

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/343178864>

Practical training in fluid and gas mechanics.

Book · January 2007

CITATIONS

0

READS

976

1 author:



[Ablakul Abdirashidov](#)

Samarkand State University

109 PUBLICATIONS 60 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Informatika [View project](#)



Stability of Structures [View project](#)

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

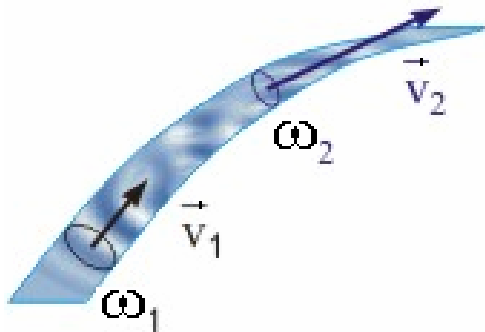
**ALISHER NAVOIY NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

A. ABDIRASHIDOV

**SUYUQLIK VA GAZLAR MEXANIKASI
FANIDAN AMALIY MASHG'ULOTLAR**

(uslubiy qo'llanma)

(«5440200-Mexanika» ta'lim yo'nalishi talabalari uchun)



Samarqand - 2007

Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi fanidan amaliy mashg'ulotlar. Uslubiy qo'llanma. – Samarqand: SamDU nashri, 2007. – 115 bet.

Mazkur uslubiy qo'llanma suyuqlik va gazlar mexanikasi fanidan amaliy mashg'ulot va mustaqil ish topshiriqlarini bajarishga oid bo'lib, u fizika-matematika fakultetining mexanika bo'limi bakalavr talabalari uchun o'quv rejasi asosida tuzilgan. Uslubiy qo'llanma mutaxassislikning magistr'lari, aspirantlari hamda ilmiy tadqiqotchilari ham foydalanishlari uchun qulay qilib yozilgan. Unda keltirilgan ba'zi amaliyot mashg'uloti va mustaqil ishi topshiriqlarini bajarishda bevosita zamonaviy kompyuterlardan foydalanish ham mumkin.

Uslubiy qo'llanma mexanika mutaxassisligi talabalariga suyuqlik va gazlar mexanikasi fanini mukammal o'rganishlarida, ularning mustaqil bilim va ilmiy izlanish ko'nikmalarini hosil qilishlarida yaqindan yordam beradi.

Mas'ul muharrir: texnika fanlari doktori,
professor **Xudoynazarov X.X.**

Taqrizchilar : fizika-matematika fanlari doktori,
professor **Akilov J.A.,**
fizika-matematika fanlari doktori,
professor **Xo'jayorov B.X.**

KIRISH

Suyuqlik va gazlar mexanikasi (SGM) – bu suyuqlik va gazlarning tinch holati va harakatidagi qonuniyatlarini o‘rganuvchi fan. «Gidro» deganda suv tushiniladi, umuman olganda esa bu suyuqlik. «Aero» deganda havo tushiniladi, umuman olganda esa bu gaz. Shuning uchun amaliyotdagi suyuqlik va gazlarga aloqador ko‘plab masalalar suv va havo bilan bog‘liq holda o‘rganiladi.

Ushbu fandan amaliyot mashg‘ulotlari va mustaqil ish topshiriqlarini bajarishdan avval shu fanga aloqador fizik-mexanik xarakteristikalariga oid jadvallar, atamalar izohi, masalalarni yechish ketma-ketligi, ulardan kelib chiqadigan xulosalar bilan yaqindan tanishish zarur. Bu ishlarni bajarishda talabaga ko‘mak bolishi maqsadida quyida har bir bo‘limga taalluqli amaliyot va kompyuter mashg‘uloti, mustaqil ish topshirig‘idan oldin qisqacha nazariy ma‘lumotlar, namunaviy masalaning yechimi, kengroq nazariy ma‘lumotlar olishda foydalanishga oid adabiyotlar hamda sinov savollari va o‘z-o‘zini tekshirish uchun testlar keltirib o‘tilgan. SGM fanidan talabaning mustaqil ta‘lim olishiga yordam beruvchi namunaviy kurs ishlari (loyihalari) mavzulari va adabiyotlar tavsiya etilgan. Talabaning mustaqil izlanish olib borgan holda kutubxonada va internet tizimi saytlarida shu mavzularga oid manbalardan kengroq foydalanishni maslahat beramiz.

Mustaqil ish topshirig‘i hisobotining birinchi varag‘i umumiy talab asosida yoziladi: fakultet; bo‘lim; guruh; mustaqil ish; ish mavzusi; variant №; bajaruvchining f.i.sh; qabul qiluvchi o‘qituvchining f.i.sh.; o‘quv yili. Ikkinchi sahifadan boshlab esa masalaning yechimi yoki mustaqil ish topshirig‘ini quyidagi ketma-ketlikda bajarishni tavsiya qilamiz: qisqacha nazariy ma‘lumotlar; asosiy hisob formulalari; hisob jarayoni (zarur bo‘lganda shakllar bilan); natijalarning o‘lchovli javobi; xulosa; adabiyotlar.

1. SUYUQLIKNING FIZIK XOSSALARI

Reja:

1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (zichlik, solishtirma og'irlik, qovushoqlik).
2. Namunaviy masalalar va ularning yechimlari.
3. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari.
4. Mustaqil ish topshiriqlari.
5. Testlar.

Darsning o'quv va tarbiyaviy maqsadi: Talabalarga suyuqliklarning eng muhim fizik xossalari haqida tushuncha berish, ularda erkin fikrlash, asosiy hisob formulalaridan to'g'ri foydalanish, amallarni to'g'ri bajarish, xususiy hollarni chiqarish va ularni masalalar yechishda qo'llay bilish ko'nikmalarini hosil qilish.

Tayanch iboralar: suyuqlik xossalari; zichlik; massa; hajm; og'irlik; solishtirma og'irlik; dinamik va kinematik qovushoqlik; birliklar; temperatura.

Dars o'tish vositalari: sinf doskasi, plakatlar, fundamental fan darsliklari, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, tarixiy ma'lumotlar, matematik-fizik va mexanik atamalar lug'at va izohli lug'at va kompyuterdan samarali foydalaniladi.

Dars o'tish usullari: takrorlash, suhbat va savol-javob hamda munozara (mavzuni o'zlashtirishni mustahkamlash) tarzida jonli muloqot o'tkaziladi (talabaning mustaqil, erkin fikrlash va so'zlashishga o'rgatgan holda fikr mulohazalarini bayon qildirish, buning uchun har bir talabaga o'tilgan mavzular, tayanch iboralardan savollar tashlanadi, ular o'z fikrini bayon qiladi, hamma o'quvchi javobni bayon qilib bo'gandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); tarqatma materiallar asosida masalalar yechiladi (misol va masalalar yozilgan tarqatmalar har bir talabaga

beriladi, doskaga esa 2-3 ta talaba bo'lib 2-3 ta misol yoki masala yechishadi, talabalar o'zlariga berilgan tarqatma misol va masalalarni yechishadi; hamma talaba masala javobini topgandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); iboralarga izohlar beriladi.

Darsning mazmuni:

Suyuqlik deb ikkita alohida xususiyatga ega bo'lgan fizik jismga aytiladi: yetarlicha kishik kuch ta'sirida ham o'z hajmini keskin o'zgartiruvchan va oquvchan, yengil qo'zg'aluvchan. Boshqacha aytganda, suyuqliklar – bu molekulari betartib joylashgan, vaqti-vaqti bilan bir muvozanat holatdan boshqasiga sakrab o'tib turadigan moddalar. Suyuqlikning eng muhim mexanik xarakteristikalari bu uning zichligi, solishtirma og'irligi va qovushoqligi.

1.1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari

Zichlik (ρ) – bu suyuqlik birlik hajmining massasi (kg/m^3):

$$\rho = m/V,$$

bunda m – massa (kg); V – hajm (m^3). Suv zichligining temperaturadan bog'liqligi sezilarsiz. Ko'plab gidrodinamik hisob jarayonlarida suyuqlikning siqiluvchanlik va temperaturaviy kengayishini hisobga olinmaydi, masalan, $+4\text{ }^{\circ}C$ da suvning zichligi $1000\text{ }kg/m^3$ deb qabul qilinadi.

Solishtirma og'irlilik (γ) – bu suyuqlik birlik hajmining og'irligi (N/m^3):

$$\gamma = G/V,$$

bunda G – og'irlilik (og'irlilik kuchi, N); V – hajm (m^3).

Solishtirma og'irlilik va zichlik erkin tushish tezlanishi (suv uchun $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ da $g = 9810\text{ N/m}^3 = 9,81\text{ m/s}^2 \approx 10\text{ m/s}^2$) orqali o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$\gamma = \rho g.$$

Qovushoqlik – bu suyuqlikning harakati paytida uning zarrachalari o'zaro siljigandagi qarshilikdan kelib chiqadigan ichki ishqalanishini namoyon qiluvchi xossasi. Suyuqliklardagi ishqalanishni qattiq jismlardagi siljish yoki qirqish bilan taqqoslash mumkin. Tinch turgan suyuqlik o'zining qovushoqligini namoyon qilmaydi, unda faqat normal kuchlanishlarga namoyon bo'ladi. Miqdor jihatidan qovushoqlik o'zaro bir-biriga juda sodda almashinuvchan dinamik va kinematik qovushoqliklar orqali ifodalanadi.

Dinamik qovushoqlik (μ): SI birliklar sistemasida $\text{Pa}\cdot\text{s} = \text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$; SGS birliklar sistemasida Puaz (Pz) , masalan $1\text{ Pa}\cdot\text{s} = 10\text{ Pz}$.

Kinematik qovushoqlik (ν): $\nu = \mu / \rho$, m^2/s .

Temperaturaning oshishi bilan qovushoqlikning kamayishi barcha suyuqliklarga xos. Ammo katta bosimlarda bosimning oshishi bilan suyuqlikning qovushoqligi tez oshadi. Bu hodisa faollashuv energiyasining o'shishi va relaksatsiya vaqtining mos kattalashishidan bog'liq. Shuning uchun, suyuqlikning qovushoqligi uning jinsidan, temperaturasidan va bosimidan bog'liq.

1.2. Namunaviy masalalar va ularning yechimi

1-masala. A) Benzinning solishtirma og'irligi $\gamma = 7063\text{ N/m}^3$. Uning zichligini aniqlang. B) Dizel yog'ining zichligi $\rho = 878\text{ kg/m}^3$. Uning solishtirma og'irligini aniqlang. $g = 9,81\text{ m/s}^2$ – erkin tushish tezlanishi.

Yechish: A) $\rho = \gamma / g = 7063 / 9,81 = 720\text{ kg/m}^3$.

B) $\gamma = \rho \cdot g = 878 \cdot 9,81 = 8613\text{ N/m}^3$.

2-masala. Diametri $d = 100 \text{ mm}$ li mis sharning havodagi og'irligi $45,7 \text{ N}$, suyuqlikka tushirilgandagisi esa $40,6 \text{ N}$. Suyuqlikning zichligini aniqlang

Yechish: Siqib chiqarilgan suyuqlikning V hajmini va G og'irligini aniqlaylik:

$$G = G_h - G_s; \quad G = 45,7 - 40,6 = 5,1 \text{ H};$$

$$C = p_0 + \rho g z_0; \quad V = \pi d^3 / 6 = 3,14 \cdot 0,1^3 / 6 = 0,523 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Endi suyuqlikning zichligini topaylik:

$$\rho = G / (gV) = 5,1 / (9,81 \cdot 0,523 \cdot 10^{-3}) \approx 994 \text{ kg/m}^3.$$

3-masala. Diametri $d = 500 \text{ mm}$ va uzunligi $L = 1000 \text{ m}$ suv quvuri temperaturasi 4°C li 400 kPa bosimdagi suv bilan to'ldirilgan. Agar quvurdagi suvning 15°C temperaturagacha isitilishida suvning hajmiy siqilish koeffisienti $\beta_V = 5,18 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$ va temperaturaviy kengayish koeffisienti $\beta_t = 150 \cdot 10^{-6} (^\circ\text{C})^{-1}$ bo'lsa, u holda, quvur devorining deformatsiyalanishi va kengayishini hisobga olmagan holda suv quvuridagi bosimni aniqlang.

Yechish: Avvalo quvurdagi $t = 5^\circ\text{C}$ li suvning hajmini aniqlaylik:

$$V = 0,785 \cdot d^2 \cdot L = 0,785 \cdot 0,5^2 \cdot 1000 = 196,25 \text{ m}^3.$$

Temperaturaning o'zgarishi natijasida hajmning ΔV ortishini topamiz:

$$\Delta V = V \cdot \Delta t \cdot \beta_t = 196,25 \cdot 10 \cdot 150 \cdot 10^{-6} = 0,29 \text{ m}^3.$$

Suv hajmining ortishi bilan bog'liq bosim orttirmasini topamiz:

$$\Delta p = \frac{\Delta V}{V \beta_V} = 0,29 / (196,25 \cdot 5,18 \cdot 10^{-10}) = 2850 \text{ kPa}.$$

Temperatura oshgandan keyingi quvurdagi bosim:

$$p = 400 \text{ kPa} + 2850 \text{ kPa} = 3250 \text{ kPa} = 3,25 \text{ MPa}.$$

4-masala. Engler viskozimetri bo'yicha aniqlangan neftning qovushoqligi $8,5^\circ\text{E}$. Agar neftning zichligi $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, u holda uning dinamik qovushoqligini aniqlang.

Yechish: Ubellod formulasi bo'yicha kinematik qovushoqlikni topamiz:

$$\nu = \left(0,0731 \cdot {}^0E - \frac{0,0631}{{}^0E} \right) \cdot 10^{-4} =$$

$$= (0,0731 \cdot 8,5 - 0,0631 / 8,5) \cdot 10^{-4} = 6,14 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} .$$

Neftning dinamik qovushoqligini topamiz:

$$\mu = \nu \cdot \rho = 0,614 \cdot 10^{-4} \cdot 850 = 0,052 \text{ Pa} \cdot \text{s} .$$

5-masala. Agar zichligi $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$ bo'lgan ebonitdan tayorlangan $d = 2 \text{ mm}$ diametrli sharcha $u = 0,33 \text{ m/s}$ o'zgarmas tezlik bilan suvda tushayotgan bo'lsa, u holda zichligi $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ bo'lgan shu suvning dinamik va kinematik qovushoqligini aniqlang.

Yechish: Sharchaning suyuqlikda o'zgarmas tezlik bilan harakatlanishida qarshilik kuchi shu sharchaning og'irligiga teng bo'ladi.

Qarshilik kuchi Stoks formulasidan aniqlanadi:

$$F = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot u \cdot d .$$

Sharchaning og'irligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$G = \rho \cdot g \cdot \pi \cdot d^3 / 6 .$$

Aytilganlarga ko'ra $F = G$ ekanligidan

$$\rho \cdot g \cdot \pi \cdot d^3 / 6 = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot u \cdot d .$$

Dinamik qovushoqlik koeffisienti:

$$\mu = \frac{\rho \cdot g \cdot d^2}{18 \cdot u} = 1200 \cdot 9,81 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2 / (18 \cdot 0,33) = 0,008 \text{ Pa} \cdot \text{s} .$$

Kinematik qovushoqlik koeffisienti:

$$\nu = \mu / \rho = 0,008 / 1000 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} .$$

6-masala. Yong'inga qarshi suv ta'minoti tizimining gidravlik sinovida 10 minut ichida bosim $\Delta p = 4,97104 \text{ Pa}$ ga tushadi. Hajmi $V = 80 \text{ m}^3$ li tizimning sinovdagi ΔV mumkin bo'lgan oqib chiqish hajmini aniqlang. Hajmiy siqilish koeffisienti $\beta_t = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$.

Yechish: ΔV mumkin bo'lgan oqib chiqish hajmi quyidagicha formulaga ko'ra hisoblanadi:

$$\Delta V = V \cdot \Delta p \cdot \beta_t = 80 \cdot 4,9 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-10} = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

1.3. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari

1. Neftning zichligi ρ (kg/m^3) ga teng. Uning SI birliklar sistemasidagi γ (kN/m^3) solishtirma ogirligini toping. Og'irligi G (kN) ga teng neft qanday hajmni egallashini hisoblang.

Boshlangich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
ρ (kg/m^3)	700	750	800	850	900
G (kN)	80	90	100	110	120

2. Suyuqlikning kinematik qovushoqligi ν (sm^2/sek). Agar uning solishtirma og'irligi γ (kN/m^3) bo'lsa, u holda uning SI birliklar sistemasidagi dinamik qovushoqligi μ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) ni toping.

Boshlangich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
ν (sm^2/sek)	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32
γ (kN/m^3)	6,87	7,36	7,85	8,34	8,83

3. Idishning hajmi V (litr). Agar uni to'ldirib turgan suyuqlikning zichligi ρ (kg/m^3) bo'lsa, u holda uning og'irligi G (kN) qancha? Idishning sof ogirligi $2 \text{ kg}\cdot\text{k}$. Javobni SI birliklar sistemasida bering.

Boshlangich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
V (litr)	10	20	30	40	50
ρ (kg/m^3)	800	850	900	950	1000

1.4. Mustaqil ish topshiriqlari (Kompyuterda bajariladigan topshiriqlar)

1. To'yingan bug' bosimidagi suv uchun ν , α , Pr parametrlarning temperaturadan bog'liqlik grafigini [4] dagi 2.2-jadval qiymatlariga asoslanib chizing. Hosil bo'lgan egri chiziqlarni izohlang.
2. Ideal suyuqlik uchun ushbu: $(P + B)/(P_0 + B) = (\rho / \rho_0)^\chi$ holat (Teta) tenglamasidan va [4] dagi 2.2-jadval qiymatlaridan foydalanib, hamda suv uchun $B = 298.6 \text{ MPa}$; $\rho_0 = 1000 \text{ kg/m}^3$; $P_0 = 0.1 \text{ MPa}$; $\chi = 7.15$ ekanligidan bosimning zichlikdan bog'liq grafigini chizing va natijalarni izohlang.
3. Suv uchun keltirilgan [4] dagi 2.6-jadvalga ko'ra kinematik qovushoqlik qiymatlaridan foydalanib, uning boshqa xossalarini toping va ularni grafik shaklida tasvirlang.

1.5. Testlar

1. Agar suyuqlikning $\rho = 850 \text{ kg / m}^3$ - zichligi; $\mu = 0.0008 \text{ Pa} \cdot \text{sek}$ – dinamik qovushoqlik koeffisienti bo'lsa, u holda uning kinematik qovushoqlik koeffisienti $\nu = \dots \text{ m}^2 / \text{s}$?
A) $1.0 \cdot 10^{-7}$; B) $6.0 \cdot 10^{-7}$; C) $8.0 \cdot 10^{-7}$; D) $9.0 \cdot 10^{-7}$.
2. Solishtirma og'irlikni hisoblash formulasi – bu:
A) $\gamma = G V$; B) $\gamma = \rho g$; C) $\gamma = V / G$; D) $\gamma = \rho / g$.
3. Katta bo'lmagan bosimlarda temperaturaning oshishi bilan suyuqliklarning qovushoqligi ... ?
A) kamayadi; B) oshadi; C) o'zgarmaydi; D) aniqlab bo'lmaydi.
4. Qaysi suyuqlikning zichligi eng katta?
A) suv; B) kerosin; C) glitserin; D) neft
5. Urinma kuchlanish uchun Nyuton formulasi – bu:
A) $\tau = \mu \frac{du}{dn}$; B) $\tau = \nu \frac{du}{dn}$; C) $\tau = \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta T$; D) $\tau = \nu \cdot \rho$.
6. Agar suyuqlikning tezlik gradiyenti $\frac{\partial u}{\partial n} = 10^8 \text{ sek}^{-1}$ va dinamik qovushoqlik koeffisiyenti $\mu = 0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ bo'lsa u holda undagi urinma kuchlanish $\tau = \dots \text{ Pa}$?

- A) 1000 000 ; B) 100 000 ; C) 10^{11} ; D) 10^{10}
7. Agar suyuqlikning $\tau = 90\,000\text{ Pa}$ - urinma kuchlanishi; $\mu = 0.018\text{ Pa}\cdot\text{s}$ – dinamik qovushoqlik koeffitsienti bo'lsa, u holda suyuqlikning tezlik gradienti $\frac{\partial u}{\partial n} = \dots \text{sek}^{-1}$?
- A) 1620; B) 500 000; C) 16200; D) 5 000 000.

Sinov savollari

1. Suyuqlik va gazning eng muhim xossalari ayting. Suyuqlik gaz va qattiq jismdan nimasi bilan farq qiladi?
2. Bosim, zichlik, temperatura va solishtirma og'irlik deb nimaga aytiladi? Numa uchun suyuqlik zichligi qattiq jism zichligiga yaqin bo'lsada u xuddi gaz kabi osongina harakatga keladi?
3. Nima sababdan suyuqlikning qovushoqligi paydo bo'ladi va u nimada namoyon bo'ladi? Bu qovushoqlik nima uchun dinamik qovushoqlik deb ataladi?
4. Kinematik qovushoqlik nima?
5. Mexanik parametrlar (masalan, qovushoqlik, bosim, zichlik, temperatura va hokazo) o'rtasidagi o'zaro bog'lanishni qanday izohlaysiz?
6. Nima uchun temperatura oshishi bilan gazlarning qovushoqligi oshadi, suyuqliklarning qovushoqligi kamayadi?
7. Suv va havoning xossalari haqida nimalarni bilasiz?
8. Nyuton va nonyuton suyuqliklar nima?

Adabiyotlar

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 2003. – 904 с.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В двух томах.- М.: Наука, 1983, 1984.
3. Чертов А.Г. Физические величины (Терминология, определения, обозначения, размерности, единицы). Справ. пособие. – М.: Высш. шк., 1990. – 335 с.
4. Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi. Kinematika. Uslubiy qo'llanma.–Samarqand: SamDU nashri, 2005.–154 b.

2. GIDROSTATIKA

Gidrostatika – bu suyuqlik va gazlar mexanikasi fanining suyuqlikning muvozanati va sokin holatidagi suyuqlikning unga botirilgan jismga ta'siri qonuniyatlarini o'rganuvchi bo'limi. Gidrostatikaning asosiy qonunlari: tutash idishlar qonuni; Arximed qonuni; Paskal qonuni; jismning suzish sharti.

2.1. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi

Reja:

1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (suyuqlik va gazlarning gidrostatik xossalari, kuchlar, gidrostatik bosim, gidrostatikaning asosiy tenglamasi, bosim o'lchagich asboblari).
2. Namunaviy masala va ularning yechimi.
3. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari.
4. Testlar.

Darsning o'quv va tarbiyaviy maqsadi: Talabalarga suyuqliklarning eng muhim fizik xossalari, gidrostatikaning asosiy tenglamasi, gidrostatik bosim va bosim o'lchagich asboblari haqida tushuncha berish, ularda erkin fikrlash, asosiy hisob formulalaridan to'g'ri foydalanish, amallarni to'g'ri bajarish, xususiy hollarni chiqarish va ularni masalalar yechishda qo'llay bilish ko'nikmalarini hosil qilish.

