgilasak, u holda hajmiy kengayish koeffitsientini quyidagi ifoda ko'rinishida keltirish mumkin ($1/^\circ\text{C}$)

$$\beta_t = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad (1)$$

bunda: V_0 -suyuqlikning t_0 haroratdagi hajmi;

V – suyuqlikning t haroratdagi hajmi;

Ifoda (1) dan suyuqlikning t haroratdagi hajmi quyidagiga teng:

$$V = V_0[1 + \beta_t(t - t_0)]. \quad (2)$$

Mineral moylar uchun $\beta_t = 0,0006 \div 0,00085 \frac{1}{^\circ\text{C}}$;

suv uchun $\beta_t = 0,00014 \div 0,00015 \frac{1}{^\circ\text{C}}$.

Siqiluvchanlik va bikrlik. Siqiluvchanlik deganda suyuqlikning bosim ta'sirida o'z hajmini o'zgartirish xossasi tushuniladi. Siqiluvchanlik hajmiy siqilish koeffitsienti β_t bilan aniqlanadi. Hajmiy

siqilish koeffitsienti ΔP bosimning bir birlikka o'zgarishida suyuqlik hajmining nisbiy o'zgarishini ko'rsatadi va ($\text{m}^2/\text{N} = \text{Pa}^{-1}$) birlikda o'lchanadi.

$$\beta_P = -\frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta P}, \quad (3)$$

bunda: $\Delta V = V - V_0$ – bosim $\Delta P = P - P_0$ miqdorga o'zgarganda suyuqlik hajmining o'zgarishi; V_0 –suyuqlikning boshlang'ich bosim P_0 *dagi hajmi*; V –oxirgi P bosimdagi suyuqlik hajmi. Tenglama (3) dagi minus (-) bosimni musbat ΔP ortirmasiga (ortishi) hajmni manfiy ΔV ortirmasi (kamayishi) to'g'ri kelishini ko'rsatadi. Bosimni $500 \text{ atm} \approx 50 \text{ Mpa}$ gacha ortishida β_P koeffitsient suv uchun deyarli o'zgarmaydi va $4,9 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$ ga teng.

Bikrlik deganda, tashqi bosim olib tashlangandan keyin suyuqlikning ilgarigi (bosim qo'yilishdan oldingi) hajmini qabul qilish xossasi tushiniladi.

Suyuqlikning hajmiy birlik moduli deb, hajmiy siqilish koeffitsientiga teskari kattalikka aytiladi

$$E_0 = -\frac{1}{\beta_P}, [Pa = N/m^2]. \quad (4)$$

Suv uchun oddiy sharoitda

$$E_0 = 2,03 \cdot 10^9 Pa = 2,03 \cdot 10^3 MPa = 2,07 \cdot 10^4 kg/sm^2.$$

Kapilyarlik. Kapilyarlik deb, yuza taranglik kuchlari keltirib chiqaruvchi qo'shimcha kuch ta'sirida kichik diametrli naychalarda (trubkalarda) suyuqlikning ko'tarilishi yoki tushishi xossasiga aytiladi.

Suyuqlikning ko'tarilish yoki tushish balandligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$h = 2\sigma \cos\theta / \rho g r = 4\sigma \cos\theta / \rho g d ,$$

bunda: σ – sirt tarangligi; ρ – zichlik; $r(d)$ – kapilyar naychaning radiusi (diametri), suyuqlik erkin yuzasining kapilyar devori bilan kesishgan nuqtasida, suyuqlikning erkin yuzasiga o'tkazilgan urinma bilan kapilyar naycha devori orasidagi o'tkir burchak.

Suv, spirt va simob uchun 20°C haroratda ko'tarilish (tushish) balandligi mosravishda $30/d$, $11,5/d$, $10,15/d$ (d mm larda).

Nazorat savollari

1. Zichlik deganda nimani tushunasiz?
2. Nisbiy xajm deganda nimani tushunasiz?
3. Solishtirma zichlik nima?
4. Siqiluvchanlik va bikrlilik deganda nimani tushunasiz?
5. Kapilyarlik deb nimaga aytiladi?

Masala yechish misollari

1.1. Ichida hajmi 125 m^3 va zichligi 1760 kg/m^3 bo'lgan suyuqlik joylashgan idishga (xavzaga) yana hajmi 224 m^3 va zichligi 1848 kg/m^3 bo'lgan suyuqlik xaydaldi. Xosil bo'lgan aralashma zichligi aniqlansin.

Yechilishi: Aralashma zichligi quyidagi formuladan (ifodadan) aniqlanadi:

$$\rho_{ar} = (m_1 + m_2)/(V_1 + V_2)$$

bunda: m_1, m_2 – birinchi va ikkinchi suyuqliklarning massasi;

V_1, V_2 – birinchi va ikkinchi suyuqliklarning hajmi.

Massa $m = \rho V$ ifoda bilan aniqlanadi, u holda:

$$\rho_{sm} = (\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2)/(V_1 + V_2), \quad (5)$$

$$\rho_{sm} = (1760 \cdot 125 + 1848 \cdot 224)/(125 + 224) = 1816 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

1.2. Tarkibida 78% azot, 21% kislorod, 0,9% argon, 0,03% (SO_2)-karbonat angidrid va qolgani bug' bo'lgan havoning normal sharoitda zichligini aniqlang. Gazlarning zichligi, mos ravishda, $1,251 \text{ kg/m}^3$; $1,429 \text{ kg/m}^3$; $1,783 \text{ kg/m}^3$; $1,977 \text{ kg/m}^3$; $0,579 \text{ kg/m}^3$.

Yechilishi: Gazlar aralashmasining zichligi quyidagi ifodadan aniqlanadi

$$\begin{aligned} \rho_{ar} &= \rho_1 n_1 + \rho_2 n_2 + \rho_3 n_3 + \rho_4 n_4 + \rho_5 n_5 = \\ &= 1,251 \cdot 0,78 + 1,429 \cdot 0,2 + 1,781 \cdot 0,009 + 1,977 \cdot 0,0003 \\ &\quad + 0,579 \cdot 0,0007 = 1,293 \text{ (kg/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

1.3. Vertikal (tik) silindrlilik rezervuar 4m balanlikkacha harorati 10°C bo'lgan suyuqlik bila nto'ldirilgan. Suyuqlikning haroratli (issiqlik) kengayish koefitsienti $\beta_t = 0,00072 \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Agar suyuqlik

sathining ruxsatetilgan ko'tarilishi 5 sm bo'lsa, suyuqlik qaysi haroratgacha qizdirilishi mumkin?

Yechilishi: Harorat Δt ga o'zgarishda hajm ning ΔV o'zgarishi (1) ifodadan topiladi va ko'rinishi quyidagicha:

$$V = \beta_t V_0 \Delta t.$$

Boshlang'ich hajmi $V_0 = FH_0$, hajm o'zgarishi $\Delta V = F\Delta H$.

Hajm o'zgarish ifodalarini tenglaymiz

$$F\Delta H = \beta_t V_0 \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{F\Delta H}{\beta_t V_0} = \frac{F\Delta H}{\beta_t FH_0} = \frac{\Delta H}{\beta_t H_0}$$

Harorat o'zgarishi $\Delta t = 0,05 / (0,00072 \cdot 4) = 17,4$ ($^{\circ}\text{C}$)

Oxirgi harorat $t = t_0 + \Delta t = 10 + 17,4 = 27,4$ ($^{\circ}\text{C}$).

1.4. Atmosfera bosimida 5t benzinning hajmi $7,3 \text{ m}^3$. Agar bosimni $\Delta P = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ga oshirilsa va benzinning hajmiy siqilish koeffitsienti $4,9 \cdot 10^{-10}$ hisobga olinsa, shu miqdordagi benzinning hajmi qanaqa bo'ladi? Bunda benzin zichligi qanday o'zgaradi?

Yechilishi: Benzin hajmining kamayishi bosim ΔP ga o'zgarganda:

$$\Delta V = \beta_p V_0 \Delta P = 4,9 \cdot 10^{-10} \cdot 7,3 \cdot 1,5 \cdot 10^5 = 5,4 \cdot 10^{-4} (\text{m}^3) = 0,54 \text{ (l)}$$

tashkil etadi.

Bosim ortganda benzin hajmi:

$$V = V_0 + \Delta V = 7300 - 0,54 = 7299,46 \text{ (l) bo'ladi.}$$

Atmosfera bosimida benzin zichligi:

$$\rho_0 = m/V_0 = 5000/7,3 = 684,9 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Bosim ortganda benzin zichligi:

$$\rho = m/V = 5000/7,299 = 685 \text{ (kg/m}^3\text{) bo'ladi.}$$

Demak, bosim $\Delta P = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ga ortganda benzin zichligi $0,1 \text{ kg/m}^3$ ga ortdi.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1.5. Agar 10 l sutning massasi 10,2 kg bo'lsa, sutning zichligini aniqlang.

1.6. Suv 50°C temperaturada $\gamma = 9692 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$ solishtirma og'irlikka ega.

Shu temperaturada uni zichligini aniqlang.

1.7. Zichligi 1120 kg/m^3 bo'lgan suyuqlikning solishtirma hajmini aniqlang. Shu moddaning 500kg mi qanday hajmni egallaydi?

1.8. Zichligi 1020 kg/m^3 bo'lgan sutning dinamik qovushoqlik koeffitsienti $0,002 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ bo'lsa, uning kinematik qovushoqlik koeffitsienti aniqlasin.

1.9. Simobning solishtirma og'irligi $t = 20^\circ\text{C}$ haroratda $132,9 \text{ kN/m}^3$ ga teng. Shu haroratda uning zichligini aniqlang.

1.10. Agar suyuqlikning dinamik qovushoqligi $\mu = 0,001 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, kinematik qovushoqligi esa $\nu = 1,02 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ bo'lsa, suyuqlikning solishtirma og'irligini aniqlang.

1.11. Neftning solishtirma og'irligi 15°C haroratda 8830 N/m^3 , kinematik qovushoqligi $0,4 \text{ cm}^2/\text{s}$. Neftning dinamik qovushoqligini aniqlang.

1.12. Hajmi 30 m^3 va zichligi 1030 kg/m^3 bo'lgan sutga hajmi 10 m^3 va zichligi 960 kg/m^3 bo'lgan qaymoq qo'shildi. Normallashtirilgan sutning zichligi aniqlansin.

1.13. 20l hajmdagi, solishtirma og'irligi 9700 N/m^3 bo'lgan suyuqlikning solishtirma og'irligini aniqlang.

1.14. Agar yer qatlamining kapilyarlik xossalari diametri 0,001 sm bo'lgan shartli kapilyar bilan aniqlansa, yer qatlamida suvning kapilyar ko'tarilish balandligini aniqlang.

1.15. Vertikal silindrik rezervuar $t = 5^{\circ}\text{C}$ haroratda 1m balanlikgacha spirt bilan to'ldirilgan. Harorat 25°C gacha ko'tarilgandagi spirtning balandligini aniqlang. Rezervuar kengayishini hisobga olmang. Spirtning hajmiy kengayish koeffitsienti $\beta_t = 0,0011 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$.

1.16. Uzunligi $L = 300 \text{ m}$ va diametri $d = 500 \text{ mm}$ bo'lgan trubani gidravlik sinashda bosimi 4 MPa gacha ko'tarildi. Bosimni shu belgilangan qiymatigacha ko'tarilish vaqti ichida, trubaga qancha hajm suv berish kerak bo'ldi? Truba kengayishi hisobga olinmasin.

1.17. Benzin hajmi 15°C haroratda $33,5 \text{ m}^3$ ni tashkil qiladi. Shu miqdordagi benzinni 5°C haroratda hajmi qanday bo'ladi? Uning haroratli kengayish koeffitsienti $\beta_t = 0,00065 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$ bo'lsa.

1.18. Diametri $d = 400 \text{ mm}$ va uzunligi $L = 500 \text{ m}$ bo'lgan gorizontal truba suv bilan to'ldirilgan. Suv harorati $t = 5^{\circ}\text{C}$, bosimi $p = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Truba ichidagi suv 15°C gacha qizdirilganda truba ichidagi bosimni aniqlang. Truba devorlarining deformatsiyasini hisobga olmang.

2. **Gidrostatik bosim.**

Sirt va massa kuchlari tasirida tinch turgan suyuqlik ichida xosil bo'ladigan kuchlanish gidrostatik bosim deb ataladi.

Suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasida ta'sir yuzasining ichki normasi bo'yicha yo'nalgan bo'ladi, uni sonli qiymati esa yuzaning orientatsiyasiga bog'liq bo'lmaydi.

Gidrostatik bosimning o'lchov birligi $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ($10^3 \text{ Pa} = 1 \text{ kPa}$, $10^6 \text{ Pa} = 1 \text{ MPa}$, $1 \text{ atm} = 1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$).

Bir jinsli tinch turgan suyuqlikni ko'rib chiqilayotganda, gaz simon muhit bilan ajratish chegarasini erkin yuza deb ataladi, shu yuzadagi bosimni esa – tashqi bosim R_0 deyiladi. Ko'pincha tashqi bosim R_{at} atmosfera bosimiga teng.

Texnikada atmosfera bosimini $R_{\text{at}} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$ deb qabul qilinadi.

Faqat og'irlik kuchlari tasiri maydonida suyuqlikning muvozanatida, erkin yuza gorizontal bo'ladi va gidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega

$$Z = \frac{P}{\rho g} = \text{const}, \quad (2.1)$$

bunda: Z – ko'rib chiqilayotgan nuqtaning vertikal koordinatasi; P – nuqtadagi bosim; ρ – suyuqlik zichligi; g – erkin tushish tezlanishi.

Ifoda (2.1) ixtiyoriy nuqta va suyuqlikning erkin yuzasidagi nuqta uchun qo'llab gidrostatika asosiy tenglamasining boshqa ko'rinishini xosil qilamiz.

$$P = P_0 + \rho gh \quad (2.2)$$

bunda: h - nuqtaning erkin yuza ostidagi chuqurligi.

Ifoda (2.2) dan kelib chiqadiki, suyuqlikni h chuqurligidagi ixtiyoriy nuqtada mutlaq bosimi yuzasidagi bosim R_0 va suyuqlik ustining bosimi ρgh yig'indisiga teng. Chuqurlik h ortishi bilan suyuqlik bosimi chiziqli ortadi.

Odatda mutlaq bosimni atmosfera bosimi bilan solishtirishadi. Atmosfera bosimidan ortiq bosim atmosfera bosimiga qo'shimcha bo'ladi, ya'ni ortiqcha. Ortiqcha bosimni manometr deb ataluvchi asbob yordamida o'lchanadi. Shuning uchun ortiqcha bosimni manometrik bosim deb ham ataladi va R_{man} yoki R_{atm} belgilanadi.

Agar $R_0=R_{\text{atm}}$, u holda $R_{\text{man}}=R_0+\rho gh-R_{\text{atm}}=\rho gh$.

Bu holda mutlaq bosim atmosfera va manometrik bosimlar yig'indisi

$$R_{\text{mutl}}=R_{\text{at}} + R_{\text{man}}.$$

Agar jarayonlar atmosfera bosimidan past (kichik) bosimda sodir bo'layotgan bo'lsa (vakuum–nasoslar, vakuum–qozonlarvab.), u holda atmosfera bosimiga bosim yetishmasligi, ya'ni vakuum bo'ladi.

$$R_{\text{vak}}=R_{\text{at}} - R_{\text{mutl}}.$$

U holda mutlaq bosim ayirma $R_{\text{mut}}=R_{\text{at}} - R_{\text{vak}}$ ga teng.