Tayanch iboralar: suyuqlik; gidrostatik xossalari; sirt va massaviy kuchlar; gidrostatik bosim; gidrostatikaning asosiy tenglamasi; bosim; manometr; barometr; vakuummetr; ochiq va yopiq idishlar.

Dars o'tish vositalari: sinf doskasi, plakatlar, fundamental fan darsliklari, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, tarixiy ma'lumotlar, matematik-fizik va mexanik atamalar lug'at va izohli lug'at va kompyuterdan samarali foydalaniladi.

Dars o'tish usullari: takrorlash, suhbat va savol-javob hamda munozara (mavzuni o'zlashtirishni mustahkamlash) tarzida jonli muloqot o'tkaziladi (talabaning mustaqil, erkin fikrlash va so'zlashishga o'rgatgan holda fikr mulohazalarini bayon qildirish, buning uchun har bir talabaga o'tilgan mavzular, tayanch iboralardan savollar tashlanadi, ular o'z fikrini bayon qiladi, hamma o'quvchi javobni bayon qilib bo'gandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); tarqatma materiallar asosida masalalar yechiladi (misol va masalalar yozilgan tarqatmalar har bir talabaga beriladi, doskaga esa 2-3 ta talaba bo'lib 2-3 ta misol yoki masala yechishadi, talabalar o'zlariga berilgan tarqatma misol va masalalarni yechishadi; hamma talaba masala javobini topgandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); iboralarga izohlar beriladi.

Darsning mazmuni:

2.1.1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari

Suyuqlik va gazlarning gidrostatik xossalari o'zining molekulyar tuzilishiga ko'ra qattiq jismlar xossalaridan keskin farq qiladi. Gazlar o'zini saqlayotgan idish shaklida bo'ladi. Yetarlicha kichik ta'sir kuchi yordamida suyuqlikning hajmini o'zgartirmasdan uning shaklini o'zgartirish mumkin. Og'irlik kuchi maydonidagi suyuqlik uni saqlayotgan idish shaklida bo'ladi. Sokin suyuqlikning sathi (gazlardan farqli), uni saqlayotgan idishning shaklidan qat'iy nazar, ogirlik kuchi ta'siri yo'nalishiga perpendikulyar bo'ladi.

Sokin suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlarni sirt va massaviy kuchlarga ajratish mumkin. Sirt kuchlari deb

suyuqlikning boshqa muhit bilan tutash sirtida suyuqlik zarrachalariga qo'yilgan kuchlar (idish devorining reaksiyasi, porshenning bosim kuchi, gazning erkin sirtga berayotgan bosimi) tushiniladi. Massaviy kuchlar (og'irlik kuchi, inertsia kuchi, markazdan qochma kuch) suyuqlik hajmining barcha zarrachalariga ta'sir etadi va ular har bir zarrachaning massasiga proporsional.

Ba'zi masalalarda og'irlik kuchidan tashqari sirt taranglik kuchi ham muhim ahamiyatga ega. Suyuqlikning har bir zarrachasi uni o'rab turgan qo'shni zarrachalar bilan tortishadi. Suyuqlikning erkin sirtida joylashgan zarrachalar esa boshqacha shartda turadi. Havо tarafdаn tortishish kuchini sirt taranglik kuchi almashtiradi. Sirt taranglik kuchi – bu suyuqlik sirtini chegaralab turgan chiziqqa perpendikulyar ravishda bu sirt bo'ylab ta'sir etadigan va bu sirtни eng kichik bo'lguncha qisqartirishga intiladigan kuch. Masalan, gaz pufakchasidagi bosim ana shu kuch hisobiga saqlanadi.

Gidrostatikaning asosiy tushunchalari bu bosim (p) va napor (H) tushunchalaridir.

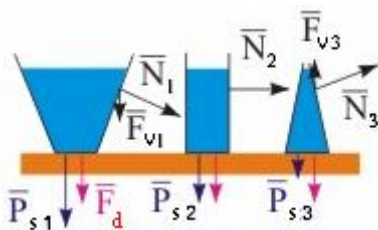
Gidrostatik bosim – bu birlik yuzaga ta'sir etayotgan kuch bo'lib, u skalyar miqdor va suyuqlikning kuchlanganlik holatini ifodalaydi. Bosim nuqtadagi normal kuchlanishning moduliga teng: $p = |\sigma|$.

Gidrostatik bosimning ikkita xossasi bor: qattiq jism bilan tutashgan tinch holatdagi suyuqlikning bosimi tutash sirtga perpendikulyar yo'nalgan kuchlanishni yuzaga keltiradi; suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosim hamma yo'nalishlarda bir xil bo'ladi. Bu xossa bosimning skalyarligini aks ettiradi.

Bosim SI birliklar sistemasida *Paskal* (Pa) bilan o'lchanadi: $Pa = N/m^2$. Har xil birliklar sistemasida bosimning birliklari orasidagi bog'lanish quyidagicha:

$$100000 Pa = 0,1 MPa = 1 kg \cdot k/sm^2 = 1 atm = 10 m suv ustuni.$$

Shuni ta'kidlash lozimki, suyuqlik ustunining idish tubiga bosuvchi kuchi (F_d) idish tubining yuzasidan va suyuqlik ustuni balandligidan bog'liq, ammo idishning shaklidan bog'liq emas, u suyuqlik og'irligi (p_s) dan farq qiladi (2.1-rasm). Bunday hodisa *gidrostatik paradoks* deb ataladi. Bu shunday izohlanadi: agar idishning devori qiya bo'lsa, u holda shu devor sirtiga ta'sir etuvchi suyuqlik yon bosimi (N)ning vertikal tashkil etuvchisi F_d kuch mavjud. Agar idish devori pastga qisqarib borsa, u holda bu F_d kuch yuqoriga, aksincha u pastga yo'nalgan bo'ladi.



2.1-rasm. Gidrostatik paradoks sxemasi.

Gidrostatkaning asosiy tenglamasi – bu tinch turgan suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi gidrostatik bosimning

miqdorini aniqlashga imkon beruvchi quyidagi tenglama:

$$p = p_0 + \rho gh.$$

Boshqacha aytganda, *suyuqlikning to'la bosimi* (p) suyuqlikka ta'sir etayotgan tashqi bosim (p_0) va suyuqlik ustuni og'irligi bosimi (p_s) yig'indisidan iborat, ya'ni

$$p = p_0 + p_s = p_0 + \gamma h,$$

bunda h – bosimi hisoblanayotgan suyuqlik nuqtasidan uning sathigacha bo'lgan masofa (shu nuqtaning chuqurligi). Tenglamadan ko'rinadiki, chuqurlik oshishi bilan suyuqlikning bosimi oshib boradi va u chiziqli o'zgaradi (2.2,a-rasm).

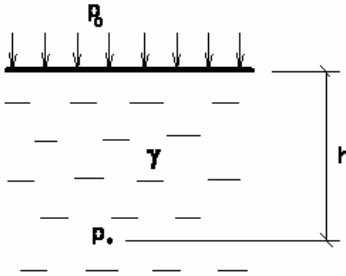
Xususan, ochiq rezervuar uchun suyuqlik sathida havo bilan tutash bo'lganligi uchun suyuqlikka ta'sir etayotgan tashqi bosim atmosfera bosimiga teng, boshqacha aytganda, *ochiq idish uchun muvozanat sharti* kuzatiladi (2.2,b-rasm), ya'ni

$$p_0 = p_{atm} = 101325 \text{ Pa} \approx 1 \text{ atm}.$$

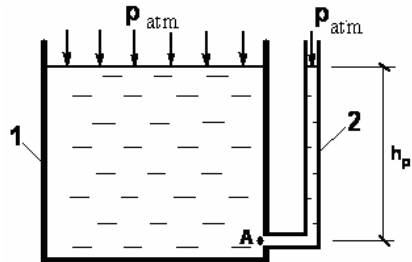
Bunday holda gidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$p = p_{atm} + \gamma h.$$

Ochiq rezervuarlar – bu atmosfera bilan tutashgan baklar, sig‘imlar, ariqlar, zovurlar, suv havzalari va hokazo.



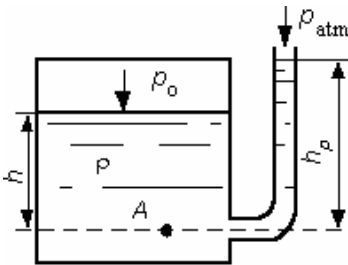
2.2,a-rasm. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi uchun sxema.



2.2,b-rasm. Bosimni o‘lchash: 1- ochiq rezervuar; 2- pyezometr

Ortiqcha (manometrik) bosim to‘la va atmosfera bosimlari farqiga teng: $p_{ort} = p_{man.} = p - p_{atm} = \gamma h.$

Yopiq rezervuar uchun p_0 bosim p_{atm} bosimdan katta bo‘lgan holdagi muvozanar shartini qaraylik (2.3-rasm).



2.3-rasm. Yopiq idish uchun muvozanat sharti

A nuqtadagi bosim: $p_A = p_0 + \rho gh$

. Ochiq pyezometr tarafidan esa

$$p_A = p_{atm.} + \rho gh_p.$$

Bulardan $p_{atm.} + \rho gh_p = p_0 + \rho gh$ tenglikka ko‘ra h_p pyezometrik

balandlikni topamiz:

$$h_p = (p_0 - p_{atm.}) / (\rho g) + h.$$

Bosimni o‘lchagich asboblari – bu pyezometrlar; manometrlar; vakuummetrlar. Pyezometrlar va manometrlar

yordamida ortiqcha (manometrik) bosimlar o'lchanadi, ya'ni suyuqlikning to'la bosimi bir atmosfera bosimi ($p = 1 \text{ kg} \cdot \text{K} / \text{sm}^2 = 0,1 \text{ MPa}$) dan katta bo'lganda bu asboblarda ishlaydi va ular atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan bosimni ko'rsatadi. Suyuqlikdagi to'la bosim (p) ni hisoblash uchun manometrik bosim ($p_{man.}$) ga barometrdan olingan atmosfera bosimi ($p_{atm.}$) ni qo'shish kerak. Umuman olganda, gidrostatik hisob jarayonlarida atmosfera bosimi o'zgarish deb hisoblanadi, ya'ni $p_{atm} = 101325 \text{ Pa} \approx 100000 \text{ Pa} \approx 1 \text{ atm}$.

- *Pyezometr* odatda verkikal shisha quvurcha bo'lib, uning pastki qismi bosimi o'lchanayotgan suyuqlik nuqtasi bilan tutashgan bo'ladi (masalan, 3-rasmdagi A nuqta), yuqori qismi esa atmosferaga ochiq. Pyezometrdagi suyuqlik ustuni balandligi (h_p , m) shu asbobning ko'rsatgichi hisoblanadi va pyezometrik balandlik (pyezometrik napor) ortiqcha bosim (p_{ort}) bilan quyidagicha bog'langan:

$$p_{ort} = \gamma h_p$$

Yuqorida ta'kidlangan pyezometrlar asosan laboratoriya tadqiqotlarida qo'llaniladi. Ularning eng katta balandlik o'lchovi 5 metrdan oshmaydi, ammo ularning manometrlardan ustunligi shundaki, oraliq uzatish mexanizmsiz suyuqlik ustunining pyezometrik balandligi yordamida bosimni to'g'ridan-to'g'ri o'lchash imkonini beradi.

Pyezometr sifatida ixtiyoriy suvli quduq, handak, chuqurlik ishlatilishi mumkin yoki hatto ixtiyoriy ochiq rezervuardagi suv chuqurligini o'lchash bizga pyezometrik balandlik h_p ning qiymatini beradi.

- *Manometrlar* asosan mexanik asbob sifatida qo'llaniladi. Barcha manometrlar to'la bosimni emas, balki ortiqcha bosimni o'lchaydi:

$$p_{ort} = p_{man.} = p - p_{atm.}$$

Manometrlarning pyezometrlardan ustunligi ularning keng qamrovli o'lchovga ega ekanligida, ammo ularning kam-

chiligi ko'rsatgichini tekshirishni talab qilishida. Zamonaviy manometrlar SI birliklar sistemasida MPa , kPa shkala birliklarida o'lchaydi. Eski manometrlar esa SGS sistemasida $kg \cdot k/sm^2$ shkala birligida o'lchaydi, uning qulayligi esa bu shkala birligining bir atmosfera birligiga tengligida. Ixtiyoriy manometerning nol shkalasi bir atmosferaga teng to'la bosimga mos keladi.

- *Vakuummetr* tashqi ko'rinishidan manometrni eslatadi, ammo u bir atmosferagacha bo'lgan suyuqlik to'la bosimi miqdorini ko'rsatadi. Suyuqlikdagi vakuum bu bo'shliq emas, balki suyuqlikning shunday holatiki, bunda undagi to'la bosim atmosfera bosimidan vakuummetr o'lchaydigan p_v miqdorga farq qiladi. Aniqroq aytganda, vakuum – bu atmosfera bosimidan kam bosim. Asbob ko'rsatadigan vakuummetrik bosim (p_v) to'la va atmosfera bosimlari bilan quyidagicha bog'langan:

$$p_v = p_{atm.} - p.$$

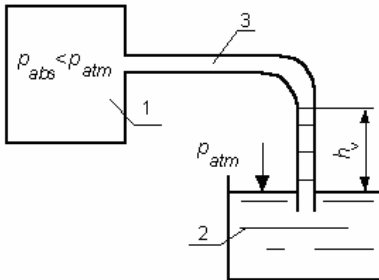
Shuning uchun p_v ning qiymati 1 *atm* dan katta bo'lishi mumkin emas, ya'ni uning chegaraviy eng katta qiymati $p_v \approx 100000 Pa$, chunki to'la bosim absolyut noldan kichik bo'lishi mumkin emas. Demak ortiqcha bosim vakuum bosim deb ataluvchi manfiy bosim bo'lishi mumkin: $p_v = - p_{ort.}$ Markazdan qochma nasoslar quvurchasining so'rishida, silindrik o'tkazuvchan kiygizgich (nasadka)dan oqayotgan suyuqlik oqimida, qozonxona-vakuumba suyuqlikning qism sohasida atmosferadan kam bosim hosil bo'ladi, ya'ni vakuum sohasi paydo bo'ladi. Bunday holda

$$p_{ort.} = p_{abs.} - p_{atm.}; \quad p_v = - (p_{abs.} - p_{atm.}) = p_{atm.} - p_{abs.}.$$

Vakuummetrik balandlikni izohlaylik. Buning uchun 2.4-rasmda tasvirlangandek idishlarni olamiz, bunda 1-idishning absolyut bosimi atmosvera bosimidan kam, suv solingan 2-idish esa 1-chisi bilan 3-naycha orqali ulangan. 2-ochiq idishning suv sathiga atmosfera bosimi ta'sir etmoqda. 1-

idishning bosimi atmosfera bosimidan past bo'lgani uchun 3-naycha orqali suv ma'lum balandlikka ko'tariladi va ana shu balandlik *vakuummatrik balandlik* (h_v) deb ataladi. Uning qiymati muvozanat shartidan topiladi:

$$p_{atm} = p_{abs.} + \rho g h_v ; \quad h_v = (p_{atm} - p_{abs}) / (\rho g).$$



2.4-rasm. Vakuummatrik balandlik.

Shuning uchun, yuqorida ta'kidlaganimizdek, vakuummatrik bosimning maksimal qiymati 98,1 kPa yoki 10 m vakuum ustun bo'lishi mumkin, amaliyotda esa suyuqlikning bosimi to'yingan

bug' bosimidan past bo'lishi mumkin emas va bu 7-9 m vakuum ustun degani.

Shu asboblarning ko'rsatgichlaridan misollar keltiraylik:

- $h_p = 160$ sm suv ustuni ni ko'rsatayotgan pyezometr SI birliklar sistemasida quyidagiga mos keladi:
 $p_{ort.} = 16000$ Pa va $p = 100000 + 16000 = 116000$ Pa ;
- $p_{man.} = 2,5$ kg·k/sm² bosimni ko'rsatayotgan manometer $h_p = 25$ m suv ustuniga va SI birliklar sistemasidagi $p = 0,35$ MPa to'la bosimga mos keladi;
- $p_v = 0,04$ MPa bosimni ko'rsatayotgan vakuummeter atmosfera bosimining 60% ini tashkil etuvchi $p = 100000 - 40000 = 60000$ Pa to'la bosimga mos keladi.

2.1.2. Namunaviy masala va uning yechimi

Masala. Agar tashqi bosim texnik atmosfera, ya'ni $1 \text{ kg/sm}^2 = 10000 \text{ kG/m}^2 = 98100 \text{ N/m}^2$ ga teng va suyuqlik esa solishtirma og'irligi $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3 = 9810 \text{ N/m}^2$ ga teng suv

bo'lsa, u holda p'ezometrik balandlik (yoki p'ezometrik napor) ni toping.

Yechish. Ma'lumki, $h = p_0 / \gamma$ miqdor ham tashqi bosimdan va ham kotarilish naychasidan kuzatilayotgan suyuqlik turiga bog'liq. Shuning uchun u quyidagiga teng bo'ladi:

$$h = \frac{p_0}{\gamma} = \frac{10000}{1000} = \frac{98100}{9810} = 10 \text{ m suv ustuni.}$$

Agar suyuqlik simob ($\gamma = 13600 \text{ kG/m}^3 = 134000 \text{ N/m}^3$) bo'lsa, u holda

$$h = \frac{p_0}{\gamma} = \frac{10000}{13600} = \frac{98100}{134000} =$$

$$= 0.735 \text{ m simob ustuni} = 735 \text{ mm simob ustuni.}$$

Normal barotropik bosim ($p_0 = 1,033 \text{ kG/sm}^2 = 10330 \text{ kG/m}^2 = 101500 \text{ N/m}^2$) uchun mos natija quyidagicha bo'ladi:

$$h = p_0 / \gamma = 10.33 \text{ m suv ustuni}$$

va

$$h = p_0 / \gamma = 0,760 \text{ m} = 760 \text{ mm simob ustuni.}$$

2.1.3. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari

1. Suvga to'ldirilgan idishning h (m) chuqurligi uchun gidrostatik bosimni aniqlang.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
h, m	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7

2. Suvga to'ldirilgan idishning h (m) chuqurligidagi nuqtasi uchun to'la va ortiqcha bosimni aniqlang.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
h, m	3	5	6	8	10

2.1.4. Testlar

1. Vakuummetrik bosim – bu:
A) yetishmovchi bosim; B) P_a da o'lganuvchi bosim;
C) atmosferaga yetishmovchi bosim;
D) suyuqlik sathiga qo'yilgan bosimga nisbatan ortiqcha bosim.
2. Hidrostatikaning asosiy qonuni – bu:
A) $p = \rho \cdot g \cdot h$; B) $p = p_0 - \rho \cdot g \cdot h$;
C) $p = p_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$; D) $p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$.
3. 0.1 MPa bosimga mos keluvchi suv ustuni balandligi ... m .
A) 1000 ; B) 1 ; C) 10 ; D) 0.1 .
4. 1 atm bosimga mos keluvchi simob ustuni balandligi ... m?
A) 790 ; B) 749 ; C) 735 ; D) 760 .
5. 1 bar bosimga mos keluvchi simob ustuni balandligi ... m ?
A) 790 ; B) 749 ; C) 735 ; D) 760 .
6. Hidrostatik bosimning skalyarlik xossasi – bu suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosim:
A) hamma yo'nalishlarda bir xil bo'ladi;
B) hamma yo'nalishlarda har xil bo'ladi;
C) uni aniqlab bo'lmaydi; D) to'g'ri javob ko'rsatilmagan.

Sinov savollari

1. Suyuqlik va gazlarning asosiy gidrostatik xossalarini ayting.
2. Hajmiy va sirt kuchlari nima? Misollar keltiring.
3. Hidrostatik bosim deb nimaga aytiladi?
4. Hidrostatik paradoks nima?
5. Hidrostatikaning asosiy tenglamasini ayting va izohlang.
6. Qanday bosim o'lgan asboblar bor? Ularning ishlash prinsiplarini va qo'llanilishini izohlang.
7. Pyezometrik va vakuummetrik balandlikni tushuntiring.

Adabiyotlar

1. Умаров А.Ю. Гидравлика. – Т.: «Ўзбекистон» нашри, 2002. – 462 б.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В двух томах.- М.: Наука, 1983, 1984.

2.2. Hidrostatikaning asosiy qonunlari

Reja:

1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (tutash idish qonuni, suyuqlik bosimining epyurasi, Arximed qonuni, Paskal qonuni, gidrostatik napor, suyuqlikning nisbiy sokinligi).
2. Namunaviy masalalar va ularning yechimlari.
3. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari
4. Mustaqil ish topshiriqlari.
5. Testlar.

Darsning o'quv va tarbiyaviy maqsadi: Talabalarga suyuqliklarning eng muhim gidrostatik qonunlari va ularning tadbiqlari haqida tushuncha berish, ularda erkin fikrlash, asosiy hisob formulalaridan to'g'ri foydalanish, amallarni to'g'ri bajarish, xususiy hollarni chiqarish va ularni masalalar yechishda qo'llay bilish ko'nikmalarini hosil qilish.

Tayanch iboralar: tutash idishlar; bosim; zichlik; suyuqlikning ko'tarilish balandligi; bosim epyurasi; tekis va egri sirtlar; Arximed qonuni; Arximed kuchi; solishtirma og'irlik; hajm; Paskal qonuni; kuch; yuza; gidrostatik napor; geometrik va pyezometrik napor; suyuqlikning nisbiy sokinligi; massaviy va sirt kuchlari; tekis parallel va aylanma harakatlar.

Dars o'tish vositalari: sinf doskasi, plakatlar, fundamental fan darsliklari, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, tarixiy ma'lumotlar, matematik-fizik va mexanik atamalar lug'at va izohli lug'at va kompyuterdan samarali foydalaniladi.

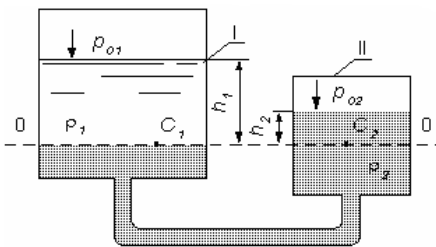
Dars o'tish usullari: takrorlash, suhbat va savol-javob hamda munozara (mavzuni o'zlashtirishni mustahkamlash) tarzida jonli muloqot o'tkaziladi (talabani mustaqil, erkin fikrlash va so'zlashishga o'rgatgan holda fikr mulohazalarini bayon qildirish, buning uchun har bir talabaga o'tilgan

mavzular, tayanch iboralardan savollar tashlanadi, ular o'z fikrini bayon qiladi, hamma o'quvchi javobni bayon qilib bo'gandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); tarqatma materiallar asosida masalalar yechiladi (misol va masalalar yozilgan tarqatmalar har bir talabaga beriladi, doskaga esa 2-3 ta talaba bo'lib 2-3 ta misol yoki masala yechishadi, talabalar o'zlariga berilgan tarqatma misol va masalalarni yechishadi; hamma talaba masala javobini topgandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); iboralarga izohlar beriladi.