Suyuqlik ichida bosim o'lchash uchun ishlash prinsipi va o'lchanayotgan kattalik xarakteri bo'yicha har xil asboblarda ishlatiladi.

Ularni hammasi, nuqtalarning birida bosim atmosfera bosimi bo'lishi mumkin bo'lgan, ikkita nuqta orasidagi bosimfarqini o'lchaydi.

Suyuqlik asboblari (manometrlar, pezometrlar) bosim suyuqlik ustini og'irlik bosimi bilan muvozanatlashtiriladi.

Masala yechish misollari

2.1. Tutashgan idishlar yordamida suyuqlikning solishtirma og'irligini aniqlang. O'ng tirsagiga simob quyilgan, chap tirsagiga esa suyuqlik. Simobning solishtirma og'irligi 133 kN/m^3 , simob ustuni balandligi ajratish chegarasi ustidan $h_2 = 50 \text{ mm}$, suyuqlik ustuni balandligi $h_1 = 550 \text{ mm}$.

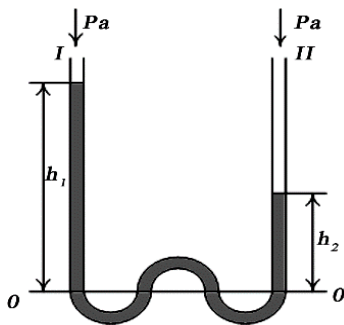


Рис. 1. – Масала 2.1 га.

Yechilishi: Tutash idishlardagi suyuqlik muvozanat tenglamasini ajratish tekisligi 0–0 ga nisbatan tuzamiz

$$\rho_{suyu}gh_1 = \rho_{sim}gh_2$$

Bundan

$$\rho_{suyu}g = \frac{\rho_{sim}gh_2}{h_1} = 133 \cdot \frac{50}{550} = 12,1 (\text{kN/m}^3)$$

2.2. Idish S va D dagi bosimlar farqini aniqlang, agar ularning markazlari Z masofada joylashgan, differentsial manometrdagi ishchi jism sathlarining farqi h bo'lsa, ishchi jismning zichligi ρ_1 idishlar suv bilan to'ldirilgan. Hisoblashlarni quyidagi berilganlar asosida bajaring:

a) $Z = 0$, $\rho_1 = 850 \text{ kg/m}^3$, $h_1 = 0,2 \text{ m}$;

b) $Z = 0,5$, $\rho_1 = 13600 \text{ kg/m}^3$, $h_1 = 0,1 \text{ m}$.

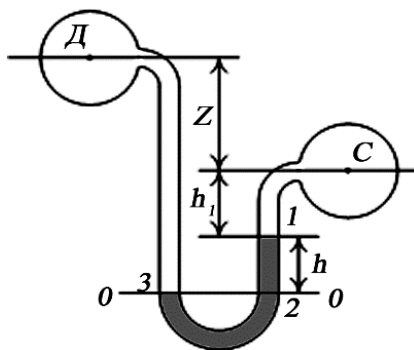


Рис. 2. – Масала 2.2 га.

Yechilishi: Balandligi h bo'lgan suyuqlik ustunining og'irlik bosimi 1 va 2 nuqtalardagi bosimlar farqini muvozanatlashtiradi. Nuqta 2 va 3 da bosim bir xil, chunki ular bitta tekislikda yotadi. Nuqta S dan ajralish chegarasining birinchi nuqtasigacha bo'lgan masofani h_1 belgilab 0–0 chizig'iga nisbatan

muvozanat tenglamasini yozamiz

$$P_D + \rho g(h + h_1 + Z) = P_C + \rho g h_1 + \rho_1 g h.$$

Bundan
$$P_D - P_C = (\rho_1 - \rho) g h - \rho g Z.$$

Agar $Z = 0$, yani idishlar bitta sathda joylashgan bo'lsa,

$$P_D - P_C = (\rho_1 - \rho) g h.$$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, $\rho_1 < \rho$ bo'lganda D idishida bosim S idishidagi bosimdan kam va teskarisi.

Berilgan son qiymatlarida quyidagini topamiz

a) $P_S - P_D = (1000 - 850) \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 294,39 \text{ (Pa)};$

b) $P_D - P_S = (13600 - 1000) \cdot 9,81 \cdot 0,1 = 7455,6 \text{ (Pa)}.$

2.3. Zichligi ρ_1 bo'lgan suyuqlik idishda muvozanatda turibdi. Idishga bosim o'lchaydigan asbob ulangan. Uni chap nayi suyuqlik bilan to'ldirilgan. U – shakldagi naydagi ishchi suyuqlik zichligi ρ_a . Suyuqliklarni ajratuvchi chegara idish markazidan $h_1=0,4$ m balandlikda joylashgan, ishchi suyuqlik sathlarining farqi $h_2=0,1$ m. Quyidagi shartlarda idish markazida monometrik bosim yoki vakuum aniqlansin:

a) $\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3; \rho_2 = 800 \text{ kg/m}^3;$

b) $\rho_1 = 9000 \text{ kg/m}^3; \rho_2 = 13600 \text{ kg/m}^3.$

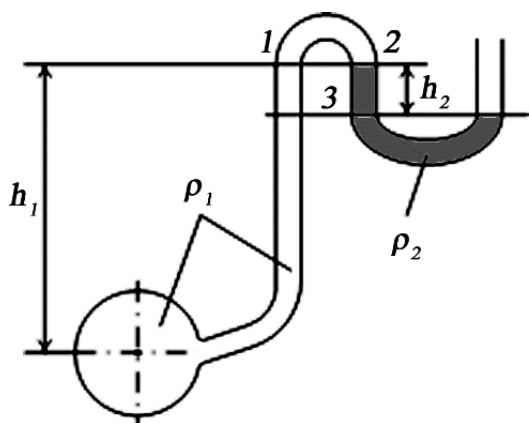


Рис. 3. – Маълум 2.3 га.

Yechilishi: 1-Nuqtada bosim idish markazidagiga nisbatan zichligi ρ_1 , balandligi h_1 suyuqlik ustunini og'irlik bosimidan kam, chunki bu nuqta balandroq joylashgan. Xuddi shu sathda va shu suyuqlikda joylashgan 2-nuqtada bosim 1-nuqtadagi bosim bilan bir xil (tirsakdagi suyuqliklarni og'irlik bosimi

o'zaro tenglashtiradi).

Shunday qilib, $P_2 = P_1 = P - \rho_1 g h_1$.

Bosim 3-nuqtada zichligi ρ_2 va balandligi h_2 bo'lgan suyuqlik ustuni og'irlik bosimidan ortiq bo'ladi: $P_3 = P_2 + \rho_2 g h_2$.

Xuddi shunday bosim p̄ezometrning erkin sathida bo'ladi, chunki u 3-nuqta sathi balandligida joylashgan. Lekin bu yerdagi bosim atmosfera bosimi. Natijada quyidagi ifodani olamiz

$$P - \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = P_{at}$$

Bundan idishdagi ortiq manometrik bosim

$$P_{man} = P_{at} - P = \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1$$

Berilgan qiymatlari bo'yicha hisoblab topamiz:

a) Manometrik bosim

$$P_{man} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,4 - 800 \cdot 9,81 \cdot 0,1 = 3139 \text{ (Pa)};$$

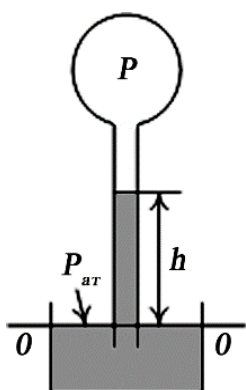
b) Vakuum

$$P_{vak} = 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,1 - 900 \cdot 9,81 \cdot 0,4 = 9810 \text{ (Pa)}.$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

2.4. Oddiy sharoitda suv bilan to'ldirilgan ochiq idishda 1m chuqurlikda joylashgan nuqtada mutlaq va ortiqcha bosimni aniqlang.

2.5. Geometrik berk idishga ochiq shisha nay-p̄ezometr ulangan. Syuqlik sathidan p̄ezometrda suyuqlik ustuni balandligini aniqlang, suv sathida bosim $R_0=106 \text{ kPa}$.



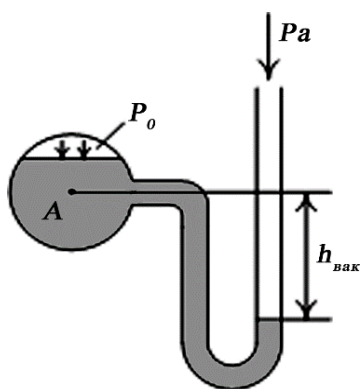
Рисм 4. – Масала 2.6 га.

2.6. Balondagi havo bosimi R atmosfera bosimidan kam. Balonga biriktirilgan nay suvli idishga tushirilgan. Atmosfera bosimi ta'sirida suyuqlik nay bo'yicha h balandlikka ko'tarildi. Agar $R=$

90,2 kPa bo'lsa suv qaysi balandlikka ko'tarilishini aniqlang.

2.7. Suvli idishga bir xil sathda ikkita shisha nay-pyezometrlar ulangan. Bitta nayning uchi ochiq, ikkinchisiniki kavsharlangan va undan havo to'la so'rib olingan. Agarda naylar ulangan nuqtalardan idishdagi suv sathigacha bo'lgan balandlik $h=0,6$ m, idishdagi suv sathida bosim $R_0=120$ kPa bo'lsa, pyezometrlar ulangan nuqtalardagi bosim va naylardagi suv ustuni balandligini aniqlang.

2.8. Tutashgan idishlarga (rasm 2.1 ga qarang) zichliklarining nisbati $\rho_1/\rho_2 = 1,3$ bo'lgan ikkita aralashmaydigan suyuqlik quyilgan. Birinchi suyuqlik erkin sathining ajralish sathi 0 – 0 ga nisbatan $h_1=0,5$ m da joylashgan. Sathlar balandligi farqi $h_1 - h_2$ aniqlansin.



2.9. Ikkita aralashmaydigan suyuqliklar quyilgan ochiq idish tubidagi bosimni aniqlang.

Suyuqliklarning zichligi $\rho_1=900$ kg/m³, $\rho_2=1100$ kg/m³;

har bir qatlamning qalinligi $h_1=0,5$ m, $h_2=0,2$ m.

Рис. 5. – Масала 2.11 га.

2.10. Tutashgan idishlarning ochig'iga moy ($\rho=870$ kg/m³) quyilgan. Ikkinchisi germetik berk va undagi tashqi bosim R_0 aniqlansin, undagi moy balandligi 1,5 m ga teng.

2.11. Balonga ulangan vakuummetrda suyuqlik sathi tushish balandligini aniqlang. Idish ichidagi suyuqlik sathidagi bosim $R_0=96$ kPa va A nuqta 0,3 m chuqurlikda joylashgan.

2.12. Dengizda 300 m chuqurlikda ortiqcha bosim 3,1 MPa. Dengiz suvi zichligi aniqlansin.

2.13. Erga o'yib tushirilgan quvur ichida 3600 m chuqurlikda ortiqcha bosimni aniqlang. Quvur zichligi $\rho=1600 \text{ kg/m}^3$ bo'lgan loy qorishmasi bilan to'ldirilgan.

2.14. Chuqurligi 3200 m bo'lgan yerga o'yib tushirilgan quvur ichidagi bosim qanchaga o'zgaradi, agarda undagi zichligi 1600 kg/m^3 bo'lgan loy qorishmasini suv bilan almashtirilsa.

3. Bosim epyuralari. Yassi tekisliklarga gidrostatik bosim kuchi

Ko'p amaliy masalalarni yechishda suyuqlikka botirilgan jism konturi bo'ylab bosim taqsimlanishining grafik ko'rinishi – epyurasini qurish zarur. Gidrostatikaning asosiy qonuniga murojat qilib

$$P = P_0 + \rho gh$$

bundan ko'ramizki; bu tenglama to'g'ri chiziq tenglamasi $y=kx+b$ ko'rinishda bo'lib, bundagi “ b ” haddiga suyuqlik yuzasiga ta'sir etuvchi bosim P_0 to'g'ri keladi, burchak koeffitsienti “ k ” ga esa, “ ρg ” ifoda.

Ortiq bosim uchun $P = \rho gh$ - koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziq tenglamasi. Demak, chuqurlik bo'yicha gidrostatik bosimning o'zgarishi chiziqli qonunga bo'ysunadi. Shu munosabat bilan yassi shaklga ta'sir etuvchi gidrostatik bosim epyurasini chizish uchun ikkita nuqtaga ega bo'lish yetarli bo'ladi va shu ikkita nuqtadan to'g'ri chiziq o'tkazilsa bo'ldi.

Yer yuzasidagi har bir nuqtaga atmosfera bosimi ta'sir etishi uchun, ko'pincha ortiqcha bosim epyurasi (yani atmosfera bosimidan ortig'i) quriladi. Agar yuzasida bosim $P_0 = P_{at}$, u holda ortiqcha bosim $P = 0$, chunki $h = 0$, tubidagi ortiqcha bosim $P = \rho gh$. Demak, ortiqcha bosim

epyurasi to'g'ri burchak ko'rinishida bo'ladi (chunki bosim yuzaga normal bo'yicha ta'sir etadi).

Yassi devorga ta'sir etuvchi to'la bosim kuchi shu maydonni og'irlik markazidagi P_s bosimni devor yuzasiga ko'paytmasiga teng.

$$\mathcal{P} = (P_0 + \rho gh_c)F.$$

Agar devorning erkin yuzasiga bosim $P_0 = P_{at}$, u holda $P_s = \rho gh_c$, va devor yuzasiga ortiqcha bosim kuchi quyidagiga teng

$$\mathcal{P} = \mathcal{P}_{ort} = \rho gh_c F$$

Bu tenglama ixtiyoriy shakldagi qiya tekislik uchun ham to'g'ri.

Agar devor gorizontal joylashgan bo'lsa ya'ni, idishning gorizontal tubi bo'lsa, u holda tubiga to'la bosim kuchi $\mathcal{P}_{tub}$ o'sha ifoda bilan aniqlanadi

$$\mathcal{P}_{tub} = (P_0 + \rho gh) F \text{ yoki } \mathcal{P}_{tub} = \mathcal{P}_{ort} = \rho gh F,$$

bunda: h - tubi ustidagi suyuqlik ustunining balandligi; F – tubining yuzasi.

Yassi to'rtburchak devorga gidrostatik bosimni bosim epyurasi yordamida grafo-analitik aniqlash mumkin (grafik-tashxis usul).

Yassi to'g'riburchakli devorga suyuqlikning gidrostatik bosim kuchi gidrostatik bosim epyurasi yuzasini devor kengligiga ko'paytmasiga teng

$$\mathcal{P}_{ort} = F_{ep} \cdot \ell.$$

Natijaviy gidrostatik bosim qo'yilgan nuqta bosim markazi deb ataladi.

Yassi shaklga ortiqcha gidrostatik bosim markazi uning og'irlik markazidan pastroq joylashgan. Erkin yuzadan bosim markazigacha bo'lgan masofa

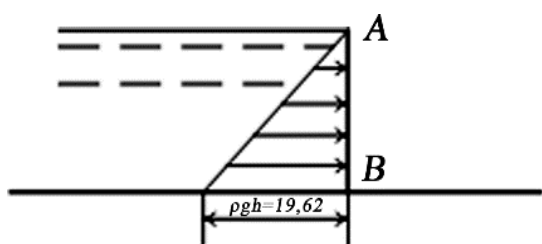
$h_B = h_S + I_0/Fh_c$. ifodadan aniqlanadi.

Yassi to'g'riburchakli shakl (figura) uchun $h_B = 2/3h$
 Bosim markazini ham grafo-analitik (grafo-tashxis) usul bilan aniqlash mumkin.

Gidrostatik bosim kuchi ta'sir chizig'i epyuraning og'irlik markazidan o'tadi.

Masala yechish misollari

3.1. Ochiq idishning to'g'ri burchakli yassi AV devoriga ortiq gidrostatik bosim epyurasini quring, undagi suv chuqurligi 2 m.



Рисм 6. – Масала 3.1 га.

Yechilishi: A nuqtada ortiqcha

bosim $P_A = 0$, V nuqtada –

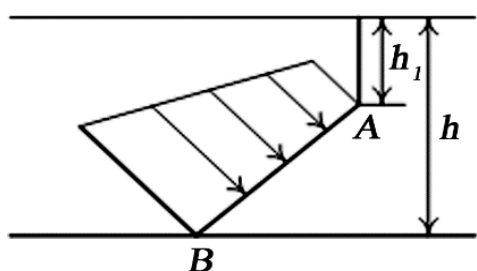
$$P_V = \rho gh = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2 = 19220 \text{ (Pa)} = 19,22 \text{ (kPa)}.$$

Masshtabni 1 sm = 5 kPa deb

tanlaymiz, u holda bosim 19,62 kPa

uzunligi $19,62/5 \approx 4$ sm bo'lgan to'g'ri chiziq bilan tasvirlanadi.

3.2. Qiya AV devorga suvni ortiqcha bosim epyurasini quring, $h_1 = 1,2$ m, $h = 2,6$ m.



Рисм 7. – Масала 3.2 га.

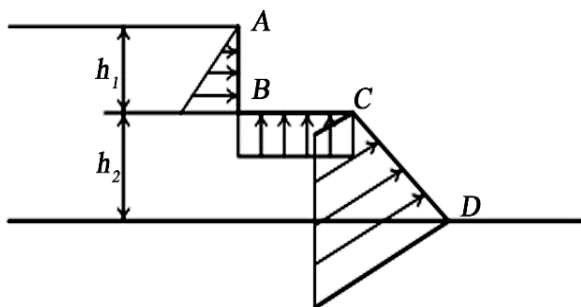
Yechilishi: A nuqtada ortiqcha bosim

$$P_A = \rho gh_1 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,2 = 11772 \text{ (Pa)} = 11,8 \text{ (kPa)}$$

V nuqtada

$$P_V = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,6 = 25506 \text{ (Pa)} = 25,5 \text{ (kPa)}$$

Masshtabni 1 sm = 5 kPa qabul qilib, to'g'ri chiziq kesmalari uzunligini $11,8/5 = 2,4$ sm, $25,5/5 = 5,1$ sm topib, ular bo'yicha ortiq bosim epyurasini quramiz.



Рисм 8. – Масала 3.3 га.

3.3. ABCD devorga (rasm 8) ortiq bosim epyurasini quring, $h_1 = 1,5$ m, $h_2 = 2,5$ m.

Yechilishi: V va S nuqtalarda ortiq bosim teng

$$P_V = P_S = \rho g h_1 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,5 \\ = 14715 \text{ (Pa)} = 14,7 \text{ (kPa)}$$

D Nuqtada

$$P_D = P_S = \rho g (h_1 + h_2) = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4 = 39240 \text{ (Pa)} = 39,2 \text{ (kPa)}$$

Masshtabni $1 \text{ sm} = 5 \text{ kPa}$ qabul qilib va kesmalarning uzunligini $14,7/5 = 2,9 \text{ sm}$, $39,2/5 = 7,8 \text{ sm}$ aniqlab, gidrostatik ortiq bosim epyurasini quramiz.

3.4. To'g'ri burchakli prizma shaklidagi ochiq rezervuarning yon devoriga ortiqcha gidrostatik bosim kuchini aniqlang. Rezervuar sut bilan $h = 2,4$ m chuqurlikgacha to'ldirilgan, devorining kengligi $b = 1,5$ m. Bosim markazining joylashuvi aniqlasin.

Yechilishi: Ortiqcha bosim kuchini quyidagi ifodadan aniqlaymiz.

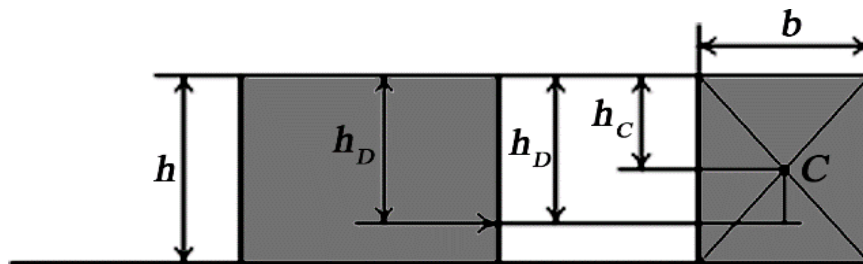
$$\mathcal{P} = P_S F = \rho_{sut} g h_c F; \quad h_c = \frac{h}{2}; \quad F = bh;$$

$$\mathcal{P} = \rho_{sut} g \frac{h}{2} bh = \frac{1}{2} \rho_{sut} g h^2 b = \frac{1}{2} 1025 \cdot 9,81 \cdot 2,4^2 \cdot 1,5 \\ = 43438,7 \text{ (N)} = 43,4 \text{ (kN)}$$

$$h_D = h_s + \frac{I_o}{F h_s} = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 2,4 = 1,6 \text{ (M)}$$

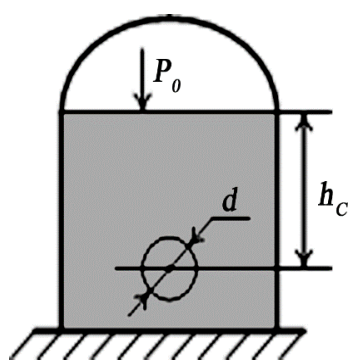
Graf-tashxis usul bilan $\mathcal{P}_{ort} = F_{ep} b;$

$$F_{ep} = \frac{1}{2} \rho_{sut} g h \cdot h = \frac{1}{2} \rho_{sut} g h^2; \quad \mathcal{P}_{ort} = \frac{1}{2} \rho_{sut} g h^2 b.$$



Рисм 9. – Масала 3.4 га.

3.5. Sut bilan to'ldirilgan to'g'ri burchakli rezervuarning yon devoridagi, markazi sut yuzasidan 2 m chuqurlikda joylashgan, diametri $d=1\text{m}$ bo'lgan lyuk (doira shakldagi eshik) qopqog'iga sutning mutlaq bosim kuchini aniqlang. Rezervuar germetik berk, sut yuzasidagi bosim 120 kPa. Bosim markazining joylashuvini aniqlang.



Рисм 10. – Масала 3.5

Yechilishi: Mutlaq bosim kuchini quyidagi ifodadan aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \mathcal{P} &= P_s F = (P_0 + \rho_{sut} g h_c) F \\ &= (P_0 + \rho_{sut} g h_c) \frac{\pi d^2}{4} = \\ &= (120000 + 1025 \cdot 9,81 \cdot 2) 3,14 \cdot 1^2 / 4 \\ &= 109986,7 \text{ (N)} = 110 \text{ (kN);} \end{aligned}$$

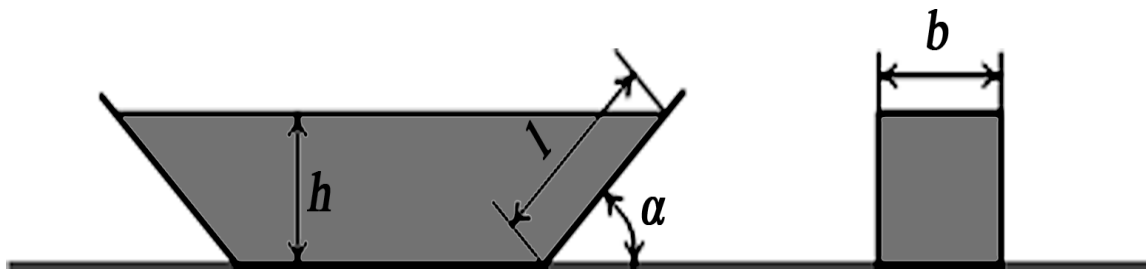
Sut yuzasidan bosim markazigacha bo'lgan masofa

$$h_d = h_c + I_0 / F h_c$$

$$I_0 = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 1^4}{64} = 0,05 \text{ (m}^4\text{)}; F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 0,785 \text{ (m}^2\text{)};$$

$$h_d = 2 + 0,05 / 0,785 \cdot 2 = 2,03 \text{ (m)}.$$

3.6. Ochiq idishning qiya yon devoriga suvning ortiq bosim kuchini aniqlang. Devor kengligi 0,8 m, devorning qiyalik burchagi 60° , idishdagi suv chuqurligi 1 m.



Расм 11. – Масала 3.6 га.

Yechilishi: Qiya devorga suvni ortiq bosim kuchini aniqlaymiz

$$\mathcal{P} = \mathcal{P}_{ort} = P_S F = \rho g h_c F; \quad F = b \cdot l; \quad h_c = \frac{1}{2} h; \quad \frac{h}{l} = \sin \alpha \Rightarrow l = \frac{h}{\sin \alpha};$$

$$\begin{aligned} \mathcal{P} &= \rho g \frac{h}{2} b \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{1}{2} \rho g h^2 b = 1/2 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 1/\sin 60^\circ \cdot 0,8 \\ &= 4531(N) = 4,53(kN). \end{aligned}$$

Bosim markazigacha bo'lgan masofa

$$l_d = \frac{2}{3} l_c = \frac{2}{3} \cdot \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\sin 60^\circ} = 0,77 (m).$$

4. Suyuqlikning egri chiziqli yuzaga bosimi

Umumiy holda ixtiyoriy shakldagi egri chiziqli yuzalarga suyuqlik bosimini aniqlash yetarlicha murakkab masala. Tajribada ko'proq holda silindrik yuzalarga gidrostatik bosim kuchini aniqlashga to'g'ri keladi (trubalar, tsilindrlik idishlar va b.).

Chizma tekisligiga perpendikulyar (tik) yo'nalgan silindrik yuza ko'rib chiqamiz (rasm 12). Egri chiziqli yuzaga ta'sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi ikkita tashkil etuvchiga – gorizontal va vertikal – ajraydi.

Agar $P_0 = P_{atm}$, u holda, gidrostatik bosim kuchining gorizontal tashkil etuvchisi:

$$\mathcal{P}_g = \rho g h_c F_{BD},$$

bunda: h_c —ko'rib chiqilayotgan egri chiziqli yuzaning vertikal (tik) to'g'ri chiziqli proektsiyasi og'irlik markazining botish chuqurligi; F_{BD} – shu proeksiyaning yuzasi.

Vertikal (tik) tashkil etuvchisi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\mathcal{R}_v = G = \rho g V_{ABMN}$$

bunda: V_{ABMN} – bosim jismining hajmi

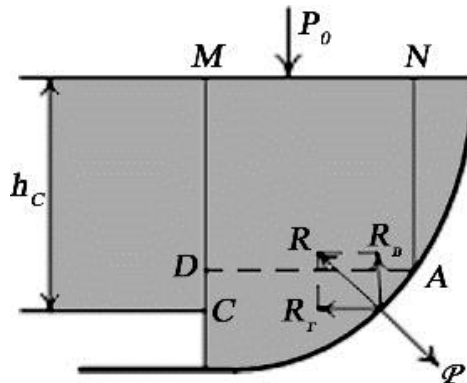


Рис. 12. – Эгри чизикли юзага таъсир этувчи кучлар.

Bosim jismi- ko'rib chiqilayotgan egri chiziqli yuza, yuzaning chegaraviy chiziqlaridan o'tkazilgan vertikal (tik) chiziqlar, hamda, suyuqlikning erkin yuzasi va uning davomi bilan chegaralangan hajmi.

Ortiq gidrostatik bosimning tsilindrik yuzaga to'la kuchi:

$$\mathcal{P} = \sqrt{\mathcal{P}_v^2 + \mathcal{P}_g^2}.$$

Silindrik aylanaviy yuzalarga teng ta'sir etuvchi bosim kuchi hamisha radiusi bo'yicha yo'nalgan. Teng ta'sir etuvchi $\mathcal{P}$ ning yo'nalishi γ gorizontga nisbatan og'ish burchagi bilan aniqlanadi. Shu burchakni aniqlash uchun yo'naltiruvchi sinus va kosinuslar hisoblanadi

$$\sin \alpha = \mathcal{P}_v / \mathcal{P}; \quad \cos \alpha = \mathcal{P}_g / \mathcal{P}.$$

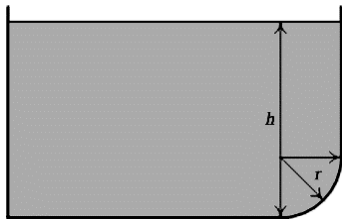
Bosim markazining koordinatlari kuch va geometrik uchburchaklar o'xshashligidan aniqlaymiz

$$x = r \cdot \cos \alpha; \quad z = r \cdot \sin \alpha.$$

Masala yechish misollari

4.1. Prizmatik to'g'ri burchakli idish, suv bilan to'ldirilgan yon devori tubi bilan ulangan joyida radiusi 1 m, kengligi $b=1,2$ m bo'lgan egri chiziqli silindrik sirtga ega. Shu silindrik sirtga ta'sir etuvchi ortiq bosim kuchini aniqlang. Egri chiziqli yuzani pastki nuqtasi $h = 2,5$ m chuqurlikda joylashgan.

Yechilishi



$$\mathcal{P}_x = P_c F = \rho g h_c r b = p g \left(h - \frac{r}{2} \right) r b = 1000 \cdot 9,81 \cdot$$

$$\cdot (2,5 - 0,5) \cdot 1 \cdot 1,2 = 3544 \text{ (N)} = 3,54 \text{ (kN)}$$

$$\mathcal{P}_z = \rho g V_{m.g.} = \rho g [r(h - r) + \pi r^2 / 4] b;$$

$$F_{m.g.} = r(h - r) + \pi r^2 / 4 = 1(2,5 - 1) + 3,14 \cdot 1 / 4 = 2,285 \text{ (m}^2\text{)};$$

$$\mathcal{P}_z = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,285 \cdot 1,2 = 26899 \text{ (N)} = 26,9 \text{ (kN)};$$

$$\mathcal{P} = \sqrt{\mathcal{P}_x^2 + \mathcal{P}_z^2} = \sqrt{3,54^2 + 26,9^2} = 27,3 \text{ (kN)};$$

$$\sin \alpha = \mathcal{P}_z / \mathcal{P} = 26,9 / 27,3 = 0,985;$$

$$\cos \alpha = \mathcal{P}_x / \mathcal{P} = 3,54 / 27,3 = 0,129;$$

$$x = r \cos \alpha = 1 \cdot 0,129 = 0,129 \text{ (m)};$$

$$z = r \sin \alpha = 1 \cdot 0,985 = 0,985 \text{ (m)}.$$

4.2. Diametri $d=2$ m va uzunligi $l=5$ m bo'lgan silindrik sisterna (idish) sut bilan to'ldirilgan. Tepa qopqog'i atmosferaga ochiq. Sisternaning tubiga sutning bosim kuchi $\mathcal{P}$ (silindrik yuzaning pastki yarmiga) va g'ildiraklarga uzatilayotgan G og'irlik kuchini aniqlang.