Darsning mazmuni:

2.2.1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari

Tutash idishlardagi suyuqlikning muvozanat sharti (tutash idishlar qonuni). O'zaro aralashmaydigan har xil suyuqliklar bilan to'ldirilgan ikkita tutash idishlarni qaraylik (2.5-rasm).



2.5-rasm. Tutash idishlar sxemasi.

Idishlar yopiq, I va II idishlardagi suyuqliklar sathidagi p_{01} va p_{02} bosimlar har xil. O-O chiziq har xil jinsli suyuqliklarning bo'linish chizig'i. Shu O-O chiziq orqali o'tuvchi gorizont tekislik teng bosimli tekislik. Ana shu teng bosimli tekislikda yotuvchi C_1 va C_2 nuqtalardagi gidrostatik bosimlarni aniqlaylik. Gidrostatikaning asosiy tenglamasiga ko'ra

$$p_{C1} = p_{01} + \rho_1 g h_1 ; \quad p_{C2} = p_{02} + \rho_2 g h_2 ,$$

bunda h_1 va h_2 – suyuqliklarning I va II idishlarda O-O tekislikdan yuqori ko‘tarilish balandligi; ρ_1 va ρ_2 – suyuqliklarning zichliklari.

Ko‘rinib turibdiki, $p_{C1} = p_{C2}$ bo‘lganligi uchun

$$p_{01} + \rho_1 g h_1 = p_{02} + \rho_2 g h_2 \text{ yoki } p_{01} - p_{02} = \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1.$$

Bu oxirgi bog‘lanish tutash idishlardagi suyuqliklarning muvozanat shartini ifodalaydi va undan amaliy masalalarni yechishda foydalaniladi.



Tutash idishlar qonuni:

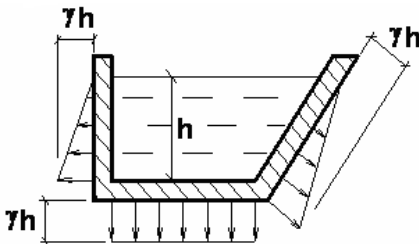
tutash idishlardagi zichligi bir jinsli suyuqlik bir xil sathga ega bo‘ladi (2.6-rasm).

2.6-rasm. Tutash idishlar.

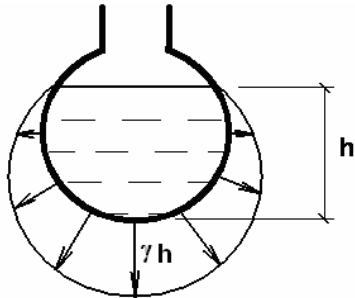
Suyuqlik bosimining epyurasi – bu u bilan tutash qattiq sirt bo‘ylab suyuqlik bosimi taqsimotining grafik tasviridir. Tekis va egri chiziqli sirtlar uchun epyuralar namunalari 2.7- va 2.8-rasmlarda tasvirlangan. Rasmdagi strelka bosimning ta’sir yo‘nalishini (to‘g‘riroq aytganda, bosimning ikkinchi xossasiga ko‘ra uning skalyar ekanligidan bosim ta’sirida paydo bo‘lgan normal kuchlanishlarning yo‘nalishini) ifodalaydi. Strelkaning miqdori (ordinatasi) masshtablarda tasvirlangan va bosimning miqdorini son jihatidan ko‘rsatadi.

Bosimning epyurasi suyuqlik bilan ta’sirlashayotgan qurilma (suzib yuruvchi basseyn, rezervuar, katta suv idishlari devori va hokazo) ning mustahkamligi va ustivorligini hisoblash uchun boshlang‘ich ma’lumot bo‘lib xizmat qiladi. Bunday hisoblar materiallar qarshiligi, qurilish mexanikasi, gidroelastiklik usullari bilan bajariladi. Ko‘pgina hollarda to‘la

bosim o'rniga ortiqcha bosimning epyurasi chiziladi, cheklovchi qurilmanining har ikkala tarafidagi atmosfera bosimlari o'zaro qisqarganligi sababli ular hisobga olinmaydi. Tekis va egri chiziqli sirtlar uchun bunday epyuralarni chizishda bosimning chuqurlikdan chiziqli bog'liqligini ifodalovchi ushbu $p_{ort} = \gamma h$ ifoda va gidrostatik bosimning birinchi xossasidan foydalaniladi.



2.7-rasm. Tekis sirtida suyuqlik bosimining epyurasi.



2.8-rasm. Egri chiziqli sirtida suyuqlik bosimining epyurasi.

Arximed qonunidagi suyuqlikka botirilgan jismga ta'sir etuvchi ko'taruvchi kuch (Arximed kuchi, F_n) quyidagicha hisoblanadi:

$$F_n = \gamma V_m,$$

bunda V_m - jism siqib chiqargan suyuqlik hajmi.

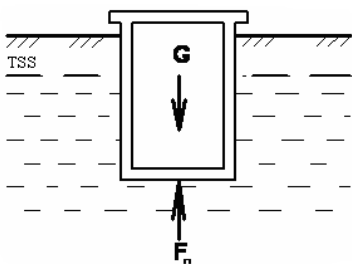
Arximed kuchi og'irlik kuchi ta'siriga qarama-qarshi yo'nalgan, uning ta'sir chizig'i suyuqlikka botirilgan jism bo'lagi hajmi egallab turgan suyuqlik hajmining og'irlik markazi orqali o'tadi va u jismning og'irlik markazi qayerda (suyuqlik uchida yoki undan tashqarida) ekanligidan bog'liq emas. Gazga botirilgan qattiq jismga ham Arximed kuchi ta'sir etadi, ammo gaz zichligining juda kichik bo'lganligi sababli u jism hajmiga va suyuqliklardagi siqib chiqaruvchi kuchga nisbatan juda kichik.

Arximed qonuniga asoslangan holda jismning suzish shartini keltirib chiqarish mumkin: agar jismning oʻrtacha zichligi suyuqlik zichligidan kam boʻlsa, u holda jismning bir qismi suyuqlik yuziga qalqib chiqadi.

Agar suyuqlikka botirilgan jism sirti suyuqlik bilan toʻla oʻralgan boʻlsagina Arximed qonuni kuchga ega, aks holda, masalan, jism idish tubiga choʻkkanda Arximed qonuni oʻrinli boʻlmay qoladi, chunki koʻtaruvchi kuch yoʻqoladi. Shuning uchun, masalan, okean tubiga oʻtirgan suv osti kemasi choʻkadi.

Arximed qonuni asosida qurilgan asboblari: areometr - suyuqlik zichligini, laktometr - sut yogʻliligini, spirtometr - spirt konsentratsiyasini oʻlchovchi asboblari va hokazo.

Qurilish amaliyotida bu qonunning qoʻllanilishi, masalan, 2.9-rasmda suv shimgan tuproqdagi yer osti rezervuarining suzishi tasvirlangan, bu rasmda koʻrsatilgan rezervuar tuproq suvi sathidan pasda joylashgan. Rasmdan koʻrinadiki, idish suvga botirilgan qismi hajmiga teng suv hajmini siqib chiqaradi va F_n Arximed kuchini paydo qiladi. Agar F_n kuch rezervurining sof ogʻirligi G_p dan oshsa, u holda qurilma yuzaga qalqib chiqadi.



Arximed qonuni:

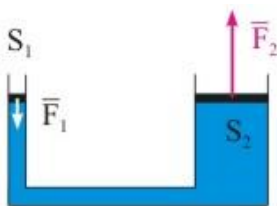
Siqib chiqaruvchi kuch (Arximed kuchi) hajmi suyuqlikka botirilgan jism boʻlagi hajmiga mos keluvchi suyuqlik ogʻirligiga teng.

2.9-rasm. Arximed qonuniga oid sxema.

Paskal qonuni. Koʻplab gidravlik qurilmalar (gidrokoʻtargich, gidrozichlovich, mashinalarning gidrouzatmasi,

avtomobillarning tormoz sistemasi va hokazo) ning ishlash prinsipi ana shu qonunga asoslangan.

Ma'lumki, suyuqlikning p bosimi deb uning S yuzachasiga ta'sir etayotgan F kuchning shu yuza birligiga nisbatiga aytiladi, ya'ni $p = F / S$. Gidrozichlovichda S_1 kichik yuzachali porshenga ta'sir etuvchi F_1 kichik kuch S_2 katta yuzachali porshenga ta'sir etuvchi F_2 katta kuch bilan uzatiladi (2.10-rasm). Haqiqatan ham, Paskal qonuniga ko'ra $p = F_1/S_1 = F_2/S_2$. Natigada $F_2 = F_1 \cdot S_2/S_1 > F_1$.



Paskal qonuni:

Yopiq idishdagi suyuqlikka qo'yilgan tashqi bosim shu suyuqlikning barcha ichki nuqtalariga o'zgarishsiz uzatiladi.

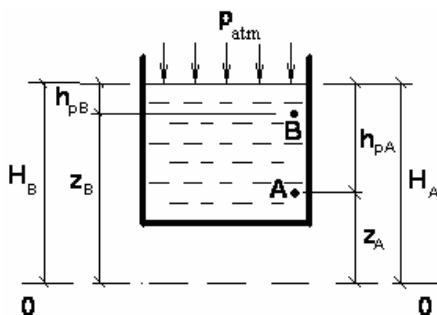
2.10-rasm. Paskal qonuniga oid sxema

Gidrostatik napor – bu sokin suyuqlikning energetik xarakteristikasi bo'lib u ikkita miqdorning yig'indisidan iborat:

$$H = z + h_p = z + p_{ort} / \gamma,$$

bunda z – geometrik napor yoki naporning boshlang'ich hisob tekisligi ($O-O$) dan hisob nuqtasigacha bo'lgan masofa; h_p –

pyezometrik napor (balandlik). Napor balandlik (vertikal) bo'yicha metrlarda o'lchanadi (2.11-rasm).



2.11-rasm Gidrostatik napor tushunchasiga oid sxema.

Gidrostatik napor (H) suyuqlikning potensial

energiyasini (suyuqlikning sokinlik energiyasini) ifodalaydi. Uning z tashkil etuvchisi holat energiyasini ifodalaydi. Masalan, suv nabori minorasi qancha baland bo'lsa u shuncha katta napor bilan suv uzatish quvuri sistemasini ta'minlaydi. h_p pyezometrik balandlik bosimga bog'liq. Masalan, suv uzatish quvurida ortiqcha bosim qancha yuqori bo'lsa undagi napor shuncha katta bo'ladi va suv shuncha yuqori balandlikka ko'tariladi.

Har xil suyuqliklarning naporlarini o'zaro taqqoslash mumkin bo'lishi uchun ularni bitta $O-O$ gorizontal tekislikka nisbatan o'lchash lozim. $O-O$ gorizontal taqqoslash tekisligi ixtiyoriy bo'lishi mumkin, masalan, agar quvur gorizontal yo'nalgan bo'lsa, u holda hisob jarayonlarini soddalashtirish maqsadida uning $O-O$ gorizontal taqqoslash tekisligini quvur o'qi bo'ylab olish mumkin.

Gidrostatik naporning eng muhim xususiyati shundan iboratki, u gidravlik o'zaro bog'langan sokin suyuqlikning barcha nuqtalari uchun bir xil bo'ladi, masalan, 2.11-rasmda A va B nuqtalarning har xil chuqurlikda joylashishi va ulardagi bosimlar farq qilishiga qaramasdan ular uchun gidrostatik naporning tengligi ($H_A = H_B$) tasvirlangan. Shuni e'tiborga olish lozimki, ochiq rezervuarlar uchun suyuqlik ixtiyoriy nuqtasining nabori juda sodda topiladi: bu $O-O$ dan atmosfera bosimi (p_{atm}) ta'sir qilayotgan suv erkin sirtining sathigacha bo'lgan masofa.

Suyuqlikning nisbiy sokinligi deb harakatlanayotgan suyuqlikning alohida zarrachalari bir biri bilan aralashmaydigan holatiga aytiladi. Bunda suyuqlik xuddi qattiq jism kabi ko'chadi. Bunday holda harakatni ko'chirma harakat deb atash mumkin. Bunday holat suyuqlik hajmi shaklining o'zgarmasligi bilan xarakterlanadi. Ko'rinadiki, qaralayotgan suyuqlik massasi harakatlanayotgan quvur bilan bog'langan koordinat

sistemasiga nisbatan qo'zg'almas bo'ladi. Nisbiy sokin suyuqlikka massaviy kuchlar (og'irlik kuchi va ko'chirma harakatning inertsia kuchi), sirt kuchlaridan esa bosim kuchi (xususan, atmosfera bosimi) ta'sir etadi.

Nisbiy sokinlikning ikkita xususiy holi mavjud: to'g'ri chiziqli ko'chirma harakatdagi sokinlik; vertikal o'qqa nisbatan aylanma ko'chirma harakatdagi sokinlik.

- *Qiya tekislikdagi tekis parallel harakatda nisbiy sokinlik.* Bu holda suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlar: bosim kuchi; og'irlik kuchi; ko'chirma harakatdagi inertsia kuchi.

Erkin tushayotgan rezervuarning butun hajmi bo'ylab bosim taqsimoti bir xil bo'ladi va u atmosfera bosimiga teng.

Bu holni talabaniy o'zi mustaqil to'laroq o'zlashtirishini taklif qilamiz.

- *Vertikal o'q atrofida aylanma harakatdagi nisbiy sokinlik.* Bunday holda suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlar: bosim kuchi; og'irlik kuchi; aylanma ko'chirma harakatdagi inertsia kuchlari. Massaviy kuchlarning tezlanishi quyidagiga teng:

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

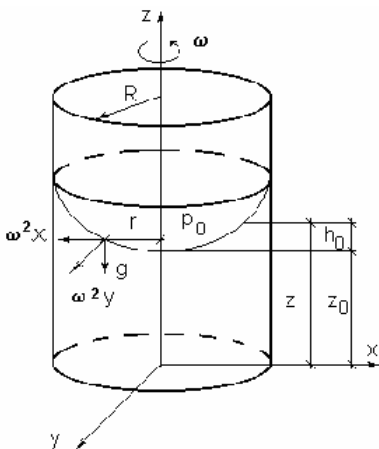
Bunga ko'ra gidrostatikaning differensial tenglamasi quyidagi holatga keladi:

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

$x^2 + y^2 = r^2$ ekanligini e'tiborga olgan holda bu tenglamani integrallasak:

$$0.5\omega^2 r^2 / g - z = C.$$

2.12-rasm. O'qqa nisbatan aylanma ko'chirma harakat sxemasi.



Bu tenglama aylanma paraboloid tenglamasi bo'lib, uning bosimga teng sirti

vertikal o'q bo'yicha siljirilgan aylanma paraboloidlar oilasini tashkil qiladi. Har bir paraboloid C o'zgarmasning biror qiymati bilan xarakterlanadi. Erkin sirtning paraboloidi uchun $z = z_0$ va $x = y = 0$ (2.12-rasm). Demak $C = -z_0$.

Bularga ko'ra erkin sirtning tenglamasi quyidagicha:

$$0.5\omega^2 r^2 = g(z - z_0) = g h_0 \quad \text{yoki} \quad 0.5 v^2 / g = h_0 .$$

Eylarning suyuqlik muvozanati differensial tenglamasida o'rniga qo'yishlarni bajarib, uni integrallashdan keyin suyuqlik hajmidagi bosim taqsimoti qonuniga kelamiz:

$$p = \rho g (0.5\omega^2 r^2 / g - z) + C .$$

C integrallash o'zgarmasini $z = z_0$ va $r = 0$ da $p = p_0$ ekanligidan topamiz: $C = p_0 + \rho g z_0$. Bunga ko'ra bosim:

$$p = p_0 + \rho g (z_0 - z + 0.5\omega^2 r^2 / g) .$$

Bitta vertikalda joylashga suyuqlik zarrachasi uchun esa

$$p = p_0 + \rho g h ,$$

bunda $h = z_0 - z + h_0$, ya'ni bosim taqsimotining oddiy gidrostatik qonuniga kelamiz.

2.2.2. Namunaviy masalalar va ularning yechimlari

1-masala. Tutash idishlarga bir xil suyuqliklar quyilgan, ammo p_{01} va p_{02} bosimlar har xil (2.5-rasm). $O-O$ teng bosimli tekislikda yotuvchi C_1 va C_2 nuqtalardagi gidrostatik bosimlarni aniqlang.

Yechish. Masala shartiga ko'ra $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ ekanligidan

$$p_{01} - p_{02} = \rho g (h_2 - h_1)$$

2-masala. Tutash idishlarga bir xil suyuqliklar quyilgan, ya'ni $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ va $p_{01} = p_{02}$ (2.5-rasm). $O-O$ teng bosimli tekislikda yotuvchi C_1 va C_2 nuqtalardagi gidrostatik bosimlarni aniqlang.

Yechish. Masala shartidan kelib chiqqan holda $h_2 = h_1$, ya'ni idishlardagi suyuqlik sathi bir xil bo'ladi.

3-masala. Tutash idishlarga bir xil suyuqliklar quyilgan, ya'ni $\rho_1 = \rho_2 = \rho$, ammo birinchi idish ochiq ($p_{01} = p_{\text{atm}}$),

ikkinchisi esa yopiq ($p_{02} > p_{\text{atm}}$). $O-O$ teng bosimli tekislikda yotuvchi C_1 va C_2 nuqtalardagi gidrostatik bosimlarni aniqlang (2.5-rasm).

Yechish. Masala shartiga ko‘ra

$$p_{C1} = p_{\text{atm}} + \rho g h_1 ; \quad p_{C2} = p_{02} + \rho g h_2 ,$$

chunki $p_{C1} = p_{C2}$, bu degani $p_{\text{atm}} + \rho g h_1 = p_{02} + \rho g h_2$ va bu yerdan $h_1 = h_2 + (p_{02} - p_{\text{atm}}) / (\rho g)$. Bundagi $(p_{02} - p_{\text{atm}}) / (\rho g)$ ifoda yopiq idishdagi suyuqlik sirtida yotgan nuqta uchun pyezometrik balandlik.

4-masala. Tutash idishlarga aralashmaydigan har xil jinsli suyuqliklar quyilgan va $p_{01} = p_{02}$ (2.5-rasm). $O-O$ teng bosimli tekislikda yotuvchi C_1 va C_2 nuqtalardagi gidrostatik bosimlarni aniqlang.

Yechish. Masala shartiga ko‘ra

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \quad \text{yoki} \quad h_1 / h_2 = \rho_2 / \rho_1 .$$

5-masala. Suv sathidan $h_A = 2,5 \text{ m}$ suqurlikda joylashga A nuqtaning absolyut va ortiqcha gidrostatik bosimlarini hamda A nuqtaning pyezometrik balandligini, shu sirtidagi absolyut gidrostatik bosim $p_0 = 147,2 \text{ kPa}$ ekanligini bilgan holda, aniqlang (2.13-rasm).

Yechish. Gidrostatikaning asosiy tenglamasiga asosan A nuqtadagi gidrostatik bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$p_{\text{abs}} = p_0 + \rho g h_A .$$

A nuqtadagi ortiqcha bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$p_{\text{ort}} = p_{\text{abs}} - p_{\text{atm}} = 171,7 - 98,1 = 73,6 \text{ kPa}.$$

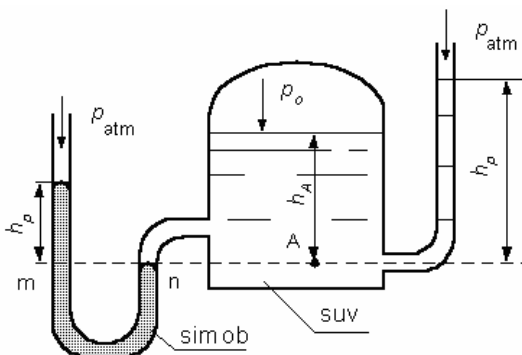
A nuqtaning pyezometrik balandligi quyidagiga teng:

$$h_p = p_{\text{ort}} / (\rho g) = 73,6 \text{ kN/m}^2 / (1 \text{ t/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2) = 7,5 \text{ m} .$$

Shuni ta’kidlash lozimki, pyezometr yordamida nisbatan kichik bosimlarni o‘lchash mumkin, aks holda esa juda baland pyezometrda foydalanish lozim bo‘ladi, bu esa amaliyotda foydalanish uchun juda noqulay. Bu miqdorni U shaklidagi manometrdan foydalanib topaylik. $m-n$ bo‘linish sirti bo‘yicha

ham rezervuar va ham manometrning ochiq tarafida bosimlar bir xil bo‘ladi:

$$p_0 + \rho gh_A = p_{atm} + \rho_{simob} gh_{simob} .$$



2.13-rasm.

Natijada $m-n$ bo‘linish sirtidan h_p balandlikdagi simob ustuni og‘irligi hisobiga A nuqtadagi ortiqcha bosim muvozanatlashadi:

$$\begin{aligned} \rho gh_{simob} &= p_0 + \rho gh_A - p_{atm} = \\ &= 147,2 + 1 \cdot 9,81 \cdot 2,5 - 98,1 = 73,6 \text{ kN/m}^2 . \end{aligned}$$

Simob ustuni balandligini topaylik:

$$h_{simob} = p_{ort} / (\rho_{simob} g) = 73,6 / (13,6 \cdot 9,81) = 0,55 \text{ m} ,$$

bu yerda $\rho_{simob} = 13,6 \text{ t/m}^3$ – simob zichligi.

6-masala. Agar simobli manometrning ko‘rsatgichlari $h_2 = 0,15 \text{ m}$; $h_3 = 0,8 \text{ m}$; $\rho_{simob} = 13,6 \text{ t/m}^3$; $\rho_{suv} = 1 \text{ t/m}^3$ bo‘lsa, u holda rezervuardagi p_0 bosimni va 1-naychadagi sathning h_1 ko‘tarilish balandligini aniqlang (2.14-rasm).

Yechish. Quyidagi tekisliklar bo‘yicha simob manometri uchun muvozanat shartlarini yozamiz:

- rezervuar tarafdin $p = p_0 + \rho_{suv}gh_3 + \rho_{simob} gh_2$;
- manometr tarafdin $p = p_{atm}$, u holda $p_{atm} = p_0 + \rho_{suv}gh_3 + \rho_{simob} gh_2$.