Yechilishi

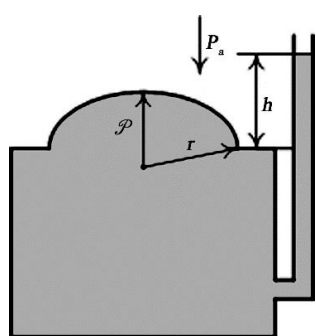
$$G = \rho g V_{ts} = \rho g \frac{\pi D^2}{4} l = 1025 \cdot 9,81 \cdot \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 5 = 157867 \text{ (N)} \approx 158 \text{ (kN)};$$

$$\mathcal{P}_z = \rho g V_{t.d.}; \quad V_{t.d.} = \left(\frac{\pi d^2}{8} + d \frac{d}{2} \right) l = \frac{d^2}{2} \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) l;$$

$$\mathcal{P}_z = \rho g \frac{d^2}{2} \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) l = 1025 \cdot 9,81 \cdot \frac{2^2}{2} \left(\frac{3,14}{4} + 1 \right) 5 = 179486 \text{ (N)} \\ \approx 179,5 \text{ (kN)}.$$

4.3. Yarimsferik radiusi $r=1\text{m}$ bo'lgan, qopqoqni ochuvchi ortiqcha bosim kuchini aniqlang, pʼezometrda suv sathining balandligi qopqoqqa nisbatan $h=1,5\text{ m}$.

Yechilishi: $\mathcal{P}_z = \rho g V_{t.d.};$



$$V_{t.d.} = V_q - V_{\frac{p}{sf}} = \pi r^2 h - \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 == 3,14 \cdot$$

$$1 \cdot 1,5 - \frac{2}{3} 3,14 \cdot 1 = 2,62 \text{ (m}^3\text{)};$$

$$\mathcal{P}_z = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,62 = 25702 \text{ (N)} \\ = 25,7 \text{ (kN)}.$$

5. Arximed qonuni

Arximed qonuni quyidagicha ta'riflanadi:

“Suyuqlikka botirilgan jismga tik yuqoriga yo'nalgan itarib chiqaruvchi kuch ta'sir qiladi va bu kuch jism siqib chiqargan suyuqlik og'irligiga teng”. Arximed qonuni ixtiyoriy shakldagi, hamda, suyuqlikka qisman botirilgan jismlar uchun to'g'ri.

$$\mathcal{P}_{arx} = \rho g V;$$

bunda: $\rho g V$ –jism siqib chiqargan suyuqlik og'irligi; V –siqib chiqarilgan suyuqlik hajmi;

Kuch $\mathcal{P}_{arx}$ “Arximed” yoki ko'taruvchi (itarib chiqaruvchi) kuch deb ataladi. Bu kuch siqib chiqarilgan suyuqlik hajmining og'irlik markaziga qo'yilgan va bu nuqta, suv sig'im markazi (sentr

vodoizmeeniya) deb ataladi. Suv sig'im markazi odatda, bir jinsli jismlardan tashqari, jismning og'irlik markazi bilan ustma-ust tushmaydi.

Demak suvga botirilgan jismga ikkita kuch ta'sir qiladi:

Og'irlik markaziga qo'yilgan va pastga yo'nalgan jismning og'irlik kuchi G .

Suv sig'im markaziga qo'yilgan va yuqoriga yo'nalgan ko'taruvchi kuch $\mathcal{P}_{arx}$.

Jismlarning suzuvchanligi. Suzuvchanlik deb jismlarning suvga to'la yoki qisman botgan holda suzib yurish xususiyatiga aytiladi. Arximed qonuniga asosan jismlarning suzish nazariyasi yaratilgan:

1) $G = \mathcal{P}_{arx}$ – jism suvga botgan holda, ixtiyoriy chuqurlikda erkin suzadi (bu holat muvozanatlashgan holat deyiladi). Bu holda jism zichligi ρ_j va suyuqlik zichligi ρ_{suyu} bir biriga teng ($\rho_j = \rho_{suyu}$), chunki $G = \rho_j gV = \mathcal{P}_{arx} = \rho_{suyu} gV$.

2) $G > \mathcal{P}_{arx}$ (yoki $\rho_j > \rho_{suyu}$) – jism cho'kadi, agar uning og'irligi itarib chiqaruvchi kuchdan katta bo'lsa yoki jism zichligi suyuqlik zichligidan katta bo'lsa.

3) $G < \mathcal{P}_{arx}$ (yoki $\rho_j < \rho_{suyu}$) – jism qalqib chiqadi va qisman botgan holda, yuzada suzib yuradi.

Masala yechish misollari

5.1. Jismning hajmi va zichligini aniqlang, agarda uning massasi 2 kg va uni suvda tortganda, dinamometrning ko'rsatishi 2 marta kamaygan bo'lsa.

Yechilishi: Havoda dinamometr prujinasiga og'irlik kuchi

$$G = mg = 2 \cdot 9,81 = 19,62 \text{ (N)} \text{ tasir etadi.}$$

Suvda, bu kuchdan tashqari, jismga itarib chiqaruvchi (ko'taruvchi) arximed kuchi ta'sir etadi $\mathcal{P}_{arx} = \rho g V$

U holda dinamometr prujinasiga kuch $G - \mathcal{P} = \frac{G}{2}$ (chunki dinamometr ko'rsatishi 2 marta kamaydi).

$$\text{Bunda } \mathcal{P} = G - 0,5G = 0,5G,$$

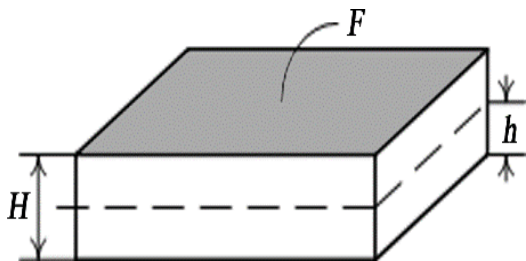
$$\rho g V = 0,5G \rightarrow V = \frac{0,5G}{\rho g} = \frac{0,5 \cdot 19,62}{1000 \cdot 9,81} = 0,001 \text{ (m}^3\text{)}.$$

Jism zichligi

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2}{0,001} = 2000 \text{ (kg/m}^3\text{)}.$$

5.2. Balandligi $H = 0,5 \text{ m}$ bo'lgan to'g'ri burchakli prizmatik yog'och g'o'la suv yuzida suzib yuribdi. Yog'ochning zichligi $\rho_{yog'} = 900 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, uning suvga botish chuqurligini aniqlang.

Yechilishi:



Suzish sharti $G = \mathcal{P}_{arx}$.

$$\text{G'ula og'irligi } G = \rho_{yog'} g V_{g'} = \rho_{yog'} g F H.$$

Arximed kuchi $\mathcal{P}_{arx} = \rho_{suv} g F h$.

$$\rho_{yog'} g F H = \rho_{suv} g F h \rightarrow h = \frac{\rho_{yog'} g F H}{\rho_{suv} g F} = \frac{\rho_{yog'} H}{\rho_{suv}} = \frac{900 \cdot 0,5}{1000} = 0,45 \text{ (m)}$$

5.3. Qalinligi $t=1$ mm bo'lgan po'latdan yasalgan tsilindrik ichi g'ovak (bo'sh) silindrik poplavok suv yuzida suzmoqda. Poplavokni suvga botish chuqurligini aniqlang, uning diametri 20 sm, balandligi esa $H=10$ sm. Po'lat zichligi 7800 kg/m^3 , havo zichligi $1,293 \text{ kg/m}^3$.

Yechilishi:

Po'lat poplavokning hajmi

$$V_{po'l} = \pi d H t + 2 \frac{\pi d^2}{4} t = \pi d t \left(H + \frac{d}{2} \right) = 3,14 \cdot 0,2 \cdot 0,001 (0,1 + 0,1) \\ = 0,000126 \text{ (m}^3\text{)}$$

Po'latning og'irligi

$$G_{po'l} = \rho_{po'l} g V_{po'l} = 7800 \cdot 9,81 \cdot 0,000126 = 9,64 \text{ (N)}.$$

Poplavok ichidagi havohajmi

$$V_{xav} = \frac{\pi (d - 2t)^2}{4} (H - 2t) = \frac{3,14 (0,2 - 0,002)^2}{4} (0,1 - 0,002) = 0,003 \text{ (m}^3\text{)}.$$

Poplavok ichidagi havo og'irligi

$$G_{xav} = \rho_{xav} g V_{xav} = 1,293 \cdot 9,81 \cdot 0,003 = 0,038 \text{ (N)}.$$

Poplavok og'irligi

$$G_{pop} = G_{po'l} + G_{xav} = 9,64 + 0,38 = 9,678 \text{ (N)}.$$

Poplavokning suzish sharti $G_{pop} = \mathcal{P}_{arx}$.

$$\text{Arximed kuchi } \mathcal{P}_{arx} = \rho_{suv} g V_{suv} = \rho_{suv} g \frac{\pi d^2}{4} h = G_{pop}.$$

Poplavokni botish chuqurligi

$$h = \frac{4 G_{pop}}{\rho_{suv} g \pi d^2} = \frac{4 \cdot 9,678}{1000 \cdot 9,81 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2} = 0,031 \text{ (m)} = 3,1 \text{ (sm)}.$$

5.4. Sutga botirilgan tsilindrik jismga ta'sir etuvchi Arximed kuchini aniqlang, sut zichligi $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$, jism balandligi 10 sm, asosining diametri 20 sm.

5.5. Sano daraxtidan yasalgan g'ola suvda suzib yurgan bo'lsa, uning suvga botish chuqurligini aniqlang, g'ola zichligi $\rho = 450 \text{ kg/m}^3$, balandligi 20 sm.

6. Gidrodinamikaning asosiy tenglamalari.

Oqimning uzluksizlik tenglamasi (oqimning moddiy balansi)

$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n = \text{const.}$$

yoki

$$V = \text{const}(\text{oqim bo'yicha}) \quad (6.1)$$

“Agar siqilmaydigan suyuqlik uzluksiz harakatlanayotgan bo'lsa, u holda turg'unlashgan harakatda hajmiy sarf barcha oqim kesimlarida doimiy”.

Tenglama (6.1) sarfning doimiyligi tenglamasi yoki oqimning uzluksizlik tenglamasi deb ataladi. Uni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin

$$FV_{o'r} = \text{const} \quad (\text{oqim bo'yicha}) \quad (6.2)$$

Tenglama (6.2) – gidrodinamikaning birinchi asosiy tenglamasi. U quyidagicha ta'riflanadi: “Siqilmaydigan suyuqlikning turg'unlashgan oqimida ixtiyoriy nuqtasidagi kesim F yuzasining o'rtacha tezligi $V_{o'r}$ ga ko'paytmasi o'zgarmas (doimiy) kattalik”.

Boshqacha aytganda

$$F_1 \cdot V_{o'r1} = F_2 \cdot V_{o'r2} \quad \text{yoki} \quad \frac{V_{o'r1}}{V_{o'r2}} = \frac{F_2}{F_1} \quad (6.3)$$

“O'rtacha tezliklar oqim mos kesimlarining yuzalariga teskari proporsional (mutannosib)”.

Energetik balans tenglamasining ko'rinishi qo'idagicha

$$gz_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = gz_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2}$$

yoki

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (6.4)$$

yoki

$$\rho g z_1 + P_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = \rho g z_2 + P_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} \quad (6.4')$$

Tenglama (6.4) harakatlanayotgan siqilmaydigan ideal (g'oyaviy) suyuqlikning energetik balansini ifodalaydi va Bernulli tenglamasi deb ataladi. Tenglama (6.4) dagi birinchi hadi z_1 suyuqlik holatining solishtirma potentsial energiyasini ifodalaydi, uzunlik o'lchamiga ega va geometrik siquvi (bosim kuchi) deb ataladi. Ikkinchi hadi $P/\rho g$ suyuqlik bosimining solishtirma potentsial energiyasini ifodalaydi va u ham uzunlik o'lchamiga ega.

Bosim energiyasini vertikal p̣ezometrik trubka (naycha) yordamida o'lchash mumkin. Bosim ta'sirida suyuqlik trubkada $h = P/\rho g$ balandlikka ko'tariladi, va u p̣ezometrik (yoki statik) bosim deb ataladi.

Tenglamaning uchinchi hadi $V^2/2g$ harakatlanayotgan suyuqlikning solishtirma kinematik energiyasini ifodalaydi. Bu had tezlik yoki dinamik bosim deb ataladi va u ham uzunlik o'lchamiga ega.

Tezlik bosimi tik tepaga boshlang'ich V tezlik bilan oqib chiquvchi suyuqlik ko'tarilishi mumkin bo'lgan balandligiga teng.

Shunday qilib, Bernulli tenglamasi bo'yicha:

“Ideal suyuqlikning harakatlanishida geometrik, p̣ezometrik va tezlik bosimlarining yig'indisi oqimning barcha kesimlarida doimiy kattalik”.

Bernulli tenglamasini real (qovushqoq) suyuqlik uchun ko'rib chiqamiz

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{u_2 - u_1}{g}, \quad (6.5)$$

bunda: $(u_2 - u_1)/g = h_{yo'q}$ – uzunlik o'lchoviga ega bo'lgan yo'qotilgan bosim.

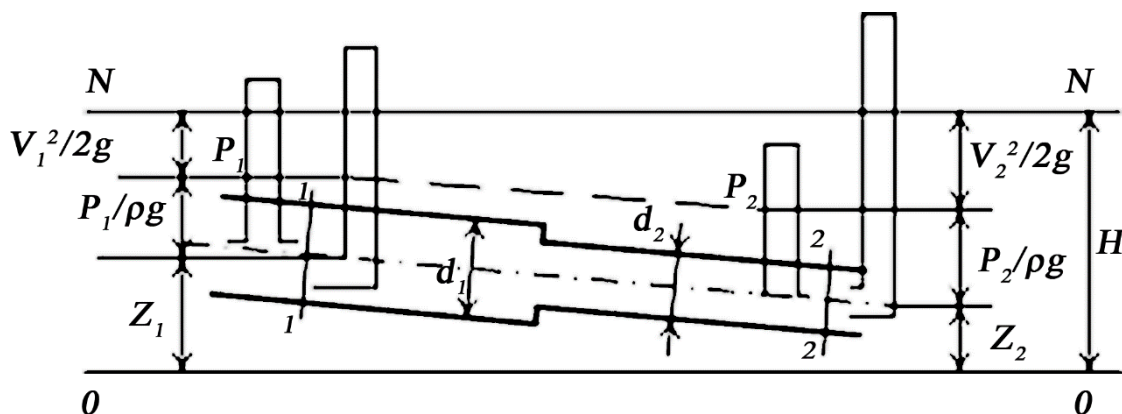
Yoki

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{yo'q}$$

Real suyuqlik (yopishqoq, qovushqoq) ishqalanish bilan harakatlanadi. Bu holda suyuqlik 1–1 kesimdan 2–2 kesimga oqib o'tganda solishtirma energiyaning bir qismi ishqalanish va boshqa qarshiliqlarni yengishga sarflanadi. Bunda yo'qotilgan energiya issiklikka aylanadi, natijada suyuqlikning ichki energiyasi ortadi (tashqi muhit bilan energiya almashinishi bo'lmaganda).

Real suyuqlik uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha o'qiladi “Real suyuqlikning turg'unlashgan oqimida geometrik, pьezometrik, tezlik va yo'qotilgan bosimlarning yig'indisi, ixtiyoriy kesimning har qaysi nuqtasida doimiy kattalik bo'ladi”.