Demak

$$p_0 = 98,1 - 1 \cdot 9,81 \cdot 0,8 - 13,6 \cdot 9,81 \cdot 0,15 = \\ = 70,24 \text{ kN/m}^2 = 70,24 \text{ kPa} .$$

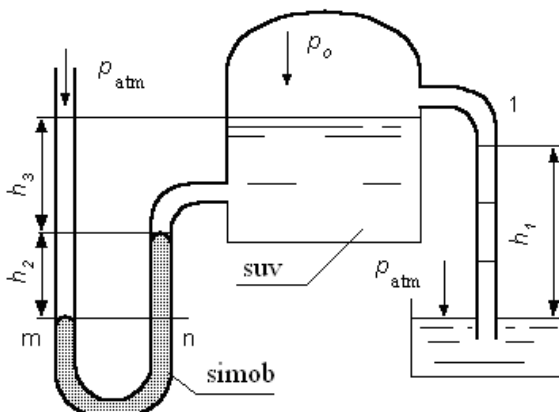
Shunday qilib, rezervuardagi vakuum miqdori:

$$p_v = p_{atm} - p_0 = 98,1 - 70,24 = 27,86 \text{ kPa} .$$

1-naychadagi muvozanat shari:

$$p_0 + \rho_{suv}gh_1 = p_{atm} ;$$

$$h_1 = (p_{atm} - p_0) / (\rho_{suv}g) = 27,86 / (1 \cdot 9,81) = 2,84 \text{ m} .$$



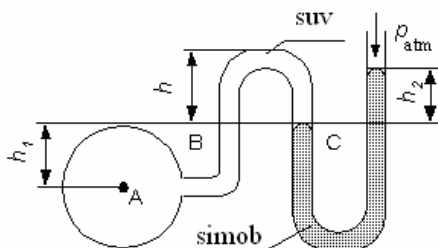
2.14-rasm

7-masala. Agar pyezometr bo'yicha simob ustuni balandligi $h_2 = 25 \text{ sm}$ bo'lsa, u holda A suv uzatish quvuridagi manometrik bosimni aniqlang (2.15-rasm). Suv uzatish quvuri-ning markazi suv va simobni ajratuvchi chiziqdan $h_1 = 40 \text{ sm}$ pastda joylashgan.

Yechish. B nuqtadagi bosimni topamiz. B nuqta A nuqtadan h_1 balandlikda joylashgan. Demakki, B nuqtadagi bosim quyidagiga teng:

$$p_B = p_A - \rho_{suv} gh_1 .$$

2.15-rasm



C nuqtadagi bosim ham xuddi B nuqtadagi kabi:

$$p_C = p_B = p_A - \rho_{suv} g h_1.$$

Endi C nuqtadagi bosimni o'ngdan hisoblaylik:

$$p_C = p_{atm} + \rho_{simob} g h_2.$$

Bu tenglamalarni tenglashtirsak:

$$p_A - \rho_{suv} g h_1 = p_{atm} + \rho_{simob} g h_2.$$

Bu yerdan manometrik bosim qoyidagiga teng:

$$p_A - p_{atm} = p_m = \rho_{simob} g h_2 - \rho_{suv} g h_1.$$

$$p_m = 13,6 \cdot 9,81 \cdot 0,25 - 1 \cdot 9,81 \cdot 0,4 = 29,43 \text{ kN/m}^2 = 29,43 \text{ kPa}.$$

8-masala. 2.16-rasmda tasvirlangan $H=3 \text{ m}$ chuqurlikdagi neft solingan idishning barcha turdagi gidrostatik bosimlarini aniqlang, bunda neftning erkin sirtidagi bosimni 200 kPa , neftning zichligini $\rho = 0,9 \text{ t/m}^3$ deb oling.

Yechush. Idish tubidagi absolyut gidrostatik bosim:

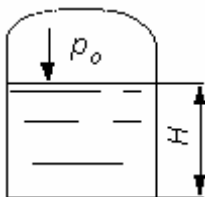
$$p = p_0 + \rho g H;$$

$$p = 200 \text{ kN/m}^2 + 0,9 \text{ t/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot$$

$$\cdot 3 \text{ m} = 226,5 \text{ kN/m}^2 = 226,5 \text{ kPa}.$$

Idish tubidagi ortiqcha (manometrik) bosim:

$$p_{ort.(m)} = p - p_{atm}. ; p_{ort.(m)} = 226,5 - 98,1 = 128,4 \text{ kPa}.$$



2.16-rasm. Neft solingan rezervuar.

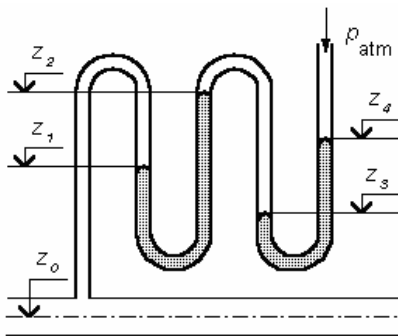
Suyuqlik ustunidan hosil bo'ladigan ortiqcha bosim:

$$p_{ort.} = \rho g H = 0,9 \cdot 9,81 \cdot 3 = 26,5 \text{ kPa}.$$

Erkin sirtidagi ortiqcha bosim:

$$p_{ort. \text{ erkin sirt}} = p_0 - p_{atm.} = 200 - 98,1 = 101,9 \text{ kPa}.$$

9-masala. Batareyka shaklidagi simobli manometr ko'rsatgichi bo'yicha quvurdagi suvning ortiqcha bosimini hisoblang (2.17-rasm). Quvur o'qidan hisoblaganda simob sathlari:



$z_1 = 1,75 \text{ m}; \quad z_2 = 3 \text{ m};$
 $z_3 = 1,5 \text{ m}; \quad z_4 = 2,5 \text{ m};$
 simob zichligi
 $\rho_{\text{simob}} = 13,6 \text{ t/m}^3;$
 suv zichligi $\rho_{\text{suv}} = 1 \text{ t/m}^3$

2.17-rasm. Simobli manometr.

Yechish. Batareyka shaklidagi simobli manometr ikkita ketma-ket ulangan simobli manometrlardan iborat. Simob sathlari va manometr naychalaridagi suv bosimi muvozanatlashadi. Manometr-ning ochiq oxiridan uning quvur bilan tutashgan qismigacha ko'rsatgichini yig'sak quyidagi natijaga kelamiz:

$$p_{\text{ort}} = \rho_{\text{simob}} g (z_4 - z_3) - \rho_{\text{suv}} g (z_2 - z_3) + \\ + \rho_{\text{simob}} g (z_2 - z_1) + \rho_{\text{suv}} g (z_1 - z_0);$$

$$p_{\text{ort}} = 13,6 \cdot 9,81 (2,5 - 1,5) - 1 \cdot 9,81 (3 - 1,5) + 13,6 \cdot \\ \cdot 9,81 (3 - 1,75) + 1 \cdot 9,81 (1,75 - 0) = 300 \text{ kPa} = 0,3 \text{ MPa}.$$

10-masala. R_1 radiusli silindrik idish ρ zichlikli suyuqlik bilan o'qdan R_2 masofada idish qopqog'iga o'rnatilgan ochiq kichik diametrli naychalining a sathigacha to'ldirilgan va markaziy vertikal o'qqa nisbatan tekis aylanma harakatga keltirilgan (2.18-rasm). Qopqoq ostidagi ortiqcha bosim nolga teng bo'ladigan holat uchun idish aylanishining burchak tezligini aniqlang.

Yechish. Suyuqlik aylanma harakati uchun uning hajmidagi bosim taqsimoti qonuni tenglamasini qo'llab va $p_0 =$

p_{atm} ekanligini hisobga olib suyuqlikdagi ortiqcha bosim taqsimoti qonunini topamiz:

$$p_v = \rho \omega^2 r^2 / 2 - \rho g (z - z_0) .$$

$r = R_2$ va $z = a$ da $p_v = 0$ chegaraviy shartdan z_0 ni topamiz:

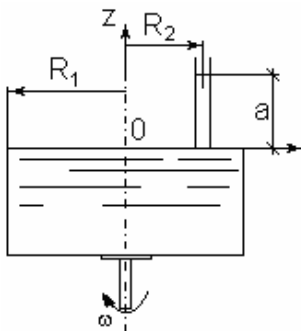
$$\rho \omega^2 R_2^2 / 2 - \rho g (a - z_0) = 0 ,$$

bundan esa

$$z_0 = a - \omega^2 R_2^2 / (2 g) .$$

Bu ifodani yuqoridagi ifodaga qo'yib, quyidagi bosim taqsimoti qonuniga ega bo'lamiz:

$$p_v = \rho \omega^2 (r^2 - R_2^2) / 2 + \rho g (a - z) ,$$



2.18-rasm.

Qopqoq sirtidagi $z = 0$ nuqta uchun:

$$p_v = \rho \omega^2 (r^2 - R_2^2) / 2 + \rho g a .$$

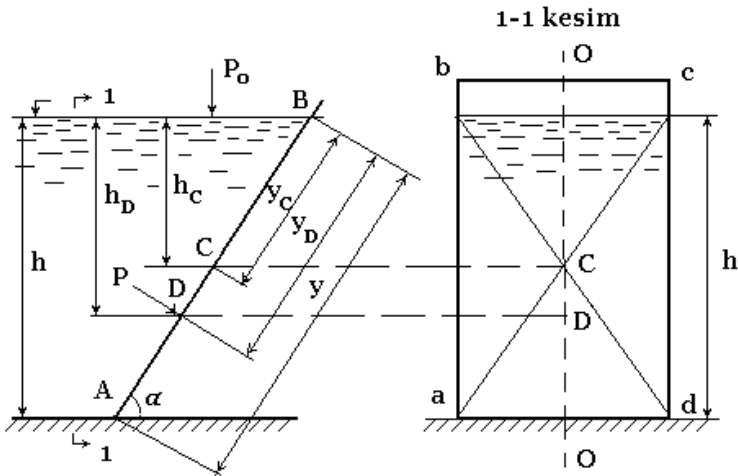
$p_0 = p_{atm}$ da $p_v = 0$ shartdan aylanishning burchak tezligini aniqlaymiz: $-\rho \omega^2 R_2^2 / 2 + \rho g a = 0$, bu yerdan esa

$$\omega = \sqrt{2 g a / R_2} .$$

11-masala. Tekis to'g'ri to'rtburchakli suv tutgich darvozaning eni b (m), u gorizontal tekislikka nisbatan α burchak ostida joylashgan bo'lib, h (m) chuqurlikdagi suvni tutib turadi (2.19-rasm). Shu darvozaga suvning bosim kuchi P ni va bu bosim kuchining markazi y_D ni aniqlang, suv gidrostatik bosimi p ning epyurasini chizing.

Yechish. Gorizontal tekislikka α burchak ostida joylashgan tekis devorga qo'yilgan gidrostatik bosim kuchi va bosim kuchining qo'yilish nuqtasi (bosim markazi)ni aniqlash uchun quyidagicha belgilashlar kiritamiz va qurilma sxemasini yasaymiz (2.19-rasm): P - bosim kuchi; P_0 - tashqi bosim kuchi; $A(a,d)$ nuqta - qiya tekis devorning ostki nuqtasi; $B(b,c)$ nuqta - qiya tekis devorning ustki nuqtasi (koordinata boshi); D

nuqta - bosim markazi; C nuqta - og'irlik markazi; a, b, c, d – 1-1 kesim chetki nuqtalari; y - qiya tekis devorning uzunligi; y_C – og'irlik markazi koordinatasi; y_D – bosim markazi koordinatasi; h – suyuqlik qatlami chuqurligi; h_D - bosim markazining chuqurligi; h_C – og'irlik markazining chuqurligi.



2.19-rasm. Qiya tekis devorga ta'sir etayotgan suyuqlikning bosim kuchini aniqlash sxemasi.

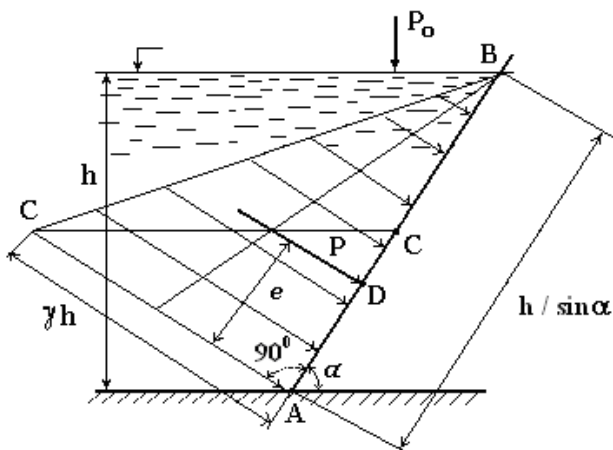
Quyidagi parametrlar beriladi:

- suyuqlikning solishtirma og'irligi γ (N/m^3) yoki zichligi ρ (kg/m^3), bunda $g \approx 10 m/s^2$;
- suyuqlik qatlamining chuqurligi h (m);
- qiya tekis devorning eni b (m);
- qiya tekis devorning og'ish burchagi α (gradus yoki radian o'lchovida);
- suyuqlik sathiga qo'yilgan tashqi bosim kuchi P_0 (N).

Qolgan parametrlar quyidagicha aniqlanadi:

- qiya tekis devorning uzunligi (m): $y = h / \sin \alpha$;

- qiya tekis maydon og'irlik markazining chuqurligi (m):
 $h_C = h/2$;
- qiya tekis devorning maydoni (yuzasi, m^2): $\omega = b \cdot y$;
- qiya tekis devorning og'irlik markazi koordinatasi (m):
 $y_C = h_C / \sin \alpha$;
- qiya tekis ω maydonning qiya tekislikka perpendikulyar o'tkazilgan Ox o'qqa nisbatan statik momenti (m^3): $S_x = \omega \cdot y_C$;
- qiya tekis ω maydonning Ox o'qiga parallel va C nuqta orqali o'tkazilgan o'qqa nisbatan inertsia momenti (m^4): $I_C = \omega \cdot y^2 / 12$;
- og'irlik markazi bilan bosim kuchi markazi orasidagi masofa (ekssentrisitet, m): $e = I_C / S_x$;
- qiya tekis devorga ta'sir etayotgan bosim markazining koordinatasi (bosim markazi har doim maydonning og'irlik markazidan pastda joylashgan bo'ladi; xususan, agar suyuqlikning bosimi ta'sir etayotgan maydon gorizontal joylasgan bo'lsa, faqat shu holda, bosim markazi maydonning og'irlik markazi bilan bir nuqtada joylashadi, m), boshqacha aytganda, teng ta'sir etuvchi bosim kuchining Ox o'qqa nisbatan yelkasi (ordinatasi): $y_D = y_C + e$ yoki $y_D = 2 y / 3$;
- qiya tekis devorga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi (yoki uning teng ta'sir etuvchisi, N):
$$P = \gamma \cdot y_C \cdot \omega \cdot \sin \alpha = \gamma \cdot h_C \cdot \omega = \rho \cdot g \cdot h_C \cdot \omega$$
 ;
- qiya tekis devorga suyuqlikning gidrostatik bosimi:
 $p = P / \omega$;
- idish tubidagi A nuqtaga qo'yilgan mutloq bosim kuchi $P_m = P_0 + P$;
- qiya tekis devorga suyuqlikning gidrostatik bosimi epyurasi chiziladi (2.20-rasm).



2.20-rasm. Qiya tekis devorga suyuqlikning gidrostatik bosimi epyurasi sxemasi (e – bosim kuchi yelkasi).

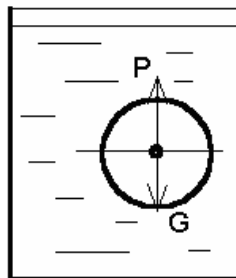
Yuqorida qo‘yilgan masalani $b = 2 \text{ m}$; $\alpha = 60^\circ$; $h = 3 \text{ m}$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $P_0 = 101000 \text{ N}$ berilganlar asosida yechaylik:

- $y = 3 / \sin 60^\circ = 3 / 0,866 = 3,4642 \text{ m}$;
- $h_C = 3 / 2 = 1,5 \text{ m}$;
- $\omega = 2 \cdot 3,4642 = 6,9284 \text{ m}^2$;
- $y_C = 1,5 / 0,866 = 1,7321 \text{ m}$;
- $S_x = 6,9284 \cdot 1,7321 = 12 \text{ m}^3$;
- $I_C = 6,9284 \cdot 3,4642^2 / 12 = 83,1455 / 12 = 6,9288 \text{ m}^4$;
- $e = 6,9288 / 12 = 0,5774 \text{ m}$;
- $y_D = 1,7321 + 0,5774 = 2,3095 \text{ m}$
yoki $y_D = 2 \cdot 3,4642 / 3 = 2,3095 \text{ m}$;
- $P = 1000 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 6,9284 = 103926 \text{ N} = 103,926 \text{ kN}$;
- $p = 103926 / 6,9284 = 15000 \text{ Pa} = 0,15 \text{ atm}$.
- $P_m = 103926 + 101000 = 204926 = 204,926 \text{ kN}$
- gidrostatik bosim epyurasi (2.20-rasmga qarang).

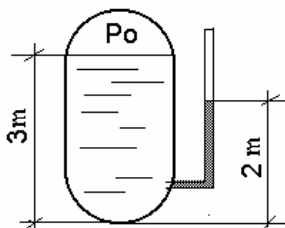
2.2.3. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari

1. Ichi bo'sh sharning hajmi $V = 1 \text{ l}$ va og'irligi $G = 5 \text{ N}$. Bu shar suv yuziga qalqib chiqadimi yoki cho'kadimi? Javobingizni izohlang (2.21-rasm).

2.21-rasm. Arximed qonuniga oid masala sxemasi.

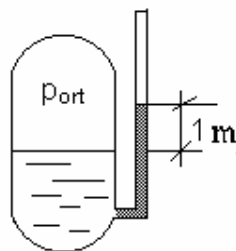


2. Germetik (zich yopilgan) idish suyuqlik bilan to'ldirilgan. Uning pastki qismiga yuqori uchi ochiq naycha o'rnatilgan (pyezometr). Naychada suv muvozanati o'rnatildi (2.22,a-rasm). Idishda ortiqcha bosimmi yoki vacuum? Idishdagi p_0 absolyut bosimni va $p_{ort} = p_0 - p_{atm}$ ortiqcha bosimni aniqlang.
3. Yuqoridagi 2-masala shartidan foydalanib, 2.22,b-rasmda tasvirlangan idishdagi p_{ort} (Pa) ortiqcha bosimni aniqlang.

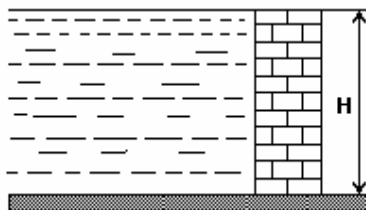


2.22,a-rasm.

2.22,b-rasm

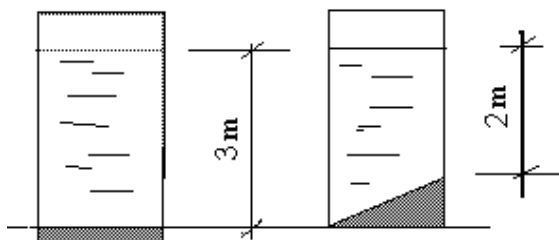


4. Kengligi 200 m to'g'ri to'rtburchakli tayanch devor balandligi 10 m suv naporini uchlab turibdi. To'la bosim kuchini va devorni ag'daruvchi momentni aniqlang (2.23-rasm).



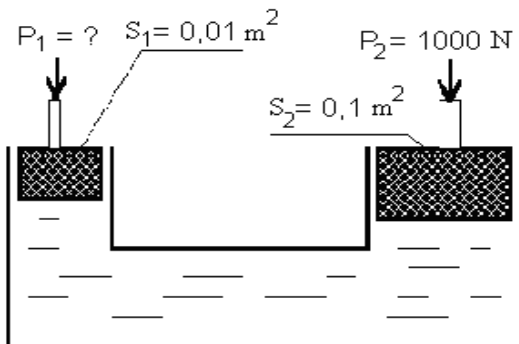
2.23-rasm

5. 2.24-rasmda tasvirlanga idishlarning osti uchun gidrostatik bosim epyuralarini chizing.



2.24-rasm

5. 2.25-rasmda tasvirlangan gidravlik press uchun $p_1 = ?$



2.25-rasm. Paskal qonuniga oid masala sxemasi.

6. Diametri $D=4$ sm va balandligi $H=10$ sm bo'lgan silindrik idish yarmigacha suv bilan to'ldirilgan. Bu idishdan suvni to'kib yubormasdan uni geometrik vertikal o'qi atrofida aylantirishlar soni chegarasini aniqlang.
7. Odam oddiy sharoitda og'irligi 30 kG bo'lgan temir sharni ko'taryapti. Suv ostida shu temir sharni ko'tarishda uning ogirligi qancha bo'ladi?
8. Solishtirma ogirligi $0,8 \text{ t/m}^3$ bo'lgan yog'och to'sin suvda oqayotganda uning qancha hajmi suvga botadi?

2.2.4. Mustaqil ish topshiriqlari

a) Kompyuterda bajariladigan topshiriqlar

1. Tekis sirtida suyuqlik gidrostatik bosimining epyuralarini chizing (ko'ndalang kesimi: to'g'ri to'rtburchak va kvadrat, teng yonli va to'g'ri burchakli trapetsiya, teng tomonli va to'g'ri burchakli uchburchak shaklidagi kanallar va hokazo).
2. Egri chiziqli sirtida suyuqlik gidrostatik bosimining epyuralarini chizing (suyuqlikka botirilgan to'la shar, yarim shar, silindr, konus va hokazo).

b) Mustaqil yechiladigan masalalar

1. Suv quvuriga o'rnatilgan manometr $p_{man.}$, $kg \cdot k/sm^2$ bosimni ko'rsatmoqda. Bu bosim qanday pyezometrik balandlikka mos keladi va SI birliklar sistemasida suv quvuridagi to'la bosim nimaga teng?

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$p_{man.}, kg \cdot k/sm^2$	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

2. Ochiq idish sathidan h m chuqurlikdagi tubiga diametri 1 m bo'lgan gorizonta qopqoqqa ta'sir etayotgan kuchni toping.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
h, m	1	2	3	4	5

3. Chuqurligi h metr suv bilan to'ldirilgan ochiq idishning tubki nuqtasidagi to'la va ortiqcha bosimni toping.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 11	№ 12	№ 13	№ 14	№ 15
h, m	3	4	5	6	8

4. Vertikal devori balandligi 4 m va tubi d (m) diametrli doiraviy kesimga ega idish butun balandligi bo'ylab yerga ko'milgan. Yer osti suvining sathi yer sirtidan h (m) chuqurlikda. Idishning sof og'irligi G (kN). Idishni suzib chiqishga tekshiring.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 16	№ 17	№ 18	№ 19	№ 20
d, m	2	3	4	3,6	2,4
h, m	1	2	3	2,5	1,5
G, kN	100	50	150	120	130

5. Og'zi ochiq idish h_2 (m) chuqurlikdagi suv bilan to'ldirilgan va yer sirtidan h_1 (m) chuqurlikka tushurilgan. Idishdagi suv sathidan h_3 (m) chuqurlikdagi nuqta uchun yer sirtiga nisbatan gidrostatik naporni toping.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 21	№ 22	№ 23	№ 24	№ 25
h_1, m	8	7	6	5	4
h_2, m	2	1,5	2,2	1,8	1,4
h_3, m	1	0,5	1	0,5	1

6. Gorizontal suv quvuriga o'rnatilgan manometrning bosim ko'rsatgichi $p_{man}, kg \cdot k/sm^2$. Quvurning o'qiga nisbatan gidrostatik naporni toping (quvurning radiusini hisobga olmang).