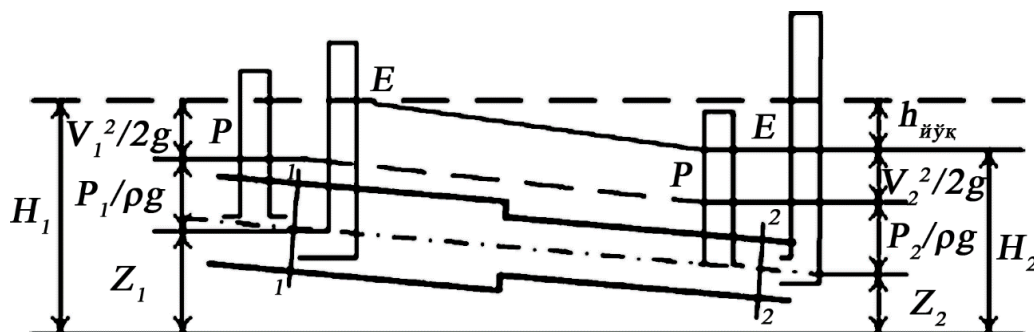
Barcha bosimlar uzunlik o'lchamiga egalar, shuning uchun Bernulli tenglamasini, ko'rgazmali bo'lishi uchun, grafik kurinishida ta'svirlash mumkin.



Расм 14. –Идеал суюқлик учун Бернулли тенгламасининг график тасвири.

Barcha bosimlar vertikal (tik) kesimlar bilan tasvirlanadilar, ularni yig'indisi esa – ixtiyoriy tanlangan solishtirish tekisligi 0–0 (nul sath) dan umumiy gorizontal N–N tekisligigacha o'tkazilgan vertikal bilan tasvirlanadi (ideal suyuqlik uchun).

Agar ko'rib chiqilayotgan kesimlarda ochiq, bukilgan shisha trubkalarni ochiq uchlaridan biri oqimga qarshi, trubka o'qi bo'yicha yo'naltirib, joylashtirsak (Pito trubkalari), u holda trubkalarda suyuqlikni ko'tarish balandligi pьezometrik va tezlik bosimlarni yig'indisiga teng bo'ladi.



Расм15. –Реал суюқлик учун Бернулли тенгламасининг график тасвири.

Real suyuqlik uchun kesma $h_{yo'q}$ kesim 1–1 dan kesim 2–2 gacha suyuqlik harakatlanganda yo'qotilgan bosim kattaligini tavsiflaydi.

Geometrik, pьezometrik va tezlik bosimlarining yig'indisi gidrodinamik bosim deyiladi.

Agar Pito trubkalaridagi suyuqlik sathlarini birlashtirsak, u holda pastga tushayotgan E–E chiziq xosil qilamiz (real suyuqlik uchun), va bu chiziq gidrodinamik bosim chizig'i yoki bosim tushish chizig'i deyiladi (bosim chizig'i, solishtirma energiya chizig'i).

15-Rasmdan ko'rinadiki, real suyuqlikning gidrodinamik bosimi, uning harakat yo'nalishi bo'yicha, boshlang'ich va oxirgi kesimlari orasida yo'qotilgan bosim kattaligiga, kamayadi. Shu bosimning birlik

uzunligiga to'g'ri keladigan tushishi gidravlik yoki p̣ezometrik qiyalik deb ataladi.

Bernulli tenglamasidan foydalanib suyuqlik tezligini va sarfini aniqlanadi, ya'ni apparatlar va truba-o'tkazgichlarning o'tkazuvchanligini aniqlanadi. Bu tenglama yordamida suyuqlik oqib chiqib ketish vaqti va uning to'la bosimini ham hisoblab topish mumki.

Bernulli tenglamasini qo'llash shartlari:

1. Bernulli tenglamasini ikkita xaqiqiy, ya'ni, oqim tezligiga perpendikulyar (tik) kesimlari uchun, ixtiyoriy tanlab olingan gorizontal solishtirish tekisligiga nisbatan tuziladi. Bunda kesimlar oqimning to'g'ri chiziqli uchastkalarida (qismlarida) joylashishi kerak. Hisoblanayotgan kesimlarini nomerlashda suyuqlik 1–1 kesimdan 2–2 kesimga tomon harakatlansin.

2. Kesimlarning birini kattaliklardan yoki R , yoki V , yoki Z , ma'lum bo'lgan boshqasini esa shu kattaliklardan birini aniqlash kerak bo'lgan joyda olish tavsiya etiladi.

3. Gorizontal solishtirish tekisligini tanlashda Z lardan biri yo'q qilib tanlash qulayroq.

4. Ko'rib chiqilayotgan oqimni 1–2 qismida (uchastkasida) bosimni qarshilikka yo'qotishlarining hammasini hisobga olish kerak.

Masala yechish misollari

6.1. Suyuqlik, ikkita uchastkasi har xil diametrli trubadan tashkil qilingan truba-o'tkazgichdan harakatlanmoqda. Birinchisi, diametri 100 mm bo'lgan trubadan tashkil topgan, uchastkasida oqim tezligi 50 sm/s, ikkinchisida esa 20 sm/s. Ikkinchi uchastkadagi trubaning diametri nimaga teng?

Yechilishi:

Uzluksizlik tenglamasiga asosan $F_1 \cdot V_{o'r 1} = F_2 \cdot V_{o'r 2}$

Bunda quyidagini xosil qilamiz $F_2 = \frac{F_1 V_{o'r 1}}{V_{o'r 2}}$.

$$F_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 0,00785 (m^2);$$

$$F_2 = \frac{0,00785 \cdot 0,5}{0,2} = 0,0196 (m^2);$$

$$F_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} \Rightarrow d_2 = \sqrt{\frac{4F_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0196}{3,14}} = 0,16 (m).$$

6.2. Diametri 50 mm bo'lgan truba-uzatgichdan 40 sm/s tezlik bilan oqib o'tayotgan sut sarfini aniqlang.

Yechilishi:

Uzluksizlik tenglamasiga asosan sut sarfi:

$$V = FV_{o'r} = \frac{\pi d^2}{4} V_{o'r} = \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} \cdot 0,4 = 0,000785 (m^3/s) \\ = 0,8 (l/s).$$

6.3. Ikkita, birinchisining diametri 150 mm va ikkinchisining diametri 250 mm bo'lgan, trubalardan tashkil topgan truba-o'tkazgichdan oqib o'tayotgan suyuqlik sarfi 20 l/s. Truba-o'tkazgich uchatkalarida suyuqlik tezligini aniqlang.

Yechilishi:

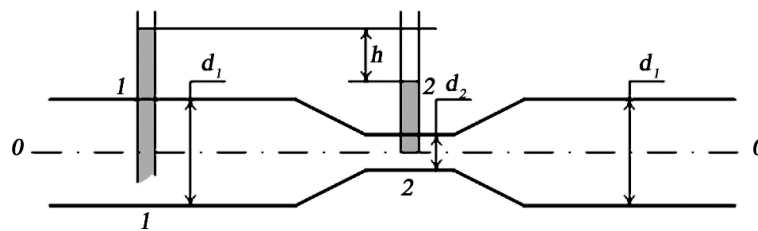
Birinchi uchastkada oqim tezligi

$$V_{or\ 1} = \frac{V}{F_1} = \frac{4V}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,13 \text{ (m/s)}.$$

Ikkinchi uchastkada oqim tezligi

$$V_{sr\ 2} = \frac{V}{F_2} = \frac{4V}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 0,25^2} = 0,41 \text{ (m/s)}.$$

6.4. Bosim yo'qotishlarini hisobga olmay quyidagi berilganlar asosida Venturri suv o'lchagichi yordamida suv sarfini aniqlang: pьezometrlar ko'rsatishlari farqi $h=25$ sm, truba-o'tkazgich diametri $d_1 = 200$ mm, suv o'lchagich bo'yini diametri $d_1 = 100$ mm.



Рисм 16. – Масала 6.4 га.

Yechilishi:

Ixtiyoriy gorizonttal taqqoslash tekislik 0–0 ga nisbatan ikkita 1–1 va 2–2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini tuzamiz. (0–0 tekislik truba-o'tkazgich o'qi bo'yicha o'tkazilgan).

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{yo'q};$$

Masala shartiga asosan $h_{yo'q} = 0$, chunki taqqoslash tekisligi truba o'qi bo'yicha o'tyaptiz $z_1 = z_2 = 0$, u holda

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

yoki

$$h = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

Bu tenglamada ikkita nomalum kattalik V_1 va V_2 . Ulardan birini olib tashlash uchun uzluksizlik tenglamasini qo'llaymiz va undan $V_1 F_1 = V_2 F_2$ va $V_1 = V_2 F_2 / F_1$ kelib chiqadi. U holda

$$h = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2 = \frac{V_2^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2 \right] = \frac{V_2^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 \right].$$

Kesim 2–2 da suyuqlikning o'rtacha tezligini aniqlaymiz:

$$V_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - (d_2/d_1)^4}} \sqrt{2gh} = A\sqrt{h},$$

A – suv o'lchagich doimiysi.

Sarfini hisoblaymiz:

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4\sqrt{1 - (0,1/0,2)^4}} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,25} = 0,018 \text{ (m}^3/\text{s)} = 18 \text{ (l/s)}.$$

7. Suyuqlik oqim tartiblari. Gidravlik qarshiliklar.

Suyuqlik oqishida uning harakat tavsifi (tartib) ikki turda bo'lishi mumkin – laminar va turbulent. Laminar tartib (rejim) kichik tezliklarda yoki suyuqlikning yetarli qovushoqligida kuzatiladi. Suyuqlik parallel, bir biriga aralashmaydigan oqimchalar bilan harakatlanadi. Oqimchalar har xil oqimchaning tezligi doimiy va oqim o'qi bo'yicha yo'nalgan.

Turbulent tartibda suyuqlik zarrachalari katta tezliklar bilan har xil kesishuvchi traektoriyalar bo'yicha harakatlanadilar. Oqimda tezlik, bosim va boshqa parametrlari pulsatsiyalari (urishlari–yani, vaqt bo'yicha kattalik va yo'nalishining tez o'zgarishlari) sodir bo'ladi.

Harakat tartibi o'lchamsiz R_e kompleksi bilan aniqlanadi va hozirgi vaqtda gidravlikada u Reynolds kriteriysi (soni) deb nomlanadi.

$$R_e = \frac{Vd\rho}{\mu} = \frac{Vd}{\vartheta}.$$

bunda: V – suyuqlikning trubada oqish o'rtacha tezligi;

d – suyuqlik oqayotgan truba diametri;

ρ – suyuqlik zichligi;

μ – suyuqlikning dinamik qovushoqligi;

$\vartheta = \mu/\rho$ – kinematik qovushoqlik.

Kompleks (kriteriy, son) R_e qovushoq suyuqlik harakatining juda muhim dinamik tavsifi. Reynolds kriteriysi – o'lchamsiz kattalik.

$$[R_e] = \left[\frac{m/s \cdot m}{m^2/s} \right].$$

Turbulent tartibdan laminar tartibiga o'tish Raynold sonining aniq qiymatida sodir bo'ladi. Bu son Reynoldsning kritik soni deb ataladi

$$R_{e_{kri}} = \frac{V_{kr}d}{\vartheta} = 2320$$

$R_e < R_{e_{kr}}$ – oqim tartibi laminar, $R_e > R_{e_{kr}}$ – oqim tartibi turbulent.

“Gidravlik qarshiliklar” deganda real suyuqlik harakatlanishida xosil bo'ladigan kuchlar tushuniladi. Gidravlik qarshiliklarni yengishga suyuqlik oqimi solishtirma energiyasini ya'ni, bosimning gidravlik yo'qolishlari deb ataluvchi qismini yo'qotadi. Suyuqlik oqimi tartibi gidravlik yo'qotishlar uchun ahamiyatlidir. Bosimning gidravlik yo'qotishlari uzunlik bo'yicha ishqalanishga va maxalliy yo'qotishlarga ajratiladi. Uzunlik bo'yicha bosim yo'qotishlari Veysbax-Darsi ifodasi bo'yicha hisoblanadi.

$$h = \lambda \frac{1}{d} \frac{V^2}{2g}.$$

bunda: λ – gidravlik ishqalanish koeffitsienti (Darsi koeffitsienti), oqim harakat tartibi va truba-o'tkazgich devorlarining g'adir budurligiga bog'liq; l – truba-o'tkazgich uzunligi; d – truba-o'tkazgich diametri; V – suyuqlik oqimining o'rtacha tezligi.

Laminar oqim tartibida Darsi koeffitsienti λ faqat Reynol'ds soniga bog'liq bo'ladi va quyidagi ifodadan aniqlanadi

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

Turbulent oqim tartibida gidravlik qarshilikning uchta sohasi kuzatiladi:

- gidravlik silliq trubalar sohasi (devorlarni, o'zanglarni);
- qarshilikning o'tish sohasi;
- g'adir budir truba sohasi (devorlarni, o'zanglarni), yoki qarshilikni kvadratik sohasi.

Ushbu sohalarning har birida Darsi koeffitsienti λ ning o'zgarish qonuni har xil.

Koeffitsient λ ni aniqlash ifodalarini eng keng tarqalganlarini qo'rib chiqamiz

1) Gidravlik silliq truba sohalarida, $Re < Re_{kr} < 10d/\Delta_{ekv}$ (bunda $\delta > \Delta_{ekv}$) xosil bo'lganda, koeffitsient λ ning qiymati Blauznus ifodasi bo'yicha aniqlanishi mumkin.

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

yoki Konakov ifodasi bo'yicha aniqlanadi $\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,5)^2}.$

2) Qarshilikning o'tish sohasida, $10d/\Delta_{ekv} < R_e < 500d/\Delta_{ekv}$ ($\delta \approx \Delta_{ekv}$) xosil bo'lganda, koeffitsient λ ni A. D. Al'tshul ifodasi bo'yicha hisoblash tavsiya etiladi

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta_{ekv}}{d} + \frac{68}{R_e} \right)^{0,25}.$$

3) G'adir budir trubalar sohasida, $R_e > 500d/\Delta_{ekv}$ bo'lganda, λ ni B. L. Shifrinson ifodasi bo'yicha hisoblash mumkin

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta_{ekv}}{d} \right)^{0,25}.$$

Koeffitsient λ ning qiymatini, suyuqlik boshqa materiallardan ishlagan trubalarda (shisha, plastik, beton va h.k.) harakatlanganida, boshqa hisoblash ifodalari ham mavjud. Ular ma'lumotnomalarda keltiriladi. Undan tashqari λ ni ma'lumotnomalarda keltirilgan jadvallar va grafiklardan aniqlash mumkin.

Maxalliy qarshiliklarni yengishda bosim yo'qotishlarini Veysbax ifodasi bo'yicha aniqlanadi.

$$h_m = \xi_m \frac{V^2}{2g}.$$

bunda: ξ_m – maxalliy gidravlik qarshilik koeffitsienti.

Bu koeffitsient ξ_m maxalliy qarshilik shakli va goxida Reynolds soni R_e ga bog'liq bo'ladi va tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Koeffitsient ξ_m ning qiymati har xil qarshilik turlari uchun gidravlika bo'yicha ma'lumotnomalarda keltiriladi.

Masala yechish misollari

7.1. Harorati $t = 15^{\circ}\text{C}$ bo'lgan suvni 10 sm/s tezlik bilan, uzunligi $l = 25 \text{ m}$, diametri $d = 2,5 \text{ sm}$ bo'lgan truba orqali uzatishda bosim yo'qotilishini aniqlang. Suvning kinematik qovushoqligi $\vartheta = 0,0114 \text{ sm}^2/\text{s}$.

Yechilishi:

$$\text{Reynolds sonini hisoblaymiz } R_e = \frac{Vd}{\vartheta} = \frac{0,1 \cdot 0,025}{1,14 \cdot 10^{-6}} = 2193$$

$R_e < R_{e_{kr}} = 2320$ bo'lganligi uchun, harakat tartibi Laminar va

$$\lambda = \frac{64}{R_e} = \frac{64}{2193} = 0,029.$$

Trubada bosim yo'qotilish uzunlik bo'yicha yo'qotilishga teng bo'ladi va shuning uchun Veysbax-Darsi ifodasi bo'yicha aniqlaymiz

$$h = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} = 0,029 \frac{25}{0,025} \cdot \frac{0,1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,015 \text{ (m)} = 1,5 \text{ (sm)}.$$

7.2. Uzunligi $l = 1200 \text{ m}$ trubada suv bosimining yo'qotilishini aniqlang. Trubada suv sarfi $V = 50 \text{ m}^3/\text{s}$, truba diametri $d = 250 \text{ mm}$ va mutlaq g'adir budirligi $\Delta = 0,5 \text{ mm}$, suv harorati 15°C ($\vartheta = 0,0114 \text{ sm}^2/\text{s}$.)

Yechilishi:

Truba-uzatgichda suv harakatining o'rtacha tezligini hisoblaymiz

$$V = \frac{4V}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,05}{3,14 \cdot 0,25^2} = 1,02 \text{ (m/s)}.$$

Reynolds sonini aniqlaymiz

$$R_e = \frac{Vd}{\vartheta} = \frac{1,02 \cdot 0,25}{1,14 \cdot 10^{-6}} = 223684,2$$

Reynolds soni $R_e > R_{e_{kr}} = 2320$, demak harakat tartibi turbulent.

Qarshilik sohasini aniqlash uchun hisoblaymiz

$$10 \frac{d}{\Delta} = 10 \frac{250}{0,5} = 5000;$$

$$500 \frac{d}{\Delta} = 500 \frac{250}{0,5} = 250000.$$

Reynolds soni $10 d/\Delta < R_e < 500 d/\Delta$, bo'lganligi qarshilik sohasi o'tuvchanligini ko'rsatadi. Darsi koeffitsientini A.D. Al'tshul ifodasidan hisoblaymiz

$$\lambda = 0,11(68/R_e + \Delta/d)^{0,25} = 0,11(68/223684,2 + 0,5/250)^{0,25} = 0,024.$$

U holda trubada qarshilik tufayli bosim yo'qotilishi

$$h_1 = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} = 0,024 \frac{1200}{0,25} \cdot \frac{1,02^2}{2 \cdot 9,81} = 6,11 (m).$$

7.3. Quyidagi boshlang'ich berilganlar bo'yicha gorizontal truba-o'tkazichdan oqib o'tayotgan suv V sarfini aniqlang, bosim $N = 4 m$, truba-o'tkazgich uzunligi $l = 52 m$, truba-o'tkazgich diametri $d = 100 mm$, truba-o'tkazgich devorlarining mutlaq g'adir budirligi $\Delta = 1 mm$, suv harorati $t = 20^\circ C$. Probkali kranning ochilish burchagi 20° . Bosim va p'yezometrik chiziqlarni quring.

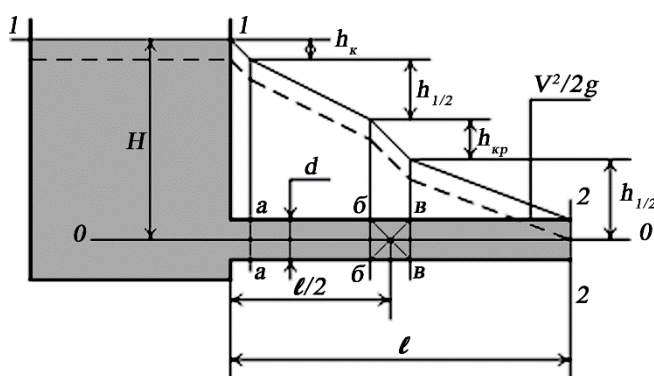


Рис. 17. – Масала 7.3 га.

Yechilishi: Gorizontal taqqoslash tekisligi 0–0 ga nisbatan 1–1 va 2–2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini tuzamiz.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_{tush}.$$

Bu holda $Z_1 = H$; $Z_2 = 0$; $P_1 = P_2 = P_{at}$; $V_1 = 0$; $V_2 = V$.

U holda $H = V^2/2g + \sum h_{tush}$

Bundagi $\sum h_{tush} = h_1 + \sum h_m = h_1 + h_k + h_{kr}$; va

$$\begin{aligned} H &= V^2/2g + \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} + \xi_k \frac{V^2}{2g} + \xi_{kr} \frac{V^2}{2g} \\ &= (V^2/2g)(1 + \lambda l/d + \xi_k + \xi_{kr}). \end{aligned}$$

Bunda truba-o'tkazgichda suv oqim tezligini topamiz

$$v = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda l/d + \xi_k + \xi_{kr}}} \sqrt{2gH}$$

va sarfi

$$V = F \cdot v = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda l/d + \xi_k + \xi_{kr}}} \sqrt{2gH}.$$

λ ni aniqlash uchun harakat tartibi–turbulent, qarshilik sohasi–kvadratik deb qabul qilamiz.

$$\text{U holda } \lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta_{ekv}}{d} \right)^{0,25} = \left(\frac{1}{100} \right)^{0,25} = 0,035.$$

Qabul qilganimiz bo'yicha quyidagini olamiz

$$\begin{aligned} V &= \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 0,035 \frac{52}{0,1} + 0,5 + 1,56}} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 4} \\ &= 0,015 \text{ (m}^3/\text{s)}. \end{aligned}$$

Bu holda

$$\begin{aligned} V &= \frac{V}{F} = \frac{4V}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,015}{3,14 \cdot 0,12} = 1,91 \text{ (m/s);} \\ R_e &= \frac{1,91 \cdot 0,1}{1,01 \cdot 10^{-6}} = 189191; \quad 500 \frac{d}{\Delta} = 500 \frac{100}{1} = 50000. \end{aligned}$$

Reynolds soni $R_e > 500 d/\Delta$ bo'lganligi, biz oqim tartibi va kvadratik soha deb qabul qilganimiz isbotini topdi, va sarf V to'g'ri hisoblangan.

Energiyaning solishtirma chizig'ini (bosim chizig'ini) qurish uchun barcha bosim yo'qotishlarini hisoblaymiz

$$h_k = \xi_k \frac{V^2}{2g} = 0,5 \frac{1,91^2}{2 \cdot 9,81} = 0,093 \text{ (m)};$$

$$h_{kr} = \xi_{kr} \frac{V^2}{2g} = 1,56 \frac{1,91^2}{2 \cdot 9,81} = 0,29 \text{ (m)};$$

$$h_1 = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} = 0,035 \frac{59}{0,1} \cdot \frac{1,91^2}{2 \cdot 9,81} = 3,38 \text{ (m)}.$$

Bosim 1–1 kesimda $H = 4 \text{ (m)}$.

a–a kesimda $H_{a-a} = H - h_k = 4 - 0,093 = 3,907 \text{ (m)}$;

b–b kesimda $H_{b-b} = H - h_k - h_{1/2} = 3,907 - 1,69 = 2,217 \text{ (m)}$;

v–v kesimda $H_{v-v} = H - h_k - h_{1/2} - h_{kr} = 2,217 - 0,29 = 1,927 \text{ (m)}$;

2–2 kesimda $H_{2-2} = H - h_k - h_{1/2} - h_{kr} - h_{1/2} = 1,927 - 1,69 = 0,237 \text{ (m)}$.

Резометрик chiziq bosim chizig'iga nisbatan $V^2/2g$ qiymatiga parallel bo'lib pastroq o'tadi $V^2/2g = \frac{1,91^2}{2} \cdot 9,81 = 0,186 \text{ (m)}$.

7.4. Rasmda ko'rsatilgan truba-o'tkazgichdan $V = 20 \text{ l/s}$ sarfni o'tkazish uchun zarur bo'lgan bosimni aniqlang. Truba diametri

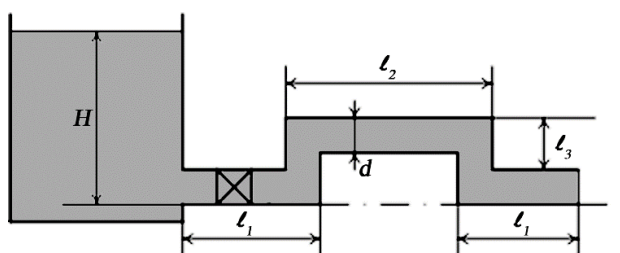
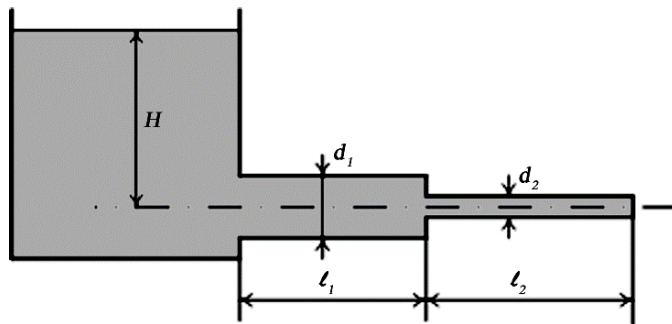


Рис. 18. – Масаля 7.4 га.

$d = 200 \text{ mm}$, qismlarining (uchastkalarining) uzunligi $l_1 = 50 \text{ m}$, $l_2 = 100 \text{ m}$, $l_3 = 20 \text{ m}$. $\lambda = 0,025$, qarshilik koeffitsientlari: kranniki– $\xi_{kr} = 1,56$, tirsakniki– $\xi_{tir} = 1,19$.

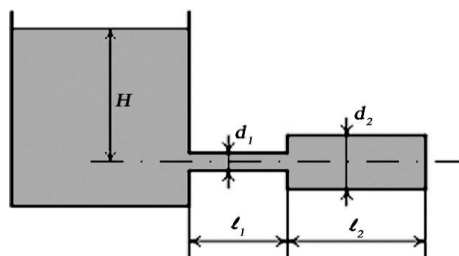
7.5. Trubalar tizimidan $H = 10 \text{ m}$ bosimda sarfni aniqlang,

$d_1 = 200 \text{ mm}$, $d_2 = 150 \text{ mm}$, $l_1 = 50 \text{ m}$, $l_2 = 85 \text{ m}$, $\lambda_1 = 0,025$, $\lambda_2 = 0,030$.



Рисм 19. – Масала 7.5 га.

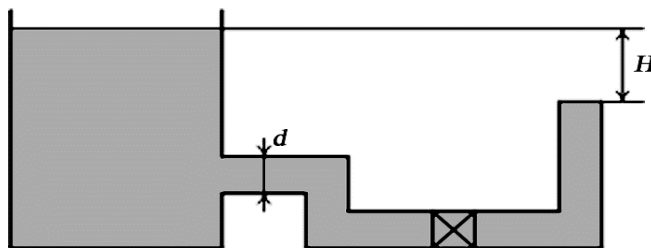
7.6. Quyidagi rasmda ko'rsatilgan truba-o'tkazgich uchun 35 l/s



Рисм 20. – Масала 7.6 га

sarfni o'tkazishga zarur bosimni aniqlang, $d_1 = 150 \text{ mm}$, $d_2 = 250 \text{ mm}$, $l_1 = 80 \text{ m}$, $l_2 = 100 \text{ m}$, $\lambda_1 = 0,03$, $\lambda_2 = 0,023$.

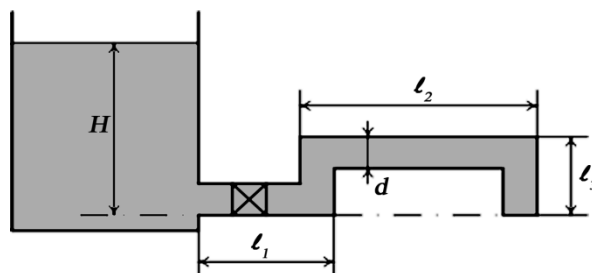
7.7. Rasmda ko'rsatilgan truba-o'tkazgichdan suyuqlik sarfini



Рисм 21. – Масала 7.7 га.

aniqlang, uning umumiy uzunligi $l = 100 \text{ m}$, diametri $d = 15 \text{ sm}$, bosimi $H = 5 \text{ m}$. Kranning qarshilik koeffitsienti $\xi_{kr} = 5,47$ ($\alpha = 30^\circ$), tirsakniki $\xi_{tir} = 1,19$

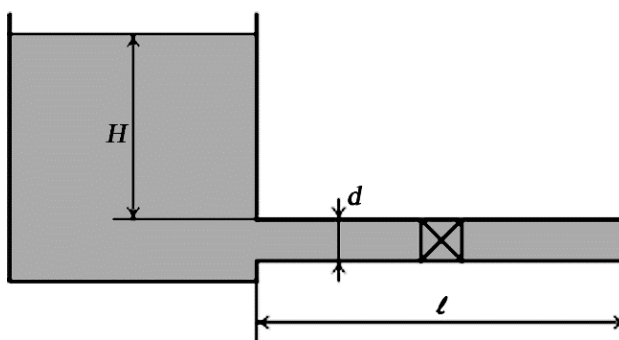
7.8. Rasmda ko'rsatilgan truba-o'tkazgichda $V=10 \text{ l/s}$ sarfni o'tkazgich uchun zarur (kerak) bo'lgan bosimni aniqlang. Truba-



Рисм 22. – Масала 7.8 га.

o'tkazgich diametri $d = 100 \text{ mm}$, uchastkalar (qismlar) uzunligi $l_1 = 40 \text{ m}$, $l_2 = 80 \text{ m}$, $l_3 = 20 \text{ m}$. Koeffitsient $\lambda = 0,025$, qarshilik koeffitsientlari: kranniki – $\xi_{kr} = 1,56$; tirsakniki – $\xi_{tir} = 1,19$.

7.9. Diametri $d = 150 \text{ mm}$ gorizontal truba-o'tkazgichdan o'tkazilayotgan suv sarfini $V = 35 \text{ l/s}$ miqdorda ushlab turish uchun



Рисм 23. – Масала 7.9 га.

rezervuarda ushlab turish kerak bo'lgan bosimni (N) aniqlang. Kranning ochilish burchagi $\alpha = 30^\circ$, truba uzunligi $l = 50 \text{ m}$, Darsi koeffitsienti $\lambda = 0,023$.

8. Bosimli truba-o'tkazgichlarda suyuqlik harakati.

Truba-o'tkazgichlar oddiy va murakkablarga bo'linadi. Bir xil diametrli trubalardan tuzilgan va shoxchalarsiz truba-o'tkazgichlar oddiy deb ataladi. Murakkab truba-o'tkazgichlar asosiy magistral trubadan va undan ketuvchi (ajraluvchi) qator trubalardan tashkil topgan bo'ladi. Murakkab truba-o'tkazgichlar ketma-ket va parallel hamda halkaviy truba ulanishli bo'ladilar.

Truba-o'tkazgichlarda umumiy bosim yo'qotilishi uzunlik bo'yicha yo'qotishlar va maxalliy yo'qotishlar yig'indisidan tashkil topadi.