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 26	№ 27	№ 28	№ 29	№ 30
$p_{man}, kg \cdot k/sm^2$	2	3	4	5	6

2.2.5. Testlar

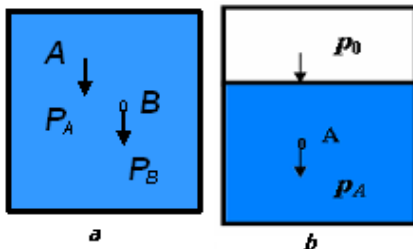
1. Tutash idishlar qonuni: tutash idishlardagi zichligi ... ?
- A) bir xil jinsli suyuqlik bir xil sathga ega bo'ladi;
 - B) bir xil jinsli suyuqlik har xil sathga ega bo'ladi;

- C) har xil jinsli suyuqlik bir xil sathga ega bo‘ladi.
 D) har xil jinsli suyuqlik har xil sathga ega bo‘ladi.
2. Suv quvurining gidravlik xarakteristikasi deb . . .
 A) tizilgan naporning suyuqlik sarfidan;
 B) talab qilinayotgan naporning suyuqlik sarfidan;
 C) yo‘qitilayotgan naporning suyuqlik sarfidan;
 D) nasos naporining o‘tkazish quvuriga suv uzatilishidan bog‘liqligiga aytiladi.
3. Agar suyuqlikka botirilgan jism bo‘lagining hajmi $V = 80 \text{ m}^3$ bo‘lsa, u holda uni siqib chiqaruvchi kuch $F_{Arximed} = \dots \text{ N}$?
 A) 880 000; B) 780 000; C) 660 000; D) 940 000 .
4. Qaysi javobda vakuum miqdorlarining o‘lish tartibi ketma-ketligi to‘g‘ri ko‘rsatilgan?
 A) 1.1 bar B) $14 \text{ kg} \cdot \text{k} / \text{sm}^2$ C) $1.3 \text{ kg} \cdot \text{k} / \text{sm}^2$
 14 m suv ustuni $1.3 \text{ kg} \cdot \text{k} / \text{sm}^2$ 0.12 MPa
 $1.3 \text{ kg} \cdot \text{k} / \text{sm}^2$ 0.12 MPa $14 \text{ kg} \cdot \text{k} / \text{sm}^2$
 0.12 MPa 1.1 bar 1.1 bar
5. Agar suvning zichligi $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ a A nuqtadagi bosim $p_A = 40\,000 \text{ Pa}$ vak bo‘lsa, u holda undan vertikal bo‘yicha 5 m pastdagi B nuqtadagi bosim $p_B = \dots \text{ Pa}$ (2.25,a-rasm)?
 A) 60 000 ort.; B) 40 000 ort.;
 C) 10 000 vak.; D) 20 000 vak.

6. Agar suvning zichligi $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ va 4 m chuqurlikda joylashgan A nuqtadagi bosim $p_A = 20\,000 \text{ Pa}$ vak bo‘lsa, u holda suyuqlikning erkin sirtidagi bosim $p_0 = \dots \text{ Pa}$ (2.26,b-rasm)?

- A) 40 000 vak; B) 55 000 vak;
 C) 65 000 vak; D) 75 000 vak

2.26-rasm.



7. Sokin suyuqlikning energetik xarakteristikasi – bu . . . ?
 A) gidrostatik napor B) pyezometrik balandlik
 C) vakuummetrik balandlik D) pyezometrik napor

8. Ko'ndalang kesimi yuzalari har xil bo'lgan tutash idishlarda bosim kuchining shu devor yuzasiga to'g'ri proporsionalligidan $p_1=100 \text{ N}$, $S_1=0,0005 \text{ m}^2$, $S_2 =0,005 \text{ m}^2$ bo'lsa, ikkinchi idishdagi bosim kuchini aniqlang (2.22-rasmga qarang).

A) 100 N B) 10 N C) 1000 N D) 1 N

9. Suyuqlikka to'ldirilga idish erkin tushayotganida undagi suyuqlik bosimi qaysi bosimga teng bo'ladi?

A) atmosfera bosim B) pyezometrik bosim
C) to'la bosim D) absolyut bosim

10. Hidrostatik napor (H) suyuqlikning . . . energiyasini ifodalaydi?

A) kinetik B) potensial C) ichki D) to'la

Sinov savollari

1. Tutash idish qonuni ayting va izohlang. Misollar keltiring.
2. Suyuqlik bosimining epyurasini ayting va izohlang. Misollar keltiring.
3. Arximed qonunini ayting va izohlang. Arximed kuchi nima va u qanday holda mavjud? Arximed qonuniga asoslanib qanday asboblarni yasalgan? Qanday holda jism suzadi? Misollar keltiring.
4. Paskal qonunini ayting va izohlang. Misollar keltiring.
5. Hidrostatik naporni ayting va izohlang. Uning tashkil etuvchilari qanday ataladi va ular nimani ifodalaydi. Misollar keltiring.
6. Nisbiy sokin suyuqlik nima? Uning qanday xususiy hollarini bilasiz? Ulardagi bosim taqsimoti haqida nimalarni bilasiz? Bunday holda suyuqlikda qanday kuchlar ta'sir etadi?

Adabiyotlar

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 2003.
2. Умаров А.Ю. Гидравлика. – Т.: «Ўзбекистон» нашри, 2002. – 462 б.
3. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В двух томах.- М.: Наука, 1983, 1984.
4. Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi. Kinematika. Uslubiy qo'llanma. – Samarqand: SamDU nashri, 2005. – 154 b.

3. GIDRODINAMIKA

Gidrodinamika – bu suyuqlik va gazlar mexanikasi fani-ning harakatlanayotgan suyuqlik (suyuqlik oqimi) qonuniyatlarini o‘rganuvchi bo‘limi.

3.1. Gidrodinamikaning asosiy elementlari

Reja:

1. Qisqacha nazariy ma’lumotlar va asosiy hisob formulalari (ideal va qovushoq suyuqlik tushunchasi, gidrodinamika elementlari, oqimning uzviylik tenglamasi, gidrodinamik napor, Bernulli tenglamasi).
2. Namunaviy masalalar va ularning yechimlari.
3. Amaliyot mashg‘uloti topshiriqlari
4. Testlar.

Darsning o‘quv va tarbiyaviy maqsadi: Talabalarga suyuqliklarning eng muhim fizik gidrodinamik xossalari, gidrodinamikaning asosiy elementlari; uzviylik tenglamasi gidrodinamik napor va Bernulli tenglamasi haqida tushuncha berish, ularda erkin fikrlash, asosiy hisob formulalaridan to‘g‘ri foydalanish, amallarni to‘g‘ri bajarish, xususiy hollarni chiqarish va ularni masalalar yechishda qo‘llay bilish ko‘nikmalarini hosil qilish.

Tayanch iboralar: ideal va qovushoq suyuqlik; gidrodinamika elementlari; erkin sirt; oqim chizig‘i; oqimning jonli kesim yuzasi; oqim sarfi; ho‘llanish perimetri; gidravlik radius; oqimning uzviylik tenglamasi; tezlik; kesim yuzasi; gidrodinamik napor; geometrik, pyezometrik va tezkor napor; Bernulli tenglamasi; naporlar; gorizontaal quvurdan oqish; teshikdan oqish; Torricheli formulasi.

Dars o‘tish vositalari: sinf doskasi, plakatlari, fundamental fan darsliklari, o‘quv va uslubiy qo‘llanmalar,

tarixiy ma'lumotlar, matematik-fizik va mexanik atamalar lug'at va izohli lug'at va kompyuterdan samarali foydalaniladi.

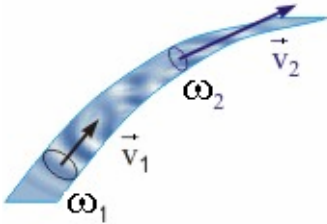
Dars o'tish usullari: takrorlash, suhbat va savol-javob hamda munozara (mavzuni o'zlashtirishni mustahkamlash) tarzida jonli muloqot o'tkaziladi (talabaning mustaqil, erkin fikrlash va so'zlashishga o'rgatgan holda fikr mulohazalarini bayon qildirish, buning uchun har bir talabaga o'tilgan mavzular, tayanch iboralardan savollar tashlanadi, ular o'z fikrini bayon qiladi, hamma o'quvchi javobni bayon qilib bo'gandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); tarqatma materiallar asosida masalalar yechiladi (misol va masalalar yozilgan tarqatmalar har bir talabaga beriladi, doskaga esa 2-3 ta talaba bo'lib 2-3 ta misol yoki masala yechishadi, talabalar o'zlariga berilgan tarqatma misol va masalalarni yechishadi; hamma talaba masala javobini topgandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); iboralarga izohlar beriladi.

Darsning mazmuni:

3.1.1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari

Ideal va qovushoq suyuqlik tushunchasi. *Ideal suyuqlik* deb qovushoqmas (ichki ishqalanishga ega bo'lmagan) suyuqlikka aytiladi. *Qovushoq suyuqlik* deb ichki ishqalanish hodisasini hisobga olmaslik mumkin bo'lmagan suyuqliklarga aytiladi. *Ideal siqilmaydigan suyuqlik* deb zichligi bosimdan bog'liq bo'lmagan va suyuqlik fazosining barcha nuqtalarida zichligi o'zgarmas, qovushoqmas (ichki ishqalanishga ega bo'lmagan) tomchili suyuqlik yoki gazga aytiladi. *Siqiluvchan suyuqlik* deb zichligi bosimidan bog'liqligini e'tiborga olmaslik mumkin bo'lmagan gazga aytiladi. Ideal suyuqlik modeli unda yuz beradigan hodisalarni taqriban o'rganishga imkon beradi.

Ideal suyuqlik oqimini kinematik tavsiflash uchun Eyler usulidan foydalaniladi. Buning uchun boshlang'ich hisob koordinatalari sistemasi tanlanadi va unda tezliklar maydoni, ya'ni har bir nuqtaning uning $\mathbf{r}$ radius-vektoridan va t vaqtdan bog'liq $\mathbf{v} = \mathbf{f}(\mathbf{r}, t)$ tezligi beriladi (3.1-rasm).



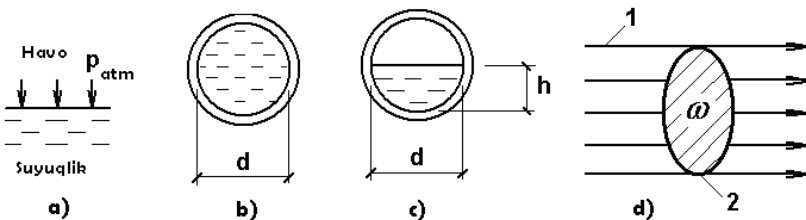
3.1-rasm. Ideal suyuqlik oqimi sxemasi

Gidrodinamika elementlari.

Barcha oqimlar umumiy gidrodinamik elementlarga ega: oqim chizig'i; jonli kesim; suyuqlik sarfi; tezlik.

Erkin sirt – bu suyuqlikning gaz bilan tutash chegarasi bo'lib, suyuqlikka gaz (havo)dan ta'sir etuvchi bosim odatda atmosferaga teng (3.2,a-rasm).

Suyuqlikning barcha oqimlari ikki turga bo'linadi: naporli (erkin sirtsiz); naporsiz (erkin sirtli). Masalan, suv uzatish quvurida naporli oqim kuzatiladi, chunki uning ko'ndalang kesimi to'la (3.2,b-rasm). Kanalizatsiya quvurida esa naporsiz oqim kuzatiladi, chunki u to'la emas, undagi oqim erkin sirtga ega va suyuqlik quvurning qiyaligiga qarab o'z-o'zidan harakatga keladi (3.2,c-rasm).



3.2-rasm. Suyuqlik oqimining gidrodinamik elementlari: a) erkin sirt; b) naporli oqim; c) naporsiz oqim; d) 1- oqim chizig'i; 2- jonli kesim.

Oqim chizig'i – bu oqimning ko'ndalang kesimi yuzasi cheksiz kichik bo'lgan elementar sharrachasi. Oqim ana shunday sharrachalar dastasidan tuzilgan (3.2,d-rasm). Oqim chiziqlarining dastasi oqim naychasi deb ataladi (3.1-rasm). Oqim chizig'ining yo'nalishi oqim tezligi bilan mos tushishi zarur. Agar statsionar oqim qaralsa, u holda oqim chizig'i tasviri o'zgarmaydi, ammo u suyuqlik molekulasini harakati traektoriyasi bilan mos tushadi. Suyuqlikning statsionar oqimida uning molekulasini oqim naychasini kesib o'tmaydi.

Oqimning jonli kesimi yuzasi ω (m^2) deb oqimning ko'ndalang kesimi yuzasiga aytiladi (23,d-rasm). Masalan, doiraviy kesimli quvur uchun $\omega = \pi d^2 / 4$.

Oqim sarfi Q (yoki q) deb t vaqt birligi ichida jonli kesim orqali oqib o'tgan V suyuqlik hajmiga aytiladi:

$$Q = V / t .$$

Oqim sarfi SI birliklar sistemasida m^3 / sek bilan, boshqa birliklar sistemasida esa $m^3 / soat$; m^3 / kun ; l / kun bilan ifodalanadi.

Oqimning o'rtacha tezligi v – bu oqim sarfining jonli kesim yuzasiga nisbatiga teng (m/s):

$$v = Q / \omega .$$

Binolarning suv uzatish quvurlari va kanalizatsiyalaridagi oqimning o'rtacha tezligi $1 m/s$ atrofida bo'ladi.

Naporsiz oqimlarning hisob formulalarida quyidagi ikkita hisob parametrlaridan foydalaniladi:

Ho'llanish perimetri χ (m) – bu oqim jonli kesimi perimetrining bir bo'lagi bo'lib, suyuqlik sirtining idish devori bilan tutashgan chegarasi uzunligini bildiradi, soddaroq aytganda, suyuqlikning qattiq devor bilan tutashgan jonli kesimi perimetri. Masalan, 3.2,b-rasmda bu quvur ichki devori kesimining aylanasi uzunligi, 3.2,c-rasmda esa suyuqlikning ichki devori bilan tutashgan yoy bo'lagi uzunligi.

Gidravlik radius R (m) – bu jonli kesim yuzasining ho‘llanish perimetriga nisbati, ya’ni

$$R = \omega / \chi .$$

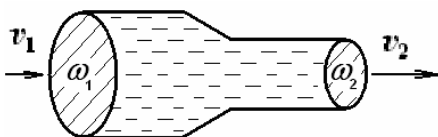
Oqimning uzviylik tenglamasi. Bu tenglama massaning saqlanish qonunini ifodalaydi: quvurga oqib kirayotgan suyuqlik miqdori chiqayotganiga teng. Masalan, 3.1-rasmda tasvirlangan oqim nauchasi yoki 3.3-rasmda tasvirlangan quvur uchun $Q_1 = Q_2$.

$$Q = v\omega \text{ ekanligidan}$$

$$v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2 .$$

Bu yerdan suyuqlik oqimining quvurdan chiqishdagi tezligini topamiz:

$$v_2 = v_1 \omega_1 / \omega_2 .$$



3.3-rasm. Uzviylik tenglamasi uchun sxema

Bu yerdan ko‘rinadiki, chiqishdagi oqim tezligi shu yuzaga teskari proporsional, ya’ni suvning uzoqqa otilishini kuzatish mumkin.

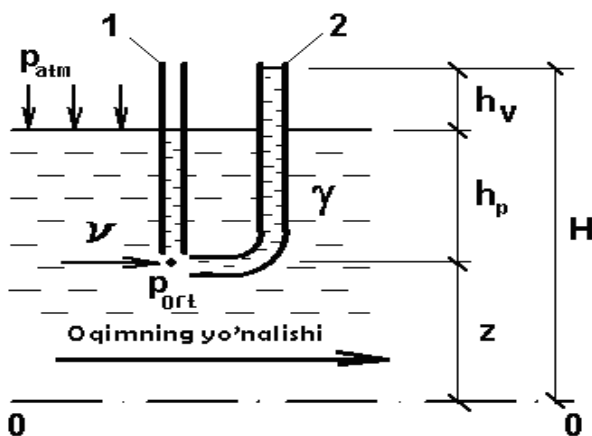
Shuning uchun, masalan, o‘t o‘chirish, ko‘chalarni yuvish, daraxtlar va paxtazorlarni purkab dorilash moslamalarida va hokazo, shu qonuniyatdan foydalaniladi.

Gidrodinamik napor – bu harakatdagi suyuqlikning energetik xarakteristikasi va u quyidagi formuladan topiladi:

$$H = z + h_p + h_v = z + p_{ort.} / \gamma + 0,5v^2/g ,$$

Bunda z (m) – geometrik napor; h_p (m) – pyezometrik napor; h_v (m) – tezkor napor bo‘lib, suyuqlik harakatining miqdoridir va u kinetik energiyani ifodalaydi; $z + h_p$ – potensial energiyani ifodalaydi (xuddi gidrostatik napor kabi); v (m/s) – oqim tezligi. Shunday qilib, gidrodinamik napor o‘rganilayotgan suyuqlik oqimi nuqtasining to‘la energiyasini ifodalaydi. Hisob

jarayonida h_v oqimning v tezligi qiymatidan topiladi. Hidrodinamik napor nolinci $O-O$ gorizontal tekislikdan boshlab hisoblanadi (3.4-rasm). Laboratoriya sharoitida h_v tezkor napornning miqdorini pyezometr va Pito trubkalaridagi suyuqlik sathlarining farqi bilan ham aniqlash mumkin. Pito trubkasining pyezometrda farqi uning suyuqlikka botirilgan uchining suyuqlik oqimiga qarshi qayrilganligida va u pyezometr kabi nafaqat suyuqlik ustunining bosimiga, balki yana oqim harakatining tezlik ta'siriga qarab ham o'zgaradi.



3.4-rasm. Hidrodinamik napor tushunchasiga sxema:
1- pyezometr; 2- Pito trubkasi.

Bernulli tenglamasi (suyuqlik uchun) quyidagicha:

$$z_1 + p_{ort.1} / \gamma + 0,5 v_1^2 / g = z_2 + p_{ort.2} / \gamma + 0,5 v_2^2 / g + \Delta H ,$$

yoki naporlar orqali (3.5-rasm)

$$z_1 + h_{p1} + h_{v1} = z_2 + h_{p2} + h_{v2} + \Delta H ,$$

bunda ΔH – oqimning birinchi (boshlang'ich) va ikkinchi (oxirgi) kesimlari orasidagi yo'qotilgan napor (yoki naporlar farqi).

Bernulli tenglamasi energetik ma'nosiga ko'ra energiya saqlanish qonunini ifodalaydi: potensial energiya ($z + h_p$), kinetik energiya ($0,5v^2/g$) va yo'qotilgan energiya miqdorlari yig'indisi oqimning barcha nuqtalari uchun o'zgarmas bo'lib qoladi:

Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosi: oqimning barcha nuqtalari uchun to'rtta z , h_p , h_v , ΔH balandliklarning yig'indisi o'zgarmas bo'lib qoladi.

Bernulli tenglamasidan quyidagi natijalar kelib chiqadi:

- *Gorizontol quvurdan suyuqlikning oqishi.* Bunday holda Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\rho v^2 / 2 + p = \text{const} .$$

Bu ifodadan quvurning katta tezlikli bo'lagida bosimning kam ekanligi kelib chiqadi. Sharrachaning uzviyligi tenglamasiga ko'ra quvurning ko'ndalang kesimi kichik bo'lagida oqimning tezligi katta, natijada, oqim quvurning qisqargan bo'lagiga o'tishida bosim kamayadi. Bosimning bunday pasayishi suyuqlikni quvur o'qi bo'ylab tezlanish bilan oqishga majbur qiladi. Tezlik va bosim quvur o'qi bo'ylab yo'nalgan koordinatadan bog'liq, ammo tezlanish yo'nalishi suyuqlik oqimi tezligining yo'nalishidan bog'liq emas.

- *Suyuqlikning idishdan oqib chiqishi.* Faraz qilaylik, suyuqlik idish tubidan burg'u bilan ochilgan kichkina techik orqali oqib chiqmoqda. Hamma oqim chiziqlari idish tubidan va teshikdan h balandlikda joylashgan erkin sirt orqali o'tadi, bunda barcha oqim chiziqlari uchun Bernulli tenglamasining o'zgarmasi bir xil bo'ladi. Chu chiziqlardan bittasini qaraylik, bunda erkin sirtidagi oqim tezligi teshikdan oqib chiqayotgan suyuqlik tezligiga nisbatan hisobga olmaslik darajada kichik deb faraz qilaylik. Buni hisobga olib, erkin sirt sathi va teshik orasidagi oqim chizig'iga Bernulli tenglamasini qo'llaylik:

$$p_{atm} + \rho g h = p_{atm} + \rho v^2 / 2 ,$$

bu yerda p_{atm} – atmosfera bosimi; v – idish teshigidan suyuqlikning oqib chiqish tezligi. Bu tenglamadan *Torricheli formulasi* deb atalivchi idish teshigi orqali suyuqlikning oqib chiqish tezligi ifodasini olamiz:

$$v = \sqrt{2gh} .$$

Ideal suyuqlikning idish teshigidan oqib chiqish tezligi formulasi jismning h balanglikdan erkin tushishi bilan o‘xshash. Aslida esa haqiqiy suyuqliklar uchun idish teshigidan oqib chiqish tezligi qiymati kichikroq bo‘ladi, ya’ni

$$v = \mu_0 \sqrt{2gh} ,$$

bu yerda μ_0 - eksperiment orqali aniqlanuvchi tezlik (suyuqlik sarfi) koeffisienti bo‘lib, teshikning chuqurligi h va suyuqlik sathiga ta’sir etayotgan bosimdan bog‘liq, masalan, doiraviy kesimli teshik uchun $\mu_0 = 0,95 \dots 0,99$.

3.1.2. Namunaviy masalalar va ularning yechimlari

1-masala. Biror oqimning harakat tenglamalari sistemasi quyidagicha berilgan bo‘lsin:

$$x = a + Ut ; \quad y = b ; \quad z = c .$$

Harakatning xarakterini va uning barcha kinematik parametrlarini aniqlang.

Yechish: Sistema berilishiga ko‘ra ixtiyoriy zarrachaning y va z koordinatalari t vaqtga bog‘liq emas, shuning uchun berilgan harakat Ox o‘qiga parallel. Boshqacha aytganda harakati berilgan suyuqlik ixtiyoriy zarrachasining trayektoriyasi Ox o‘qiga parallel to‘g‘ri chiziqdan iborat.

Harakat Lagranj o‘zgaruvchilarida berilgan. Tezlik vektorining proeksiyalarini topaylik:

$$u_x = \frac{\partial f_1}{\partial t} = U ; \quad u_y = \frac{\partial f_2}{\partial t} = 0 ; \quad , \quad u_z = \frac{\partial f_3}{\partial t} = 0 .$$

To'la tezlik: $u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2} = U$.

Harakatning yo'nalishi yo'naltiruvchi kosinuslar bilan aniqlanadi:

$$\cos\alpha = \frac{U}{U} = 1; \quad \cos\beta = \frac{0}{U} = 0; \quad \cos\gamma = \frac{0}{U} = 0.$$

Bu yerdan $\alpha = 0^\circ$; $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 90^\circ$. Demak, harakat Ox o'qiga parallel ekan.

Tezlanishning tashkil etuvchilarini topaylik:

$$a_x = \frac{\partial^2 f_1}{\partial t^2} = 0; \quad a_y = \frac{\partial^2 f_2}{\partial t^2} = 0; \quad a_z = \frac{\partial^2 f_3}{\partial t^2} = 0.$$

Shunday qilib, harakat tekis ekan.

Bu masala juda ham sodda bo'lib, uning berilishidanoq yuqoridagi xulosalarni chiqarish mumkin edi. Bu yerda masalani yechishning ketma-ketligini ko'rsatish maqsadidagina hisoblashlar keltirildi.

2-Masala. Ko'ndalan kesimi to'g'ri to'rtburchak bo'lib, balandligi $2H$ kengligi b dan kichik bo'lgan tekis quvurdan oqayotgan suyuqlikning laminar oqimi tezliklari taqsimoti qonuni ushbu $u = \frac{3}{2}U\left(1 - \frac{x^2}{H^2}\right)$ formula bilan berilgan. O'rtacha

solishtirma kinetik energiya ifodasini to'g'rilovchi koeffisientning o'rtacha tezlik bo'yicha hisoblangan qiymatini toping.

Yechish. Oqimning kinetik energiyasi: $\mathfrak{E} = \frac{1}{2} \int_F u^2 dm$.

Qaralayorgan holda $dm = \rho u dF = \rho u b dx$. U holda

$$\mathfrak{E} = \frac{1}{2} \cdot 2 \int_F b \rho u^3 dx = b \rho \int_0^H \frac{27}{8} U^3 \left(1 - \frac{x^2}{H^2}\right)^3 dx = \frac{54}{35} \rho b H U^3.$$

Agar kinetik energiyani o'rtacha tezlik bo'yicha hisoblasak, u holda

$\bar{\vartheta} = \frac{1}{2} \rho b \cdot 2H \cdot U \cdot U^2 = \rho b H U^3$. Shunday qilib, o'rtacha tezlik bo'yicha hisoblangan jonli kuchga to'g'rilovchi miqdor quyidagicha ekan: $\vartheta = \frac{54}{35} \bar{\vartheta}$.

3-masala. Quvurdagi laminar oqimning o'rtacha tezligini aniqlash uchun Pito naychasini quvur o'qidan qanday r masofada o'rnatish lozim?

Yechish. Laminar oqimda quvurdagi tezlik taqsimoti quyidagi funksiya bilan ifodalanadi: $u = 2U(1 - r^2/a^2)$. Bu yerdan $u = U$ shartni qanoatlantiruvchi r ni topamiz: $1 = 2(1 - r^2/a^2)$. Natijada $r = a/\sqrt{2}$.

3.1.3. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari

1. 3.3-rasmda tutash suv uzatish quvurlari (oqimning uzviylik tenglamasiga sxema) tasvirlangan. Agar quvur ko'ndalang kesimlari yuzasi $\omega_1 = 0.05 \text{ m}^2$ va $\omega_2 = 0.01 \text{ m}^2$ bo'lsa, u holda undagi oqim uchun $v_1 = 1 \text{ m/s}$ bo'lganda $v_2 = \dots \text{ m/s}$?

2. Tezliklari proeksiyalari quyidagicha berilgan suyuqlikning harakati uchun uning oqim chiziqlari va traektoriyasi tenglamasini, a – biror o'zgarmas miqdor bo'lganda, toping :

1) $u_x = ax$, $u_y = ay$, $u_z = 0$;

2) $u_x = x + 4y$, $u_y = 4x + y$, $u_z = 0$;

3) $u_x = ax$, $u_y = ay$, $u_z = az$;

4) $u_x = y + t$, $u_y = x + t$, $u_z = 0$;

3. Ushbu $\varphi = A(-x^2 - y^2 + 2z^2)$ tezlik potentsiali funksiyasi $\nabla^2 \varphi = 0$ Laplas tenglamasini qanoatlantirishini isbotlang. Tezlik komponentalarini toping va harakatni tavsiflang.

4. Ushbu $\varphi = A x + B x / (x^2 + y^2)$ tezlik potentsiali funksiyasi uchun ψ - oqim funksiyasini toping.

5. Ushbu $\varphi = A(x^2 - y^2)$ funksiya siqilmaydigan suyuqlik uchun tezlik potentsiali bo'lishini tekshiring, shu suyuqlik oqimini tavsiflang.

6. Ushbu $\Phi(z) = A/z$ kompleks potentsialni differensiallab, tezlik komponentalarini toping.

3.1.4. Testlar

1. 3.3-rasmda tutash suv uzatish quvurlari (oqimning uzviylik tenglamasiga sxema) tasvirlangan. Undagi oqim uchun to'g'ri tengsizlikni aniqlang.

A) $v_1 > v_2$ B) $v_1 < v_2$ C) $v_1 = v_2$ D) to'g'ri javob ko'rsatilmagan

2. Qovushoq suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi – bu:

$$A) \quad z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g};$$

$$B) \quad \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_0}{\rho_0} + \frac{v_0^2}{2};$$

$$C) \quad z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + \Sigma h;$$

$$D) \quad z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{1}{g} \cdot \int_1^2 \frac{\partial v}{\partial t} dl.$$

3. Barqaror harakatlanayotgan ideal suyuqlik sharrachasi uchun Bernulli tenglamasi – bu:

$$A) \quad h_{mp} = \lambda \frac{1}{4Rr} \cdot \frac{v^2}{2g}; \quad B) \quad H = z + \frac{p}{\rho g} + \alpha \frac{v^2}{2g};$$

$$C) \quad h_m = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}; \quad D) \quad gH = gz + \frac{p}{\rho} + \alpha \frac{v^2}{2}.$$

4. Agar suv uzatish quvurining diametri 2 marta oshirilsa, u holda undagi suyuqlik oqining o'rtacha tezligi qanday o'zgaradi?

A) 2 marta oshadi ; B) 2 marta kamayadi ;

C) 4 marta oshadi ; D) 4 marta kamayadi

5. Siqilmaydigan suyuqlik uchun harakat differensial tenglamalari sistemasi (Navye-Stoks tenglamasi) - bu:

$$A) \quad F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0; \quad F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0; \quad F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0$$

$$B) \quad \frac{\partial v_x}{\partial t} + (v_x \cdot \nabla) v_x = F_x - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \nabla^2 v_x;$$

$$\frac{\partial v_y}{\partial t} + (v_y \cdot \nabla) v_y = F_y - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \nabla^2 v_y;$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial t} + (v_z \cdot \nabla) v_z = F_z - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \nabla^2 v_z$$

$$C) \quad \frac{\partial v_x}{\partial t} + (v \cdot \nabla) v_x = F_x - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x}; \quad \frac{\partial v_y}{\partial t} + (v \cdot \nabla) v_y = F_y - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y};$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial t} + (v \cdot \nabla) v_z = F_z - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z}.$$

D) to'g'ri javob ko'rsatilmagan.

6. Qovushoq suyuqliklar uchun uzviylik gipotezasi – bu:

A) suyuq jismning hajmida suyuqlik zichligi o'zgarmas;

B) suyuqlik zarrachalarining tezliklari barcha yo'nalishlarda bir xil;

C) suyuqlikning xarakteristikalari hajm bo'ylab uzluksiz taqsimlangan.

D) to'g'ri javob ko'rsatilmagan.

7. Quyida keltirilgan analitik ifodalardan qaysi biri ideal suyuqlikning Eyler shaklidagi harakat tenglamasini ifodalaydi?

$$A) \quad \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0; \quad B) \quad F - \frac{1}{\rho} \text{grad}(p) = 0;$$

$$C) \quad \frac{\partial v}{\partial t} + \text{grad}(\Phi + p + \frac{v^2}{2}) = [v \times \text{rot } v];$$

$$D) \quad \frac{\partial v}{\partial t} + \text{grad} \frac{v^2}{2} - [v \times \text{rot } v] = F - \frac{1}{\rho} \text{grad}(p).$$

8. Quyida keltirilgan analitik ifodalardan qaysi biri ideal suyuqlikning potensial harakati uchun Koshi-Lagranj integralini ifodalaydi?

A) $\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \Phi + p + \frac{v^2}{2} = f(t)$; B) $\frac{v^2}{2} = \frac{v_0^2}{2} + \frac{p_0}{\rho_0} \ln \frac{p_0}{\rho}$;
 C) $z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2} + \frac{1}{g} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = f(t)$; D) $gz + \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} = const$.

9. Siqiluvchan suyuqlik uchun uzviylik tenglamasi – bu:

A) $\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$; B) $F - \frac{1}{\rho} \text{grad}(p) = 0$;
 C) $\frac{\partial p}{\partial t} + \text{div}(\rho v) = 0$; D) $\text{div}(\rho v) = 0$.

10. Torricheli formulasi – bu ... ?

A) $v = \sqrt{2gh}$ B) $v = \sqrt{gh}$ C) $v = 2\sqrt{2gh}$ D) $v = gh$

Sinov savollari

1. Ideal suyuqlik modeli deganda nimani tushunasiz?
2. Oqim chizig'i, oqim naychasi erkin sirt va jonli kesim nima?
3. Oqim sarfi, oqimning o'rtacha tezligi, ho'llanish perimetri va gidravlik radius nima?
4. Oqimning uzviylik tenglamasi va uning ma'nosini tushunti-ring.
5. Gidrodinamik napor va uning ma'nosini ayting.
6. Bernulli tenglamasi va undan natijalarini tushuntiring.

Adabiyotlar

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В двух томах.- М.: Наука, 1983, 1984.
2. Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi. Kinematika. Uslubiy qo'llanma. – Samarqand: SamDU nashri, 2005. – 154 b.
3. Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi. Dinamika. Uslubiy qo'llanma. – Samarqand: SamDU nashri, 2006. – 114 b.
4. Альбом течений жидкости и газа./Сост. и авт.текст М. Ван-Дайко. – М.: Мир, 1986. – 180 с.

3.2. Oqimlarning harakat rejimi

Reja:

1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (naporlar farqi va yo'qotilgan napor, naporli oqimlar hisobi, gidravlik zarba, teshik va nasadkadan oqish, oqimlarning harakat rejimi, naporsiz oqimlar hisobi).
2. Namunaviy masalalar va ularning yechimlari.
3. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari.
4. Mustaqil ish topshiriqlari.
5. Testlar.

Darsning o'quv va tarbiyaviy maqsadi: Talabalarga suyuqlik oqimidagi naporlar farqi va yo'qotilgan napor, naporli oqimlar hisobi, gidravlik zarba, teshik va nasadkadan oqish, oqimlarning harakat rejimi, naporsiz oqimlar hisobi haqida tushuncha berish, ularda erkin fikrlash, asosiy hisob formulalaridan to'g'ri foydalanish, amallarni to'g'ri bajarish, xususiy hollarni chiqarish va ularni masalalar yechishda qo'llay bilish ko'nikmalarini hosil qilish.

Tayanch iboralar: naporlar farqi; yo'qotilgan napor; suyuqlik sarfi; tezlik; naporli oqimlar hisobi; gidravlik qarshilik ko'effitsiyenti; gidravlik ishqalanish ko'effitsiyenti; gidravlik qiyalik; Veysbax va Shezi formulalari; gidravlik zarba; teshik va nasadkadan oqish; suyuqlik sarfi; oqimlarning harakat rejimi; laminar va turbulent oqim; Reynolds soni; Reynoldsning kritik soni; naporsiz oqimlar hisobi; napor chizig'i; Pito trubkasi; naporlar farqi; geometrik qiyalik.

Dars o'tish vositalari: sinf doskasi, plakatlar, fundamental fan darsliklari, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, tarixiy ma'lumotlar, matematik-fizik va mexanik atamalar lug'at va izohli lug'at va kompyuterdan samarali foydalaniladi.

Dars o'tish usullari: takrorlash, suhbat va savol-javob hamda munozara (mavzuni o'zlashtirishni mustahkamlash) tarzida jonli muloqot o'tkaziladi (talabaning mustaqil, erkin fikrlash va so'zlashishga o'rgatgan holda fikr mulohazalarini bayon qildirish, buning uchun har bir talabaga o'tilgan mavzular, tayanch iboralardan savollar tashlanadi, ular o'z fikrini bayon qiladi, hamma o'quvchi javobni bayon qilib bo'gandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); tarqatma materiallar asosida masalalar yechiladi (misol va masalalar yozilgan tarqatmalar har bir talabaga beriladi, doskaga esa 2-3 ta talaba bo'lib 2-3 ta misol yoki masala yechishadi, talabalar o'zlariga berilgan tarqatma misol va masalalarni yechishadi; hamma talaba masala javobini topgandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); iboralarga izohlar beriladi.

Darsning mazmuni:

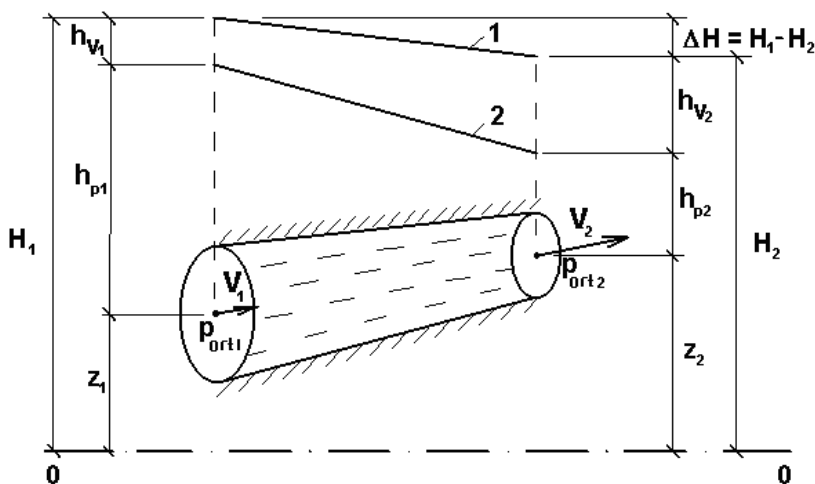
3.2.2. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari

Naporlar farqi va naporning yo'qotilishi (ΔH) o'rtasidagi umumiylik va tafovutlar quyidagicha. Suyuqlikning harakati naporlar farqi ta'sirida sodir bo'ladi, bunda harakat katta napordan kichik naporga qarab yo'naladi. Suyuqlikning harakatida yo'qotilgan napor oqimning to'la energiyasini ifodalaydi. Suyuqlikning barqaror harakatida naporlar farqi va yo'qotilgan napor teng bo'ladi. SI birliklar sistemasida ularning har ikkalasi ham balandlik bo'yicha metrlarda o'lchanadi.

Naporli oqimlarni hisoblash Q noma'lum sarflarni, v tezlilarni yoki ΔH yo'qotilgan napor (naporlar farqini) topishga olib kelinadi. Quvurlar uchun ularning ichki d diametri (m) topiladi. Oqim tezligi v va oqim sarfi Q ma'lum bo'lsa, u holda aniqlanayotgan ΔH yo'qotilgan napor, aksincha,

oqim tezligi v va oqim sarfi Q ni aniqlashda ΔH naporlar farqi deb ataladi.

Napor chizig‘i oqim bo‘ylab gidrodinamik naporni aks ettiradi. Bu chiziq Pito trubkasi yoki hisob bilan aniqlanadi. Bu chiziq harakat yo‘nalishiga qarab pasayadi ya’ni qiyalanadi, chunki yo‘qotilgan napor qaytmaydigan jarayon. Pyezometrik chiziq esa $h_v = v^2/2g$ tezkor naporsiz oqim bo‘ylab naporlarni aks ettiradi, shuning uchun bu chiziq doimo napor chizig‘idan pastda joylashgan bo‘ladi. Bu chiziq pyezometr, manometr yoki hisob bilan aniqlanadi. Pyezometrik chiziq oqim bo‘ylab pasayishi va ko‘tarilishi ham mumkin (3.5-rasm).



3.5-rasm. Bernulli tenglamasiga sxema:
1- naporli chiziq; 2- pyezometrik chiziq.

Naporli oqimlar hisobi. Yo‘qotilgan napor (naporlar farqi) Veysbax formulasidan topiladi:

$$\Delta H = 0,5 \zeta v^2 / g ,$$

bunda ζ - gidravlik qarshilik koeffisienti.

Quvurning to'g'ri chiziqli bo'lagida yo'qotilgan naporni (chiziqli yo'qotilgan naporni, h_l) Veysbax formulasi bo'yicha

$$h_l = 0,5 \zeta_l v^2 / g$$

kabi hisoblashda gidravlik qarshilik koeffisienti (ζ_l) quyidagicha topiladi:

$$\zeta_l = \lambda l / d ,$$

bunda λ - gidravlik ishqalanish koeffisienti; l - quvurning to'g'ri chiziqli bo'lagi uzunligi.

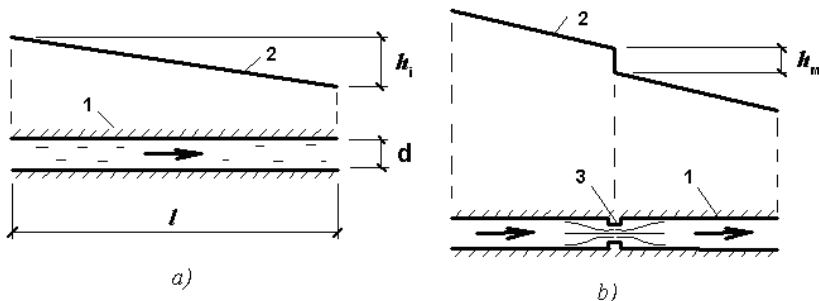
Quvurlarning burilish bo'lagida, suv jo'mragida, quvurlarning ulanish va burovchi bilan mahkamlangan bo'laklarida mahalliy yo'qotilgan napor (h_m) Veysbax formulasi bo'yicha hisoblanadi

$$h_m = 0,5 \zeta_m v^2 / g ,$$

gidravlik qarshilik koeffisienti (ζ_m) esa aniq hollar (burilish, suv jo'mragi va hokazo) uchun spravochniklardan topiladi.

Umumiy yo'qotilgan napor (ΔH) chiziqli (h_l) va mahalliy yo'qotilgan napor (h_m) yig'indisidan topiladi (3.6-rasm):

$$\Delta H = \sum h_l + \sum h_m .$$



3.6-rasm. Yo'qotilgan napor: a) chiziqli; b) mahalliy.

1- suv uzatish quvuri; 2- napor chizig'i; 3- mahalliy qarshilik (diafragma).

Gidravlik qiyalik (i) deb chiziqli yo'qotilgan napor (h_l) ning oqim uzunligi (l) ga nisbatiga aytiladi.

$$i = h_l / l .$$

Oqimning geometrik qiyaliklari uchun naporsiz oqimlar *Shezi formulasi* bo'yicha hisoblanadi:

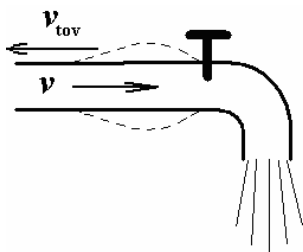
$$i_{geom.} = v^2 / (R \cdot C^2),$$

bunda C – Shezi koeffisienti; R – gidravlik radius (m). Shezi koeffisienti quyidagi formuladan topiladi:

$$C = R^{1/6} / n,$$

bunda n – quvur yoki kanal devorining g'adir-budirlik koeffisienti.

Gidravlik zarba. Naporli suv uzatish quvurlaridagi bosimning impulsli o'zgarishi hodisasini gidravlik zarba ifodalaydi. Masalan, quvurdagi suv jo'mragini tezkor yopsak, u holda v tezlik bilan harakatlanayotgan suv tez to'xtashga majbur bo'ladi (3.7-rasm). Ammo harakatlanayotgan suyuqlikning inertsiya kuchi hisobiga jo'mrak qarshisida miqdori Δp ga teng ko'tarilgan bosim paydo bo'ladi, boshqacha aytganda, oqayotgan suyuqlikning kinetik energiyasi jo'mrak yaqinidagi suyuqliqni siqishga sarflanadi va siqilgan soha suvdagi v_{tov} - tovush tezligi bilan oqimga qarshi yo'nalishga tarqaladi, natijada suv uzatish quvuri buzilishi mumkin.



3.7-rasm. Gidravlik zarba sxemasi.

Gidravlik zarbadagi Δp ning qiymati ushbu

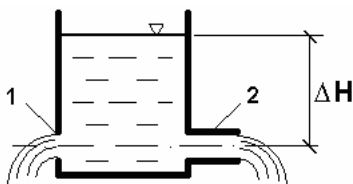
$$\Delta p = \rho v v_{tov},$$

N.E.Jukovskiy formulasidan topiladi, bu yerda ρ (kg/m^3) - suyuqlik

zichligi. Suyuqlikda tovush (to'lqin) tarqalish tezligi yetarlicha katta ($v_{tov} \approx 1500 \text{ m/s}$) bo'lganligi sababli quvurdagi suvning kichik tezliklarida ham bunday gidravlik (gidrodinamik) zarbaga faqatgina rezkali quvurlargina bardosh bera oladi.

Teshik va suv uzatish kiygizgichi (nasadka)dan oqish.

Nasadka deb suv oqimini yaxshilovchi, asosiy diametriga nisbatan 3...4 marta kishik diametrli qisqa quvurga aytiladi. Masalan, suv idishning bir xil chuqurligiga bir xil diametrli teshik va nasadka o'rnatilgan bo'lsa, u holda teshikka nisbatan nasadka orqali suv sarfi taxminan 30% ortiq bo'ladi (3.8-rasm).



3.8-rasm. Teshik va nasadkadan oqish sxemasi: 1- teshik; 2- nasadka.

Teshik yoki nasadka orqali suyuqlik sarfi quyidagi formuladan topiladi:

$$Q = \mu_o \omega \sqrt{2g\Delta H} ,$$

bunda μ_o – suyuqlik sarfi (tezlik) koeffisienti: $\mu_o = 0.62$ – teshik uchun; $\mu_o = 0.82$ – nasadka uchun; ω - teshik yoki nasadkaniing ko'ndalang kesim yuzasi; ΔH – naporlar farqi (3.8-rasm).

Oqimlarning harakat rejimi. Barcha naporli va napor-siz oqimlarning harakat rejimi ikki turga bo'linadi (3.9-rasm):

- *laminar* (sokin, parallel sharrachali, kichik tezliklardagi oqimlar), bunda $Re < Re_{kr}$;
- *turbulent* (po'rtanali, uyurmali, katta tezliklardagi oqimlar) bunda $Re > Re_{kr}$.