Ustunroq yo'qotish turiga bog'lik ravishda truba-o'tkazgichlar kalta va uzunlarga ajratiladi.

Qisqa truba-o'tkazgichlarga, maxalliy bosim yo'qotishlari uzunlik bo'yicha bosim yo'qotishlarining 5 – 10 % foizidan ko'p bo'lgan, qalta truba-o'tkazgichlar kiradi. Uzun truba-o'tkazgichlarga, maxalliy bosim yo'qotishlari uzunlik bo'yicha bosim yo'qotishlariga nisbati kichik ($< 5\%$) va ularni hisobga olmaslik mumkin bo'lgan, uzunligi katta truba-o'tkazgichlar qiradi, yani $h_m \leq h_l$

Shezi ifodasi – oddiy gidravlik uzun truba-o'tkazgichni hisoblash ifodasi. Bu ifoda bo'yicha suyuqlikning tekis harakatidagi o'rtacha tezligi hisoblanadi.

$$V = C\sqrt{RI}$$

bunda: V – o'rtacha tezlik; C – shezi koeffitsienti; R – gidravlik radius;

$I = h_m/l$ – gidravlik qiyalik.

Shezi koeffitsienti $C = \sqrt{8g/\lambda}$. Shezi koeffitsienti C ni amaliy hisoblash uchun ma'lumotnomalarda keltirilgan empirik formula va jadvallar qo'llaniladi.

Sarf quyidagi ifodadan aniqlanadi $V = FC\sqrt{RI}$.

Kattalik $V = FC\sqrt{R} = K$ gidravlik qiyaligi $I = 1$ bo'lgan trubadagi suyuqlik sarfi kattaligi bo'lib, sarf tavsifi yoki sarf moduli deb ataladi. U holda $V = K\sqrt{I}$.

Sarf tavsiflarining qiymatlari trubalarning materialiga ishlatish

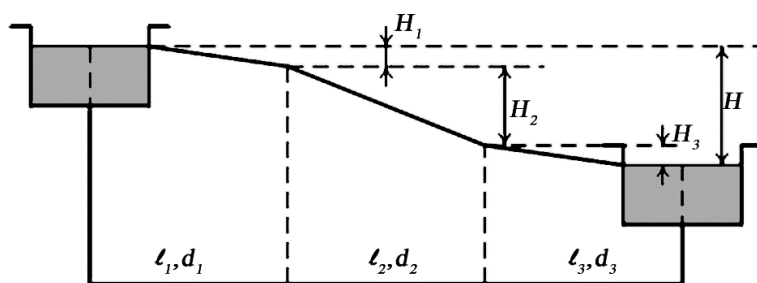


Рис. 24. — трубалари кетма-кет уланган узун труба-

sharoitlariga va ularning diametriga bog'liq ravishda gidravlika bo'yicha ma'lumotnomalarda keltiriladi.

Har xil diametrli trubalarni ketma-ket ulaganda har bir uchastkasi (qismi) uzunlik l_i va diametr d_i ga ega. Bunda N bosim to'la uzunlik bo'yicha qarshiliklarni yengish uchun sarf bo'ladi.

Har bir uchastkasida $d_i = \text{const}$ bo'lib, to'la bosim N ni qandaydir H_i qismi yo'qotiladi, va u quyidagi ifodadan topiladi

$$H_i = \frac{V^2}{K_i^2} l_i.$$

Truba-o'tkazgichdagi to'la bosim yo'qotilishi unialohida uchastkalaridagi yo'qotishlarining yig'indisiga teng bo'ladi.

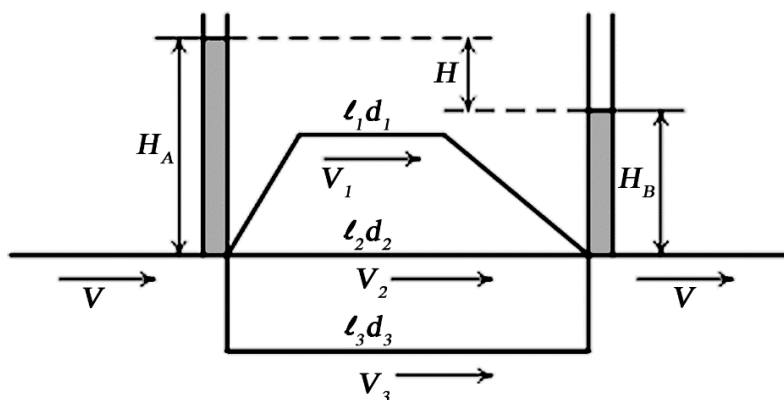
$$H = H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n = \sum_{i=1}^n H_i.$$

yoki , H_i larni qo'yib, xosil qilamiz

$$H = \frac{V^2}{K_1^2} l_1 + \frac{V^2}{K_2^2} l_2 + \frac{V^2}{K_3^2} l_3 + \dots + \frac{V^2}{K_n^2} l_n = V^2 \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{K_i^2}.$$

Agar berilgan N qiymatida sarf V ni aniqlash kerak bo'lsa, u holda

$$V = \sqrt{\frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{K_i^2}}}.$$



Рисм 25. – трубалари параллел уланган узун труба-ўтказгич.

Trubalarning parallel ulanishini ko'rib chiqamiz. Har bir shoxchasini l_i uzunligi va d_i diametri berilgan A tugunga V sarf kelyapti va n , umumiy holda teng bo'lmagan, qismlarga bo'linyapti $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$.

A tugunda bosimni H_A , V tugunda esa H_V bilan belgilaymiz. U xolda, bosim yo'qotishlar har bir tarmoqda bir xil va A va V tugunlardagi bosimlar farqiga teng bo'ladi. Bu yo'qotishlarni H deb belgilaymiz.

U holda $H = H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_n = H_A - H_V$.

Bu tarmoqlarning har biridagi sarf quyidagicha yozilishi mumkin

$$V_i = K_i \sqrt{\frac{H}{l_i}}$$

Boshqa tomondan, barcha parallel truba-o'tkazgichlardagi sarflarning yig'indisi ajralishdan oldingi sarfga teng

$$V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = \sum_{i=1}^n V_i = V.$$

U holda

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = K_1 \sqrt{\frac{H}{l_1}} + K_2 \sqrt{\frac{H}{l_2}} + K_3 \sqrt{\frac{H}{l_3}} + \dots + K_n \sqrt{\frac{H}{l_n}} = \sqrt{H} \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{\sqrt{l_i}}.$$

yoki

$$H = \frac{V^2}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{K_i}{\sqrt{l_i}}\right)^2}.$$

Bu munosabatdan, berilganlar: umumiy sarf V , diametrlari d_i va uzunliklari l_i lar asosida bosim H ni topish va undan so'ng har bir shoxchadagi sarf V_i larni aniqlash mumkin.

Masala yechish misollari

8.1. Truba-o'tkazgichdan o'tayotgan suyuqlik sarfini quyidagi berilganlar asosida aniqlang: $H = 6 \text{ m}$, $l = 1225 \text{ m}$, $d = 200 \text{ mm}$, trubalar normal (yaxshi) holatda.

Yechilishi: D.V. Shterenlixt va b. "Gidravlik hisoblar" kitobi ilovasidagi 5.1.–jadvaldan diametrlari $d = 200 \text{ mm}$ bo'lgan normal trubalar uchun $K = 340,8 \text{ l/s}$ kattalikni topamiz. Quyidagi ifodadan sarfni aniqlaymiz.

$$V = K\sqrt{I} = K \sqrt{\frac{H}{l}} = 340,8 \sqrt{\frac{6}{1225}} = 23,85 \text{ (l/s)}.$$

8.2. O'lchamlari $l_1 = 300 \text{ m}$, $d_1 = 250 \text{ mm}$, $l_2 = 350 \text{ m}$, $d_2 = 150 \text{ mm}$, $l_3 = 380 \text{ m}$, $d_3 = 200 \text{ mm}$ bo'lgan uchta uchastkadan

tashkil topgan truba-o'tkazgichdan $V = 60 \text{ l/s}$ sarfni o'tkazish uchun kerak bo'lgan bosimni aniqlang. Trubalar normal holatda (ishlatilgan).

Yechilishi: D.V. Shterenlixt va b. "Gidravlik hisoblar" kitobi ilovasidagi 5.1.-jadvaldan normal trubalar uchun sarf tavsiflarini aniqlaymiz.

Truba diametri $d_1 = 250 \text{ mm}$ bo'lganda $K_1 = 614,1 \text{ l/s}$ bo'ladi,

$d_2 = 150 \text{ mm}$ da - $K_2 = 158,4 \text{ l/s}$,

$d_3 = 200 \text{ mm}$ da - $K_3 = 340,8 \text{ l/s}$.

Bosimni hisoblaymiz

$$H = V^2 \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{K_i^2} = 0,06^2 \left(\frac{300}{0,6164^2} + \frac{350}{0,1584^2} + \frac{380}{0,3408^2} \right) = 64,84 \text{ (m)}.$$

8.3. Sarf $V = 64 \text{ l/s}$ uchta parallel ulangan trubalardan tashkil topgan truba-o'tkazgichdan oqib o'tyapti. Alohida tarmoqlar bo'yicha sarflar va alohida tugun nuqtalari orasidagi bosim yo'qotilishini aniqlang, $l_1 = 600 \text{ m}$, $d_1 = 150 \text{ mm}$, $l_2 = 420 \text{ m}$, $d_2 = 150 \text{ mm}$, $l_3 = 980 \text{ m}$, $d_3 = 200 \text{ mm}$. Trubalar normal holatda.

Yechilishi: D. V. Shterenlixt va b. "Gidravlik hisoblar" kitobi ilovasidagi 5.1.-jadvaldan normal trubalar uchun sarf tavsiflarini aniqlaymiz:

$d_1 = d_2 = 150 \text{ mm}$, $K_1 = K_2 = 158,4 \frac{\text{l}}{\text{s}}$,

$d_3 = 200 \text{ mm}$ da $K_3 = 340,8 \text{ l/s}$.

Tugun nuqtalari orasida bosim yo'qotilishini aniqlaymiz

$$H = \frac{V^2}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{K_i}{\sqrt{l_i}} \right)^2} = \frac{0,068^2}{\left(\frac{0,1584}{\sqrt{600}} + \frac{0,1584}{\sqrt{420}} + \frac{0,1584}{\sqrt{980}} \right)^2} = 7,35 \text{ (m)}.$$

Har qaysi tarmoq bo'yicha sarfni aniqlaymiz

$$V_1 = K_1 \sqrt{\frac{H}{l_1}} = 158,4 \sqrt{\frac{7,35}{600}} = 17,53 \text{ (l/s)}$$

$$V_2 = K_2 \sqrt{\frac{H}{l_2}} = 158,4 \sqrt{\frac{7,35}{420}} = 20,95 \text{ (l/s)}$$

$$V_3 = K_3 \sqrt{\frac{H}{l_3}} = 158,4 \sqrt{\frac{7,35}{980}} = 29,51 \text{ (l/s)}.$$

9. Tirqish va nasadkalardan suyuqlikni oqib chiqishi.

Nafis devordagi kichik tirqishdan oqib chiqayotganda, oqim ko'ndalang kesimi aniqlanadi. Eng katta siqish diametri d bo'lgan tirqishning ichki qirrasidan $0,5d$ masofada sodir bo'ladi. Siqilgan kesimning yuzasini tirqish yuzasiga nisbati oqimning siqilish koeffitsient $\mathcal{E}$ deb ataladi:

$$\mathcal{E} = \frac{F_{siq}}{F}. \quad (9.1)$$

Real suyuqlikning tirqishdan oqib chiqish tezligi:

$$V = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (9.2)$$

bunda: $\varphi = \frac{1}{\sqrt{1-\xi_{kir}}}$ – tezlik koeffitsienti; H – tirqish markazi ustidagi bosim.

Koeffitsient φ oqib chiqish xaqiqiy tezligining nazariy tezligiga nisbati bo'lib, tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

$$\varphi = \frac{V_{xaq}}{V_{naz}}.$$

Agar rezervuardagi suyuqlik yuzasida va oqim chiqishida bosim bir xil bo'lmasa yani, $P_1 \neq P_2$, u holda:

$$V = \varphi \sqrt{2g\left(H + \frac{P_1 + P_2}{\rho g}\right)}.$$

Tirqishda sarf tenglamasi $V = \mu F \sqrt{2gH}$, (9.3) bunda: $\mu = \varepsilon \varphi$ – sarf koeffitsienti. Agar erkin sirt (1–1 kesimda) $V_1 \neq 0$ tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, u holda (9.2) va (9.3) ifodalar quyidagi ko'rinishda bo'ladi

$$V = \varphi \sqrt{2gH_0}; \quad V = \mu F \sqrt{2gH_0},$$

bunda: $H_0 = H + \frac{V_1^2}{2g}$ – kelish tezligini hisobga olgandagi bosim.

Agar oqib chiqish sath tagiga bo'lsa, u holda (9.2) va (9.3) ifodalar kurinishi:

$$V = \varphi \sqrt{2gZ}; \quad V = \mu F \sqrt{2gZ},$$

bunda: Z – tirqish oldidagi va tirqish orqasidagi sathlar farqi.

Suvni kichik dumaloq tirqishdan oqqanida siqilish koeffitsienti $\varepsilon = 0,63 \div 0,64$ bo'ladi, tezlik koeffitsienti esa $\varphi = 0,97$. Koeffitsient μ ning qiymati $0,59 \div 0,63$ orasida yotadi.

Nasadka deb – qalta, uzunligi $l_{nas} = (3 \div 5)d_{tir}$ bo'lgan, yupqa devordagi tirqishga ulangan trubkaga aytiladi. SHakli bo'yicha nasadkalar: tashqi tsilindrik (I), ichki tsilindrik (II), konusli torayuvchi (III), konusli kengayuvchi (IV), konoidal (V) bo'ladi.

Suvning oqib chiqish tezligi va sarf nasadkalarining shakliga bog'liq bo'ladi va (2), (3) ifodalardan aniqlanadi. Bu ifodalardagi μ va φ koeffitsientlari nasadkalarining shaqliga qarab qabul qilinadi (tanlanadi).

Nasadkaning sarf koeffitsienti tirqish sarf koeffitsientidan ancha katta bo'ladi. Buning sababi – nasadkaga kirishda, oqimning siqilish

sohasida xosil bo'ladigan vakuumning ta'siri. Misol, tashqi silindrik nasadka uchun $\mu = \varphi = 0,82$.

Masala yechish misollari

9.1. Ochiq rezervuarning devoridagi diametri $d = 4,5 \text{ sm}$ bo'lgan tirqishdan $V = 6 \text{ l/s}$ suv sarfini o'tkazish talab etiladi. Aniqlash kerak: a) Berilgan sarfni qanday bosim ta'minlay oladi; b) Agar tirqishga diametri $d = 4,5 \text{ sm}$ bo'lgan tashqi silindrik nasadka ulansa, hisoblab topilgan bosim H qiymatida suv sarfi qanday o'zgaradi.