Soddaroq qilibda aytganda:

- bir-biriga tegib oqayotganda aralashmaydigan qatlamli oqishga *laminar oqim* deyiladi;
- tezlik ortganda qatlamlarning tartibsiz ravishda aralashib oqishiga *turbulent oqim* deyiladi.

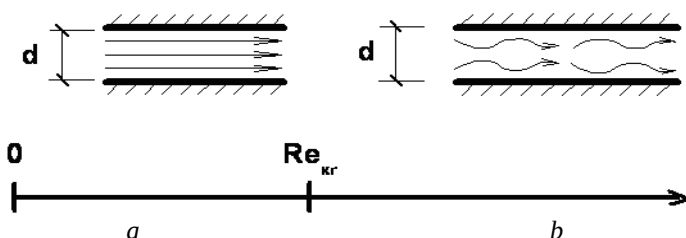
Reynolds soni (Re) – bu o'lchamsiz son (kriteriya) bo'lib u quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi (3.9-rasm):

- naporsiz oqimlar uchun $Re = v R / \nu$, bunda R - naporsiz oqimning gidravlik radiusi (m).

- naporli oqimlar uchun $Re = v d / \nu$, bunda v – o‘rtacha tezlik; d – naporli quvurning ichki diametri (m); ν - kinematik qovushoqlik koeffisienti;

Reynoldsnning kritik soni (Re_{kr}) – bu oqim rejimi o‘zgarishi yuz beradigan Reynolds soni:

- naporli oqimlar uchun $Re_{kr} = 2320$;
- naporsiz oqimlar uchun $Re_{kr} \approx 500$.



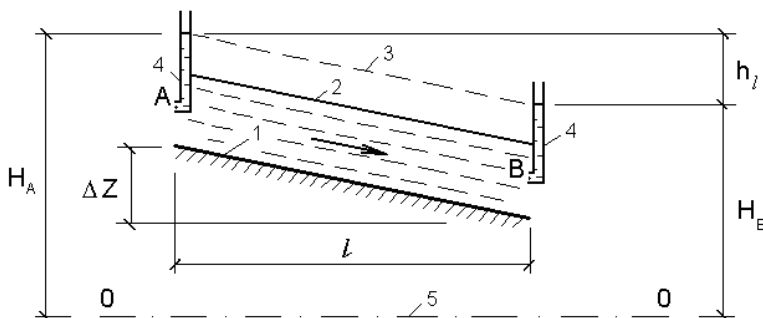
3.9-rasm. Suyuqlik harakati rejimini aniqlash uchun Reynolds soni skalasi (a – laminar oqim; b – turbulent oqim)

Gidravlik ishqalanish koeffisienti (λ) oqim harakatining rejimidan bog‘liq:

- laminar rejimda $\lambda = 64 / Re$;
- turbulent rejimda $\lambda = 0,11 \sqrt[4]{\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d}}$, bunda Δ - quvur devorining absolyut g‘adir-budirligi. Masalan, eski po‘lat quvur uchun $\Delta \approx 1,5$ mm.

Naporsiz oqimlar hisobi - bu oqimning mumkin bo‘lgan v tezligi va quvur, zovur, ariq va boshqa gidroqurilmalar tubining i_{geom} geometrik qiyaligida Q sarfni o‘tkazish haqidagi masalani yechishdan iborat. Naporsiz (erkin sirtli) oqimlar kanalizatsiya quvurida, kanalda, tabiatda esa buloq, irmoq va daryolarda kuzatiladi.

Naporsiz oqimlarni hisoblashda quyidagi farazlar qabul qilinadi: oqim harakati tekis; idish tubining i_{geom} geometrik qiyaligi erkin sirt qiyaligiga (pyezometrik qiyalikka) va i gidravlik qiyalikka teng. Boshqacha aytganda idish tubining 1-sirti, 2- oqimning erkin sirti va 3- napor chizig'i o'zaro parallel (3.10-rasm).



3.10-rasm. Naporsiz oqim: 1- idish tubi; 2- erkin sirt; 3- napor chizig'i; 4- Pito trubkasi; 5- gorizontal chiziq.

Shuni ta'kidlaymizki, naporsiz oqim ham naporlarga ega. Naporsiz oqim degani aslida, to'g'riroq aytganda, erkin sirtli oqim degani. Masalan, 3.10-rasmdagi oqimning A va B nuqtalarida naporlar mavjud, ularning H_A va H_B miqdorini Pito trubkasi yordamida qayd qilish mumkin.

$H_A - H_B$ naporlar farqi oqimning l uzunlikli bo'lagidagi h_l chiziqli yo'qotilgan naporga teng. Qabul qilingan farazlarga ko'ra, h_l ning qiymati l uzunlikli bo'lakning boshi va oxiridagi balandliklar qiymatlari ayirmasi Δz ga teng, chunki $i = h_l / l$, $i_{geom} = \Delta z / l$ va $i = i_{geom}$.

Mahalliy yo'qotilgan napor (h_m) naporsiz oqimlarda ham, naporli oqimlarda ham va oqimning birdan deformatsyalanishlarida (masalan, oqimning burilishlarida, uchtalik uzatish quvurida, torayosh joylarida va hokazo) ham paydo bo'ladi.

Odatda naporsiz oqimlar hisobida h_m ning qiymatini hisobga olishmaydi.

Naporsiz oqimlarning gidravlik hisoblarida v (m/s) tezlik, h/d to'ldirilishi va i_{geom} qiyaligi bo'yicha cheklanishlar qo'yiladi. Masalan, kanalizatsiya quvurida quyidagi uchta cheklanishlar bajarilishi shart: $0.7 \leq v \leq 4$; $0.3 \leq h/d \leq 0.6$; $1/d_{mm} \leq i_{geom} \leq 0.15$, bunda d_{mm} – quvurning ichki diametri (m).

Naporsiz oqimlar hisobi uchun Shezi formulasi keng qo'llaniladi, bunda geometrik qiyalik quyidagicha hisoblanadi:

$$i_{geom} = v^2 / (R C^2) ,$$

bu yerda R – gidravlik radius (m); v – oqim tezligi (m/s) ; C – Shezi koeffisienti Manning formulasidan topiladi:

$$C = R^{1/6} / n ,$$

bu yerda n – quvur yoki kanal devorining g'adir-budirlik koeffisienti.

Oqim tezligining oqim sarfi bilan bog'lanishi:

$$v = Q / \omega .$$

Shunday qilib, keltirilgan formulalar ixtiyoriy naporsiz oqimlar uchun gidravlik hisobni bajarishga imkon beradi. Odatda, texnik hisoblarda Shezi formulasi asosida tuzilgan nomogramma va jadvallardan foydalaniladi.

Shuni alohida ta'kidlaymizki, Shezi formulasi turbulent rejimli oqimlar uchun o'rinli. Amaliyotda asosan ana shunday oqimlar mavjud.

3.2.2. Namunaviy masalalar va ularning yechimi

1-masala. Kengligi $1,0$ m , tubining bo'ylama qiyaligi $i_{geom.} = 0,005$, undagi suvning chuqurligi $0,2$ m bo'lgan tuproq ariqning suv o'tkazish imkoniyatini hisoblang.

Yechish. Masala shartidan kelib chiqqan holda Shezi formulasiga ko'ra naporsiz oqimni qaraymiz.

Oqimning gidravlik radiusi:

$$R = \omega / \chi = (1 \cdot 0,2) / (0,2 + 1 + 0,2) = 0,143 \text{ m}.$$

Shezi koeffisienti:

$$C = R^{1/6} / n = 0,143^{1/6} / 0,025 = 28,9.$$

Shezi formulasidan oqim tezligi:

$$v = C (i_{geom.} \cdot R)^{1/2} = 28,9 \cdot (0,005 \cdot 0,143)^{1/2} = 0,773 \text{ m/s}.$$

Ariqning suv otkazish imkoniyati (sarfi):

$$Q = v \omega = 0,773 \cdot 1 \cdot 0,2 = 0,154 \text{ m}^3/\text{s}.$$

2-masal. Naporli suv uzatish quvurida $d = 20 \text{ mm}$; $v = 1 \text{ m/s}$; $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Oqim rejimini aniqlang.

Yechish. Ushbu $Re = v d / \nu = 1 \cdot 0,02 / 10^{-6} = 20000$ hisob natijasiga ko'ra $Re = 20000 > Re_{kr} = 2320$ ekanligidan oqim rejimi turbulent ekan deb xulosaga kelamiz.

3-masala. Sanoatdagi 10 sm diametrli va uzunligi $l = 1 \text{ km}$ suv uzatish quvuridan 10 m/s tezlik bilan suv oqmoqda. Faraz qilaylik, quvurning ikkinchi uchida o'rnatilgan jo'mrak 1 sekundda yopilsin. Gidrozarba kuchi aniqlansin.

Yechish. Po'lat quvur chozilmaydi va kengaymaydi, suv siqilmaydi, natijada harakatlanayotgan suvning butun massasini jo'mrak keskin to'xtatadi. Quvurda oqayotgan suyuqlikning harakat miqdori

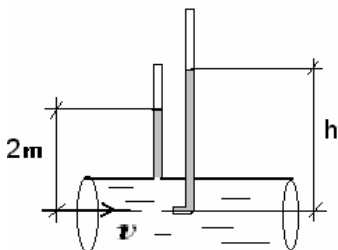
$$Q = M v = \rho V v = \pi r^2 l \rho v = \\ = 3,14159 \cdot 0,05^2 \cdot 1000 \cdot 1000 \cdot 10 \approx 80000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}.$$

Demak gidrozarbaning kuchi 80 kN ekan, bunday kuchga qidroquvur chidamaydi, u albatta yoriladi.

3.2.3. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari

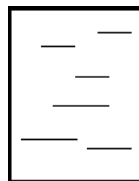
1. Ikkala tarafi ham ochiq ikkita naycha naporli suv o'tkazish quvuriga 3.12–rasmda ko'rsatilgandek ulangan. Bu naychalar nima deb ataladi? Ular yordamida nima o'lchanadi? Agar quvurdagi suyuqlik harakati tezligi $v = 10 \text{ m/s}$ bo'lsa, u holda ikkinchi naychadagi h suyuqlik ustuni nimaga teng?

2. Ko'ndalang kesimi $100 \times 100 \text{ mm}$ o'lchamli suyuqlik oqimiga to'la botirilgan to'g'ri to'rtburchak shaklidagi quvurning geometrik xarakteristikalarini aniqlang, bunda jonli kesim yuzasi ω ; ho'llanish perimetri χ (3.13-rasm).



3.12-rasm.

3.13-rasm



3. Diametri 40 mm va sarfi Q (l/s) bo'lgan naporli suv uzatish quvuridan suv oqmoqda. Oqimning diametri ikki marta kichik quvurga otishdagi o'rtacha tezligini aniqlang.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$Q, l/s$	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7

4. Diametri 20 mm va sarfi Q (l/s) bo'lgan gorizontal quvuridan suv oqmoqda. Manometr p_{man} bosimni ko'rsatmoqda. Quvurdagi suvning quvur o'qiga nisbatan gidrodinamik naporini aniqlang.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$Q, l / sek$	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
$p_{man}, kg / sm^2$	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5

5. Tizillab oqayotgan suv nasosning ishchi qismiga kelishdagi suv tezligi v_1 (m/s) va bosimi p_1 ($kg \cdot k / sm^2$). Agar naychadagi oqim tezligi v_2 (m/s) bo'lsa, u holda naycha sharrachasidagi ortiqcha bosimni toping (bunda yoqotilgan napor hisobga olmagan holda Bernulli tenglamasidan foydalaning).

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$p_1, \text{ kg k / sm}^2$	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
$V_1, \text{ m/s}$	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
$V_2, \text{ m/s}$	21	22	23	24	25

6. Agar d (mm) diametrli naporli doiraviy kesimli quvurning sarfi 15°C temperaturada Q (l/s) bo'lsa, u holda oqim rejimini aniqlang.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$Q, \text{ l/s}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
$D, \text{ mm}$	15	20	25	32	40

7. d (mm) diametrli naporli quvurdan 10°C temperaturali suv oqmoqda. Oqim rejimi almashinish paytidagi Q (l/sek) sarfni hisoblang.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$d, \text{ mm}$	40	32	25	20	15

8. Agar o'lchov bakining hajmi 20 l va uning to'lish vaqti 10 s bo'lsa, u holda suyuqlik sarfi $Q = \dots \text{ l/s}$?

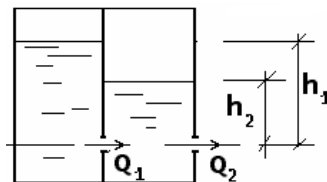
9. Agar suv uzatish quvurining sarfi $Q = 2.0 \text{ l/sek}$; suyuqlikning zichligi $\rho = 800 \text{ kg / m}^3$; quvurning diametri $d = 50 \text{ mm}$, gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti $\lambda = 0.03$, quvurning uzunligi $l = 10.0 \text{ m}$, mahalliy gidravlik qarshilik koeffitsiyenti $\zeta = 9$ bo'lsa, u holda talab qilinadigan bosim miqdori $\Delta p = \dots \text{ Pa}$?

10. Agar parallel ulangan ikkita suv uzatish quvurlaridan birinchisining diametri $d_1 = 40 \text{ mm}$, uning uzunligi $l_1 = 8 \text{ m}$, ikkinchisining diametri $d_2 = 20 \text{ mm}$, uning uzunligi $l_2 = 4 \text{ m}$, gidravlik ishqalanish koeffitsientlari $\lambda_1 = \lambda_2 = 0.03$, jami

suyuqlik sarfi $Q = 2 \text{ l/s}$ bo'lsa, u holda ikkinchi suv uzatish quvuri orqali suyuqlik sarfi $Q_2 = \dots \text{ l/s}$?

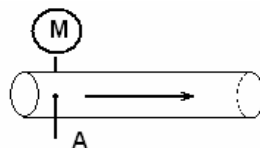
11. Agar kesimdagi to'la napor $H = 13 \text{ m}$, bosim $p = 100 \text{ kPa}$, suyuqlik zichligi $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$, Koriolis koeffisienti $\alpha = 1.2$ va suyuqlikning o'rtacha tezligi $v = 4.0 \text{ m/s}$ bo'lsa, u holda geometrik balandlik $z = \dots \text{ m}$?

12. Devor bilan ikkita bo'lmaga bo'lingan rezervuar bir o'qda yotgan ikkita teshikka ega (3.14-rasm). Suv sathidan teshik o'qiga bo'lgan masofalar $h_1 = 5 \text{ m}$ va $h_2 = 3 \text{ m}$. Har ikkala teshikning sarf koeffisientlari $\mu = 0.7$, kesim yuzalari esa $\omega_1 = \omega_2 = 0.01 \text{ m}^2$. Q_1 va Q_2 sarflar o'rtasidagi munosabatni aniqlang.



3.14-rasm.

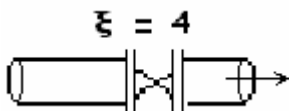
13. Diametri $d = 100 \text{ mm}$ va oqayotgan suv sarfi $Q = 100 \text{ l/s}$ bo'lgan quvurning A nuqtasida manometr $p = 200\,000 \text{ Pa}$ ni ko'rsatmoqda (3.15-rasm). A nuqtadagi to'la naporni aniqlang.



3.15-rasm.

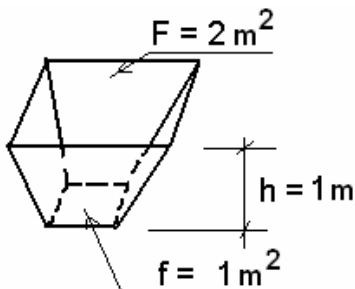
14. Uzunligi $L = 1000 \text{ m}$, diametri $d = 100 \text{ mm}$, gidravlik ishqalanish koeffisiyenti $\lambda = 0.02$ bo'lgan cho'yan quvurdan suyuqlik $v = 2 \text{ m/s}$ tezlik bilan oqmoqda. Quvur uzunligi bo'ylab yo'qotilgan naporni hisoblang.

15. Diametri $d = 100 \text{ mm}$, oqayotgan suv sarfi $Q = 10 \text{ l/s}$ va mahalliy qarshilik koeffisiyenti $\xi = 4$ bo'lgan jo'mrakli quvurning yo'qotilgan napori $h \text{ (m)}$ ni aniqlang (3.16-rasm).



3.16-rasm.

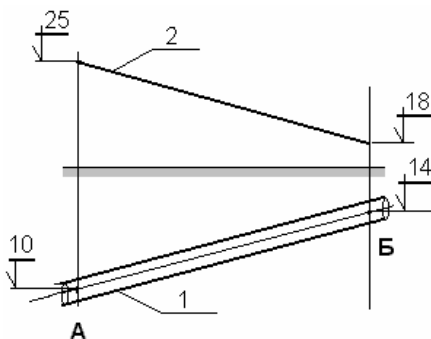
16. 3.17-rasmda tasvirlangan muntazam piramida suv bilan to'ldirilgan: a) idishdagi suvning massasi va og'irligini toping; b) idishning tubidagi gidrostatik bosim va bosim kuchini aniqlang; c) suvning idish tubiga va yon sirtiga ta'sir etayotgan bosim kuchlarini taqqoslang va uni asoslang.



o'zgarmas sarfga ega. 2-to'la napor chizig'i A nuqtadan B nuqtaga, quvurning o'zi esa B nuqtadan A nuqtaga qarab qiyalangan. Suv qaysi tomonga oqadi va nima uchun?

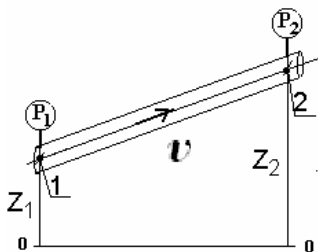
3.17-rasm

17. 3.18-rasmda tasvirlangan 1-naporli quvur o'zgarmas diametr-ga va uzunligi bo'ylab



3.18-rasm.

18. Naporli quvurdan 3.19-rasmda tasvirlangandek suv $v = 1$ m/s tezlik bilan oqadi. Quvurning o'qi taqqoslash tekisligidan 1-nuqtada $z_1 = 10$ m va 2-nuqtada $z_2 = 15$ m balandlikda. 1- va 2-nuqtalardagi manometrning ko'rsatgichlari mos ravishda $p_1 = 200\ 000$ Pa va $p_2 = 50\ 000$ Pa. Bu nuqtalar orasidagi yo'qotilgan napor $h_{w1-2} = 10$ m. 1- va 2-nuqtalardagi oqim kesim uchun Bernulli tenglamasini algebraik va sonli shaklda yozing.



3.19-rasm.

3.2.4. Mustaqil ish topshiriqlari

a) Kompyuterda bajariladigan topshiriqlar

Suyuqlik oqimidagi suyri jismning oqim chiziqlarini kompyuterda chizing (2-ilovada keltirilgan namunalar va tavsiya etilgan adabiyotlardan foydalaning):

- 1) kesimi doiraviy silindr oqimga o'qi bo'ylab ko'ndalang joylashgan;
- 2) kesimi ellips silindr oqimga o'qi bo'ylab ko'ndalang, ellipsning katta o'qi esa oqim yo'nalishida joylashgan;
- 3) kesimi ellips silindr oqimga o'qi bo'ylab ko'ndalang, ellipsning katta o'qi esa oqim yo'nalishiga perpendikulyar joylashgan;
- 4) plastinka tekisligi oqim yo'nalishida;
- 5) plastinka tekisligi oqim yo'nalishiga perpendikulyar;
- 6) plastinka tekisligi oqim yo'nalishi bilan α (30° ; 45° ; 60°) burchak tashkil etadi;
- 7) plastinka tekisligi oqim yo'nalishi bilan α (-30° ; -45° ; -60°) burchak tashkil etadi;

b) Mustaqil yechiladigan masalalar

1. $d = 50 \text{ mm}$ diametli va uzunligi $l \text{ (m)}$ naporli quvurning to'g'ri chiziqli bo'lagida neftning tezligi $v \text{ (m/s)}$ bo'lsa, u holda shu bo'lakdagi yo'qotilgan naporni aniqlang. Neftning kinematik qovushoqligi ν , sm^2/s .

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 22	№ 3	№ 4	№ 5
l, m	100	200	300	400	500
$v, m/s$	0.6	0.9	0.6	0.9	0.5
$\nu, \text{sm}^2/\text{s}$	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2

2. Uzunligi l (m), diametri $d = 40$ mm quvurning to'g'ri chiziqli bo'lagida devorining g'adir-budirliigi $\Delta = 1.2$ mm bo'lib, u orqali $v = 1.2$ m/s tezlik bilan t , °C temperaturali suv haydalmoqda. Quvurdagi yo'qotilgan naporni toping.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
l, m	50	60	70	80	100
$T, ^\circ C$	10	20	30	40	50

3. Uzunligi $l = 100$ m va diametri d (mm) naporli quvurning to'g'ri chiziqli bo'lagi o'rtasida gidravlik qarshilik koeffitsienti $\zeta_m = 4$ bo'lgan qopqoq o'rnatilgan. Quvurdagi suyuqlik sarfi Q (l / s) va gidravlik ishqalanish koeffitsienti $\lambda = 0.036$ bo'lsa u holda umumiy (yig'indi) yo'qotilgan naporni toping.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 11	№ 12	№ 13	№ 14	№ 15
$Q, l/s$	2.0	9.0	2.6	10.0	15.0
d, mm	50	100	50	100	100

4. Uzunligi l (m) gorizontal naporli quvurning gidravlik qiyaligi i ga teng. Agar quvur bo'lagining o'z oqiga nisbatan boshlang'ich napor 15 m bo'lsa, u holda shu quvurning yo'qotilgan naporini aniqlang va 1:100 masshtabli quvur bo'lagi uchun napor chizig'ini chizing.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 16	№ 17	№ 18	№ 19	№ 20
i	0.11	0.15	0.21	0.27	0.3
l, m	20	17	15	12	25

5. Sarfi Q (m³ /s) bo'lgan to'g'ri to'rtburchak shaklidagi kesimli tarnovdan oqayorgan $\nu = 10^{-6}$ m²/s qovushoqli suyuqlik oqimi

rejimini aniqlang. Tarnovning kengligi 1 m , undagi naporsiz oqimning chuqurligi 0.5 m .

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 21	№ 22	№ 23	№ 24	№ 25
$Q, \text{m}^3/\text{s}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5

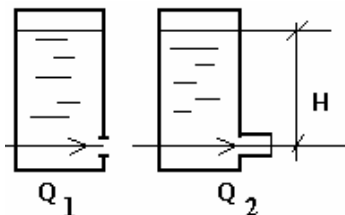
6. Agar kanalizatsiya quvurining diametri d (mm), devorining g'adir-budirlik koeffisienti $n = 0.013$ va quvurni yarmigacha to'ldirib oqayotgan suyuqlik oqimi tezligi $v = 1.5\text{ m/s}$ bo'lsa, u holda shu quvurning qiyaligini aniqlang.