Yechilishi: Tirqish tepasidagi bosimni quyidagi ifodadan aniqlaymiz

$$V = \mu F \sqrt{2gH}; \quad H = \frac{V^2}{\mu^2 F^2 2g}$$

Tirqish yuzasi

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,045^2}{4} = 0,0016 \text{ (m}^2\text{)}.$$

U holda

$$H = \frac{0,006^2}{0,62^2 \cdot 0,0016^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = 1,86 \text{ (m)}.$$

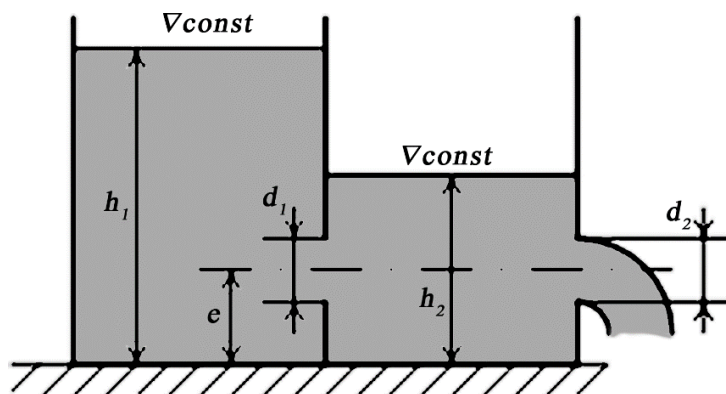
Topilgan H bosimda nasadkadan suv sarfini xuddi o'sha ifodadan, unga silindrik nasadka uchun $\mu = 0,82$ ni qo'yib, topamiz.

$$V = \mu F \sqrt{2gH} = V = 0,82 \cdot 0,0016 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,86} = 0,0079 \text{ (m}^3\text{/s)} \\ = 7,9 \text{ (l/s)}.$$

Sarf $7,9/6 = 1,32$, yani 32 % ga ortdi (ko'paydi).

9.2. Ochiq rezervuarni ikkiga ajratuvchi vertikal (tik) devorda diametri $d_1 = 45 \text{ mm}$ bo'lgan dumaloq tirqish (teshik) joylashgan. Rezervuarning chap tomonida suv chuqurligi $h_1 = 1,8 \text{ m}$. Tirqishdan suv sarfi $V = 3,2 \text{ l/s}$. Rezervuarlardagi suv sathlari o'zgarmas bo'lganda rezervuarning tashqi devordagi tirqish diametri d_2 va

chuqurlik h_2 aniqlang. Ikkala tirqishning markazi rezervuar tubidan $e = 50 \text{ sm}$ masofada joylashgan.



Рисм 26. – Масала 9.2 га.

Yechilishi: Ko'milgan tirqishdan sarf tenglamasi bo'yicha rezervuarni o'ng va chap qismlaridagi sathlar farqini aniqlaymiz

$$V = \mu F \sqrt{2gZ}; \quad Z = \frac{V^2}{\mu^2 F^2 2g}$$

Tirqish yuzasi

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,045^2}{4} = 0,0016 \text{ (m}^2\text{)}.$$

U holda,
$$Z = \frac{0,0032^2}{0,62^2 \cdot 0,0016^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,53 \text{ (m)}$$

Demak, ung tomonida chukurlik

$$h_2 = h_1 - Z = 1,8 - 0,53 = 1,27 \text{ (m)}$$

Tashqi tirqish tepasidagi bosim

$$H_2 = h_2 - e = 1,27 - 0,5 = 0,77 \text{ (m)}$$

Tashqi tirqish diametrini, sarf 3,2 l/s va bosim $H_2 = 0,77 \text{ m}$ bo'lganda, aniqlaymiz

$$F = \frac{V}{\mu \sqrt{2gH}} = \frac{0,0032}{0,62 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,77}} = 0,00133 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Bu holda tirqish diametri

$$d^2 = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00133}{3,14}} = 0,041 \text{ (m)} = 4,1 \text{ (sm)}.$$

9.3. Bosim 2 m bo'lganda 3,0 l/s sarf o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan rezervuar devoridagi tirqish diametrini aniqlang.

9.4. Rezervuar to'siq devor bilan ikkiga ajratilgan. To'siq devorida diametri 5 sm tirqish qilingan bo'lib, u orqali suyuqlik chap qismdan o'ng qismga, qismlardagi suv sathlari o'zgarmas bo'lganda, oqib o'tmoqda. Agar chap tomondagi chuqurlik $h_1 = 2 \text{ m}$ bo'lsa, ung tomondagi chuqurlikni aniqlang.

9.5. Diametri 5 sm bo'lgan tirqishga diametri xuddi shunday bo'lgan silindrik nasadka ulanganda sarf qanday o'zgaradi? Tirqish markazi tepasidagi bosim 1,2 m. Nasadkadan o'tuvchi sarf tirqishdan o'tgandagi sarfga teng qolishi uchun bosim qanday bo'lishi kerak?

10. Truba-o'tkazgichlarda gidravlik zarba

Gidravlik zarba –butruba-o'tkazgichlarda bosimning keskin o'zgarish hodisasi bo'lib, unda suyuqlik oqim tezligi, zichligi va bosimini vaqt bo'yicha tebranishlari sodir bo'ladi.

Truba-o'tkazgichning oxirida o'rnatilgan qopqoqni keskin berkitishda sodir bo'ladigan gidravlik zarbadagi bosim ortishini N.E. Jukovskiy ifodasi bo'yicha hisoblanadi.

$$\Delta P = \rho CV,$$

bunda: ρ – suyuqlik zichligi; V – zidrozarbadan oldin truba-o'tkazgichdagi suyuqlikning turg'unlashgan oqim tezligi; C –gidravlik to'lqin tarqalish tezligi quyidagi ifodadan aniqlanadi

$$C = \frac{\sqrt{E_{su}/\rho}}{\sqrt{1 + \frac{dE_{su}}{\delta E_{tr}}}},$$

bunda: E_{su} – suyuqlikni hajmiy bikrligi moduli;

d – truba-o'tkazgichning ichki diametri;

δ – truba-o'tkazgich devorining qalinligi;

E_{tr} – truba devorlari materialining bikrlik moduli.

Suv uchun $E = 2,03 \cdot 10^6 \text{ kPa}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Bu holda

$$\sqrt{E/\rho} = \sqrt{2,03 \cdot 10^6 / 1000} = 1425 \text{ m/s}.$$

Qopqoqni berkitish vaqti $T_z > \tau = 2l/s$ bo'lganda to'g'ri bo'lmagan gidravlik zarba sodir bo'ladi (nepryamoy). Agar bunda qopqoq oldida suyuqlikning oqim tezligi chiziqli qonun bo'yicha o'zgaradi $V = V_0(1 - t/T_z)$, truba-o'tkazgichda bosim ortishini Misho ifodasi bo'yicha aniqlash mumkin.

$$\Delta P = \frac{2\rho l V_0}{T_z}.$$

Masala yechish misollari

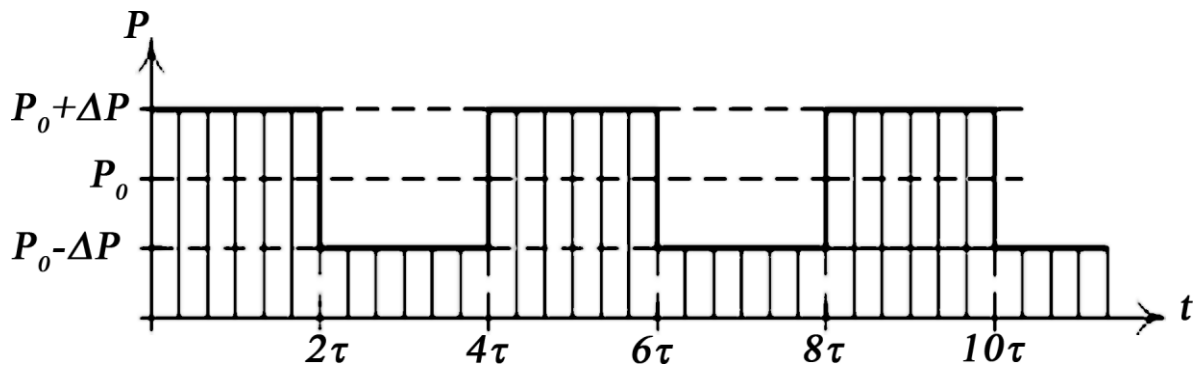
10.1. Po'lat truba-o'tkazgichni oniy berkitishda (juda tez) xosil bo'ladigan gidravlik zarba to'lqinining tarqalish tezligi S va bosim ortishi ΔP ni aniqlang. Truba diametri $d = 500 \text{ mm}$, devorining qalinligi $\delta = 7 \text{ mm}$, turg'unlashgan suv oqimining tezligi $V = 2,5 \text{ m/s}$. Qopqoqoldida ($x = 0$) va qopqoqdan $x = 0,5l$ ($l = 1000 \text{ m}$ va $P_0 = \text{MPa}$) masofadagi truba-o'tkazgichning kesimlarida bosim o'zgarish grafigini quring.

Po'latning bikrlik moduli $E_{tr} = 196 \cdot 10^6 \text{ kPa}$.

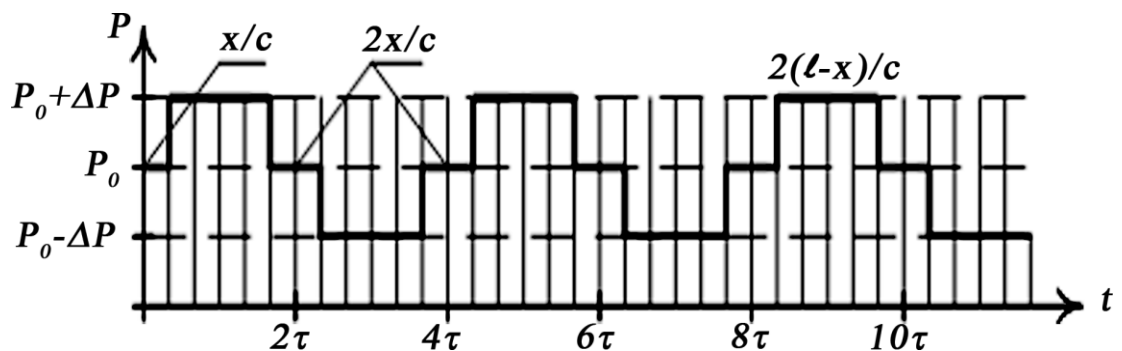
Yechilishi:

$$C = \frac{\sqrt{E_{su}/\rho}}{\sqrt{1 + \frac{dE_{su}}{\delta E_{tr}}}} = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{500 \cdot 2,03 \cdot 10^6}{7 \cdot 196 \cdot 10^6}}} = 1088,4 \text{ (m/s)}.$$

$$\Delta P = 1000 \cdot 1088,4 \cdot 2,5 = 2720904 \approx 2,72 \text{ (MPa)}.$$



Расм 27. – қопқоқолдидаги кесимда босим ўзгариши.



Расм 28. – қопқоқдан $x = 0,5l$ масофада босим ўзгариши.

10.2. Oldingi masalaning shartlari uchun qopqoqni oniy berkitishda truba-o'tkazgich devorlaridagi kuchlanishni toping.

Yechilishi: Truba-o'tkazgichni “yirtuvchi” kuch

$$\mathcal{P} = (P_0 + \Delta P)dl = (3 + 5,72)0,5 \cdot 1000 = 2860 \text{ (MN)}.$$

Devordagi kuchlanish

$$\mathcal{T} = \frac{\mathcal{P}}{F} = \frac{\mathcal{P}}{2\delta l} = \frac{2860}{2 \cdot 0,007 \cdot 1000} = 204,29 \text{ (MN/m}^2\text{)}.$$

10.3. Po'lat truba-o'tkazgichni suv xavzadan qopqoqqacha uzunligi $l = 1800 \text{ m}$, diametrid $d = 450 \text{ mm}$, devorining qalinligi $\delta = 6 \text{ mm}$. Truba-o'tkazgichda suv sarfi $V = 127 \text{ l/s}$. Qopqoq oldida bosimning maksimal ortishini aniqlang. Qopqoq asta-sekin $T_z = 3 \text{ s}$ vaqt davomida berkitiladi va tezlik chiziqli o'zgaradi.

Yechilishi: Turg'unlashgan suv oqimining tezligi

$$v = \frac{V}{F} = \frac{4V}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,127}{3,14 \cdot 0,45^2} = 0,8 \text{ (m/s)}.$$

Gidravlik zarba to'liqinining tarqalish tezligi

$$C = \frac{\sqrt{E_{su}/\rho}}{\sqrt{1 + \frac{dE_{su}}{\delta E_{tr}}}} = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{450}{6} \cdot 0,01}} = 1077,2 \text{ (m/s)}.$$

Zarba fazasi

$$\tau = \frac{2l}{C} = \frac{2 \cdot 1800}{1077,2} = 3,34 \text{ (s)}$$

$T_z < \tau$ – to'g'ri zarba.

Bosimning maksimal ortishi

$$\Delta P = \rho C v = 1000 \cdot 1077,2 \cdot 0,8 = 861760 \text{ (Pa)} = 0,86 \text{ (MPa)}.$$

10.4. Qopqoq oldida bosimning maksimal ortishini aniqlang. Qopqoq asta-sekin 5 s davomida berkitiladi (tezlik o'zgarishi – chiziqli), truba-o'tkazgichda neft oqyapti ($\rho = 900 \text{ kg/m}^3$, $E_{suyu} = 1,324 \cdot 10^6 \text{ kPa}$). Truba-o'tkazgichning uzunligi 2 km, diametri 1 m, devorining qalinligi 10 mm, neft sarfi 0,5 m/s.

Yechilishi: Neftning turg'unlashgan oqim tezligi

$$v = \frac{V}{F} = \frac{4V}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,5}{3,14 \cdot 1^2} = 0,64 \text{ (m/s)}.$$

Gidravlik zarba to'liqinining tarqalish tezligi

$$C = \frac{\sqrt{E_{su}/\rho}}{\sqrt{1 + \frac{dE_{su}}{\delta E_{tr}}}} = \frac{\sqrt{1,324 \cdot 10^9/900}}{\sqrt{1 + \frac{1000 \cdot 1,324}{10 \cdot 196}}} = \frac{1213}{\sqrt{1 + 0,675}} = 937,1 \text{ (m/s)}.$$

Zarba fazasi

$$\tau = \frac{2l}{C} = \frac{2 \cdot 2000}{937,1} = 4,3 \text{ (s)}$$

$T_z > \tau$ – to'g'ri zarba emas.

Bosimning maksimal ortishi

$$\Delta P = \frac{2\rho l v_0}{T_z} = \frac{2 \cdot 900 \cdot 2000 \cdot 0,64}{5} = 460800 \text{ (Pa)} = 0,46 \text{ (MPa)}.$$

Nazorat savollari

1. Dinamik qovushqoqlik koeffitsienti nima?
2. Kapillyar viskozimetrlarda qovushqoqlik koeffitsienti qanday aniqlanadi?
3. Kapillyar viskozimetr xaqida tushuncha bering.
4. P'ezometrik korsatkichlar nimani ifodalaydi?
5. Manometrik bosim parametrlarini ayting?
6. Absolyut bosim xaqida tushuncha bering?
7. P'ezometrik va manometrik bosimni o'lchov birliklari xaqida tushuncha bering?

Adabiyotlar

1. Yaxontov S. A. Gidrodinamika / S. A. Yaxontov, - M.: MEI, 1980. – 75 s.
2. Shterenlixt D. V. Gidravlika. – V 2-x kn.: 1 – M.: Kolos, 1991. – 351 s.
3. Shterenlixt D. V. Гидравлические расчеты. – М.: Kolos, 1992. – 287 s.
4. Гидравлика, пневматика и термодинамика: курс лекции /под.ред.
В.М.Филина. – М.: ID “Forum”, INFRA – М, 2011. – 320 s.