Boshlang'ich ma'lumotlar	Variantlar				
	№ 26	№ 27	№ 28	№ 29	№ 30
d, mm	100	150	200	250	300

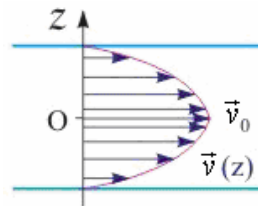
3.2.5. Testlar

1. Idishlarning birida doiraviy teshik, ikkinchisiga silindrik nasadka o'rnatilgan (3.20-rasm). Teshik va nasadkaning ko'ndalang kesimi, ularning suv sathidan joylashish chuqurligi bir xil. Shi teshik (Q_1) va nasadka (Q_2) orqali suyuqlik sarflari qanday munosabatda?

A) $Q_1 > Q_2$ B) $Q_1 < Q_2$ C) $Q_1 = Q_2$ D) to'g'ri javob ko'rsatilmagan



3.20-rasm



3.21-rasm

2. 3.21-rasmda gorizontaal suv uzatish quvurida qanday oqim rejimi uchun suyuqlik qatlamlari harakatining tezligi tasvirlangan?

- A) laminar oqim B) turbulent oqim
C) Har ikkalasi uchun D) to'g'ri javob ko'rsatilmagan

3. Agar suyuqlikning tezligi $v = 0.5 \text{ m/s}$; zichligi $\rho = 900 \text{ kg / m}^3$; dinamik qovushoqlik koeffisienti $\mu = 0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$; xarakterli o'lchami $d = 100 \text{ mm}$ bo'lsa, u holda Reynolds soni **Re** = ...?

- A) 450 ; B) 250 ; C) 350 ; D) 550 .

4. Agar Reynolds soni **Re** = 4500 bo'lsa u holda oqim rejimi qanday?

- A) laminar oqim B) turbulent oqim
C) Har ikkalasi uchun D) to'g'ri javob ko'rsatilmagan

5. Agar suyuqlikning zichligi $\rho = 900 \text{ kg / m}^3$; dinamik qovushoqlik koeffisienti $\mu = 0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$; xarakterli o'lchami $d = 100 \text{ mm}$; Reynolds soni **Re** = 450 bo'lsa, u holda $v = \dots \text{ m/s}$?

- A) 0.7 ; B) 0.6 ; C) 0.8 ; D) 0.5 .

6. Mahalliy yo'qotilgan naporni aniqlashning formulasi - bu:

- A) $H = z + \frac{p}{\rho g} + \alpha \frac{v^2}{2g}$; B) $h_{mp} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$;
C) $h_m = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}$; D) $gH = gz + \frac{p}{\rho} + \alpha \frac{v^2}{2}$.

7. Agar suv uzatish quvurining diametri $d = 50 \text{ mm}$, suyuqlik sarfi $Q = 2 \text{ l/sek}$ bo'lsa, u holda suyuqlikning o'rtacha tezligi $v = \dots \text{ m/s}$? A) 1.4 ; B) 1.0 ; C) 0.2 ; D) 0.6 .

8. Agar suv uzatish quvurining diametri $d = 50 \text{ mm}$, suyuqlik sarfi $Q = 2 \text{ l/s}$, gidravlik qarshilik koeffisiyenti $\zeta = 15$ bo'lsa, u holda yo'qotilgan gidravlik napor $h = \dots \text{ m}$?

- A) 1.4 ; B) 1.0 ; C) 0.2 ; D) 0.6 .

9. Agar suv uzatish quvuridagi suyuqlikning o'rtacha tezligi $v = 1.0 \text{ m/s}$, zichligi $\rho = 800 \text{ kg / m}^3$; quvurning diametri $d = 20 \text{ mm}$, gidravlik ishqalanish koeffisiyenti $\lambda = 0.03$,

quvurning uzunligi $l = 1.0 \text{ m}$ bo'lsa, u holda yo'qotilgan bosim $\Delta p = \dots \text{ Pa}$?

A) 1900 ; B) 1200 ; C) 1000 ; D) 1600 .

10. Agar suv uzatish quvurining diametri $d = 40 \text{ mm}$, suyuqlik sarfi $Q = 2 \text{ l/s}$, gidravlik ishqalanish ko'effitsiyenti $\lambda = 0.03$, quvurning uzunligi $l = 8.0 \text{ m}$ bo'lsa, u holda gidravlik yo'qotilgan naporning $h = \dots \text{ m}$?

A) 0.9 ; B) 0.6 ; C) 1.0 ; D) 0.8 .

11. Agar teshik nabori $H = 4.0 \text{ m}$, tezlik ko'effitsiyenti $\mu_0 = 0.9$ bo'lsa, u holda teshikdan suyuqlikning oqib chiqish tezligi $v = \dots \text{ m/s}$? A) 8.2 ; B) 9.4 ; C) 8.8 ; D) 9.6 .

12. Agar teshikdan suyuqlikning oqib chiqish tezligi $v = 8.8 \text{ m/s}$, tezlik ko'effitsiyenti $\mu_0 = 0.9$ bo'lsa, u holda teshik nabori $H = \dots \text{ m}$? A) 4.2 ; B) 4.0 ; C) 4.8 ; D) 4.6 .

13. Agar ketma-ket ulangan ikkita suv uzatish quvurlaridan birinchisining diametri $d_1 = 40 \text{ mm}$, uning uzunligi $l_1 = 8 \text{ m}$, ikkinchisining diametri $d_2 = 20 \text{ mm}$, uning uzunligi $l_2 = 4 \text{ m}$, gidravlik ishqalanish ko'effitsientlari $\lambda_1 = \lambda_2 = 0.03$, suyuqlik sarfi $Q = 2 \text{ l/s}$ bo'lsa, u holda talab qilinadigan naporning miqdori $H = \dots \text{ m}$?

A) 15 ; B) 25 ; C) 2 ; D) 4.

14. Tizilgan gidrokinamik napor – bu:

A) $H_{\text{tizil}} = (z_1 - z_2) + \frac{(p_1 - p_2)}{2 \cdot g}$; B) $H_{\text{tizil}} = (z_2 - z_1) + \frac{(p_2 - p_1)}{\rho \cdot g}$;

C) $H_{\text{tizil}} = (z_1 - z_2) + \frac{(p_1 - p_2)}{\rho \cdot g}$; D) $H_{\text{tizil}} = (z_1 - z_2) + \frac{(p_1 - p_2)}{\rho \cdot g} + h_{1-2}$.

Sinov savollari

1. Naporli va naporsiz oqimlar haqida nimalarni bilasiz?
2. Naporlar farqi nima? Misollar keltiring.
3. Yo'qotilgan napor nima? Misollar keltiring.
4. Naporli oqimlar hisobi haqida nimalarni bilasiz?

5. Naporsiz oqimlar hisobi haqida nimalarni bilasiz?
6. Gidravlik qiyalik qanday hisoblanadi?
7. Gidravlik zarbani tushuntiring.
8. Teshik va nasadkadan oqish masalalarini tushuntiring.
9. Oqimning qanday harakat rejimlarini bilasiz?
10. Reynolds soni nima va u qanday amaliy ahamiyatga ega?
11. Suyuqlik oqimini xarakterlovchi yana qanday sonlarni bilasiz?

Adabiyotlar

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В двух томах.- М.: Наука, 1983, 1984.
2. Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi. Kinematika. Usl. qo'llanma.-Samarqand: SamDU nashri, 2005.-154 b.
3. Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi. Dinamika. Usl. qo'llanma.- Samarqand: SamDU nashri, 2006.- 114 b.
4. Альбом течений жидкости и газа./Сост. и авт. текст М. Ван-Дайко. – М.: Мир, 1986. – 180 с.

4. AERODINAMIKA

Aerodinamika – bu suyuqlik va gazlar mexanikasi fanining sokin gaz va gazning harakati qonuniyatlarini o‘rganuvchi bo‘limi.

Gidrodinamikaning ko‘pgina qoidolari gazlar uchun ham o‘z kuchida qoladi, chunki suyuqlik kabi gazlarni ham shartli ravishda siqilmaydigan deb qarash mumkin. Shuning uchun aerodinamikada gidrodinamika qonuniyatlariga tez-tez murojaat qilinadi.

Aerodinamika qoidolari, masalan, binolarning ventilyatsiya gaz ta‘minoti tizimi hisobida, qurilish inshootlariga shamolning ta‘sirini, aholi yashaydigan kichik shaharchada havo almashinishini, uchuvchi ob‘ektlarning atmosferadagi harakatini o‘rganishda va boshqa hollarda ishlatiladi.

4.1. Aerostatika

Reja:

1. Qisqacha nazariy ma‘lumotlar va asosiy hisob formulalari (gazlarning asosiy fizik xossalari, gazlar statikasi).
2. Amaliyot mashg‘uloti topshiriqlari.
3. Testlar.

Darsning o‘quv va tarbiyaviy maqsadi: Talabalarga gazlarning asosiy fizik xossalari, gazlar statikasi haqida tushuncha berish, ularda erkin fikrlash, asosiy hisob formulalaridan to‘g‘ri foydalanish, amallarni to‘g‘ri bajarish, xususiy hollarni chiqarish va ularni masalalar yechishda qo‘llay bilish ko‘nikmalarini hosil qilish.

Tayanch iboralar: zichlik; solishtirma og‘irlik; bosim; qovushoqlik; statik bosim; atmosfera bosimi; rezervuarlar;

barometr; manometr; vakuummetr; bosim epyurasi; keltirilgan statik bosim.

Dars o'tish vositalari: sinf doskasi, plakatlari, fundamental fan darsliklari, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, tarixiy ma'lumotlar, matematik-fizik va mexanik atamalar lug'at va izohli lug'at va kompyuterdan samarali foydalaniladi.

Dars o'tish usullari: takrorlash, suhbat va savol-javob hamda munozara (mavzuni o'zlashtirishni mustahkamlash) tarzida jonli muloqot o'tkaziladi (talabani mustaqil, erkin fikrlash va so'zlashishga o'rgatgan holda fikr mulohazalarini bayon qildirish, buning uchun har bir talabaga o'tilgan mavzular, tayanch iboralardan savollar tashlanadi, ular o'z fikrini bayon qiladi, hamma o'quvchi javobni bayon qilib bo'lgandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); tarqatma materiallar asosida masalalar yechiladi (misol va masalalar yozilgan tarqatmalar har bir talabaga beriladi, doskaga esa 2-3 ta talaba bo'lib 2-3 ta misol yoki masala yechiladi, talabalar o'zlariga berilgan tarqatma misol va masalalarni yechiladi; hamma talaba masala javobini topgandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); iboralarga izohlar beriladi.

Darsning mazmuni:

4.1.1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari

Gazlarning asosiy fizik xossalari. Suyuqlik uchun keltirilgan ρ zichlik, γ solishtirma og'irlik, η dinamik va ν kinematik qovushoqlik ta'riflari bu yerda ham o'z kuchida qoladi. Sanoat va qurilish texnikalaridagi aerodinamik hisoblar bevosita havo bilan bog'liq.

Zichlik. Havo zichligi ρ (kg/m^3) ni temperaturadan bog'liq Klapeyron formulasidan aniqlash mumkin:

$$\rho = p_{atm} / (R_g T),$$

bunda $R_g = 287 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ – havo uchun universal gaz doimiysi; T – havoning Kelvin (K) gradusidagi absolyut temperaturasi, Selziy gradusi ($^{\circ}\text{C}$)da bu ushbu $T = t^{\circ} + 273^{\circ}$ formuladan topiladi. Masalan, $t^{\circ} = +20^{\circ}\text{C}$ temperaturali va $p_{st} = p_{atm} = 101325 \text{ Pa}$ normal atmosfera bosimidagi havo uchun zichlik Klapeyron formulasi bo‘icha $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ miqdorni taskil etadi. Amaliyot hisoblarida, masalan, binoning havo almashinishi hisobida tashqi havoning zichligi o‘zgarmas bosim (izobarik jarayon) $p_{st} = p_{atm} = 101325 \text{ Pa}$ va faqat T temperaturadan bog‘liq holda ana shunday bog‘lanish bilan sodda qilib hisoblanadi.

Solishtirma og‘irlik $\gamma (\text{N/m}^3)$ va uni topish formulasi:

$$\gamma = \rho g.$$

Qovushoqlik. Havoning dinamik qovushoqligini R.E.Myullikenning ushbu

$$\mu = 1,745 \cdot 10^{-5} + 5,03 \cdot 10^{-5} t^{\circ}$$

eksperimental formulasidan topish mumkin, bunda $t^{\circ} (^{\circ}\text{C})$ - temperatura. Masalan, $t^{\circ} = +20^{\circ}\text{C}$ temperaturada havoning dinamik qovushoqligi $\mu = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, kinematik qovushoqligi esa $\nu = \mu / \rho = 1,85 \cdot 10^{-5} / 1,2 = 1,54 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Shuni e‘tiborga olish kerakki, temperaturaning oshishi bilan gazlarning qovushoqligi oshadi, qizdirilganda suyuqliklarning qovushoqligi esa kamayadi.

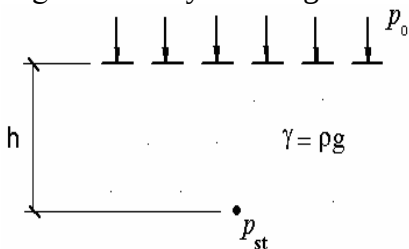
Masalan, gazlarni 70 m/s (havoda tovush tarqalish tezligi 340 m/s) tezlikda siqilmaydigan suyuqlik deb faraz qilish mumkin. Katta tezliklarda esa gazlar siqiluvchan bo‘ladi va ularning temperaturasi o‘zgaradi. Bunday holda issisqlik qonuniyatalarini e‘tiborga olmaslik mumkin emas.

Gazlar statikasi – bu aerodinamika (gazlar mexanikasi) ning sokin gaz muvozanati qonunlari va undagi bosim taqsimotini o‘rganuvchi bo‘limi.

Statik bosim. Sokin gazdagi ta’sir etivchi p_{st} - statik bosim (Pa) biror gorizontol sathda gazga ta’sir etivchi p_o – tashqi bosim (masalan, barometr yordamida o‘lchangan atmosfera bosimi) va $p_e = \gamma h$ - gaz og‘irligining bosimi yig‘indisidan iborat (4.1-rasm):

$$p_{st} = p_o + \gamma h = p_o + \rho g h ,$$

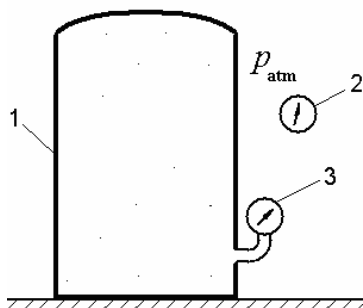
bunda h – statik bosim o‘lchanayotgan nuqta ustidagi gaz qatlami balandligi. Bu tenglama gidrostatikaning asosiy tenglamasi bilan bir xil. Bu tenglama, xuddi suyuqliklardagi kabi, balandlik o‘zgarishi bilan gaz bosimining chi-ziqli bog‘lanish bo‘yicha o‘zgarishini bildiradi.



4.1-rasm. p_{st} - statik bosimni hisoblashga oid sxema.

Bosim o‘lchagich asboblari. p_{st} - statik bosim miqdorini o‘lchash uchun quyidagi asboblari qollanilishi

mumkin (4.2-rasm): barometr atmosfera bosimini; manometr ortiqcha bosimni; vakuummetr vakuumni o‘lchaydi.



4.2-rasm. p_{st} - statik bosimni o‘lchashga oid sxema: 1- rezervuar; 2- barometr; 3- manometr (yoki vakuummetr).

SI birliklar sistemasida gaz bosimi paskalda o‘lchanadi:

($Pa = N / m^2$): $1 Pa = 10 mm suv ust. = 10^{-5} kg \cdot k / sm^2$.

Havo atmosferasidagi p_{st} – statik bosim barometr bilan o‘lchanayotgan sathda p_{atm} - atmosfera bosimiga teng. Boshqa sathlar uchun esa musbat yoki manfiy $\rho g h$ tuzatish kiritiladi. Masalan, $t^{\circ} = +20^{\circ}C$ temperaturali atmosferada har bir ko‘tarilgan 8 m balandlik uchun bosim 100 Pa ga kamaytiriladi (buni p_{st} – statik bosimni hisoblash formulasidan ham tekshirish mumkin).

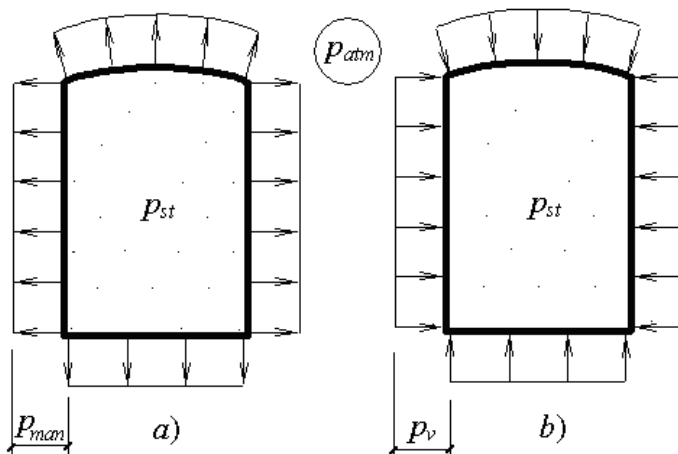
Rezervuardagi p_{st} – statik bosimni o‘lchashda ikkita farqli holat mavjud (4.2-rasm):

- agar ichki bosim atmosfera bosimidan katta ($p_{st} > p_{atm}$) bo‘lsa, u holda barometr va manometr ishlatiladi, bunda $p_{st} = p_{atm} + p_{man}$, bu yerda p_{man} – manometrik (ortiqcha) bosim;
- agar ichki bosim atmosfera bosimidan kichik ($p_{st} < p_{atm}$) bo‘lsa, u holda barometr va vakuummetr ishlatiladi, bunda $p_{st} = p_{atm} - p_v$, bu yerda p_v – vakuummetrik bosim.

Bosim epyuralari. Gaz qamalgan yopiq qurilmalar (uzatish quvuri, ballon, rezervuar, gazgolder va hokazo)ning mustahkamligini hisoblashda ularning sirtida bosim epyuralari quriladi (4.3-rasm): ortiqcha bosim epyurasi $p_{man} = p_{st} - p_{atm}$ (4.3,a-rasm); vakuummetrik bosim epyurasi $p_v = p_{atm} - p_{st}$ (4.3,b-rasm). Bular qurilmaga ta’sit etuvchi natijaviy, ya’ni haqiqatda ta’sir etuvchi bosimlar. 4.3-rasmda tasvirlangan epyuralarni qurishda rezervuar balandligi bo‘ylab bosim o‘zgarishi hisobga olinmagan, shuning uchun vertikal devordagi epyuralar to‘g‘ri to‘rtburchak shaklida, suyuqliklarda esa bu epyura uchburchak shaklida edi (2.7-rasmga qarang). Bunday hisob solishtirma ogirligi kam bo‘lgan gazlar uchun kichik balandliklarda o‘rinli. Qurilmalar mustahkamligi hisobini materiallar qarshiligi usullari bilan bajarishda aynan

ana shunday bosim epyuralari boshlang'ich ma'lumot bo'lib xizmat qiladi.

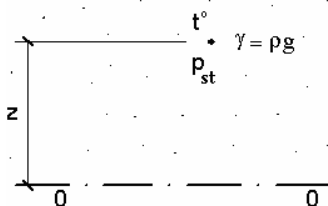
Keltirilgan statik bosim. p_{st} – statik bosim gazning muvozanat holati (sokinligi) shartini ifodalamaydi. Masalan, biror idishga qamalgan sokin gaz har xil balandliklarda har xil p_{st} – statik bosim beradi, chunki h balandlik o'zgaruvchan.



4.3-rasm. Rezervuar sirida bosim epyurasi sxemasi:

a) $p_{st} > p_{atm}$ b) $p_{st} < p_{atm}$.

Gidrodinamikada sokin suyuqlikning barcha nuqtalarida bir xil bo'lgan gidrostatik napor (H) tushunchasi qo'llaniladi. Ammo gazlarda zichlikning temperaturadan bog'liq o'zgarishi sababli ularda napor tushunchasini kiritish noqulay. Shuning uchun gaz nuqtalarini energetik taqqoslashda keltirilgan statik bosim tushunchasini kiritish juda qulay (4.4-rasm):



$$p_{k,st} = \rho \square g z + p_{st}.$$

4.4-rasm. Keltirilgan statik bosim ($p_{k,st}$) tushunchasiga sxema.

Bunda $\rho \square g z$ – nolinch O-O

gorizontal hisob tekisligidan z balandlikdagi gaz nuqtasi holatining bosimi; ρ - qaralayotgan nuqtadagi temperaturaga mos gaz zichligi. Boshqacha aytganda, $p_{k.st}$ har xil nuqtalardagi bosimlarni bitta $O-O$ sathga kelturadi.

Gazning muvozanat shartini quyidagicha ta'riflash mumkin: agar gazning har xil nuqtalaridagi keltirilgan statik bosimlar bir xil bo'lsa, u holda gaz sokin holatda deb aytiladi.

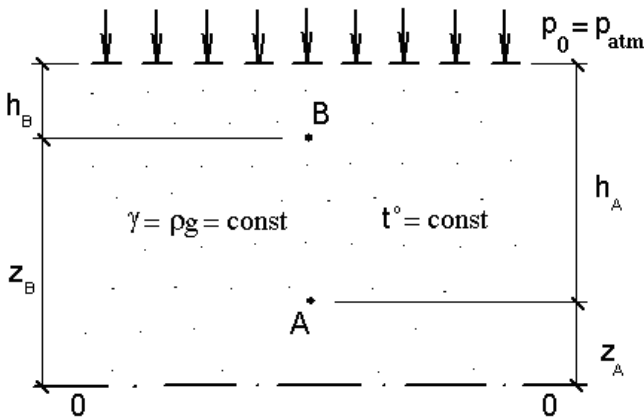
4.5-rasmda tasvirlangan sokin gazning A va B nuqtalarini misol tariqasida qaraylik:

A nuqtada

$$p_{t.stA} = \rho g z_A + p_{stA} = \rho g z_A + p_{atm} + \rho g h_A = p_{atm} + \rho g (z_A + h_A);$$

B nuqtada

$$p_{t.stB} = \rho g z_B + p_{stB} = \rho g z_B + p_{atm} + \rho g h_B = p_{atm} + \rho g (z_B + h_B);$$



4.5-rasm. Keltirilgan statik bosimlarni taqqoslash.

Bunda $z_A + h_A = z_B + h_B$ bo'lganligi uchun: $p_{k.stA} = p_{k.stB}$. Bu tenglik har ikkala nuqtada gazning energetik holati bir xil ekanligini, ya'ni gazning muvozanat holatidaligini, harakatning yo'qligini bildiradi.

4.1.2. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari

1. Havo uchun bosimning $p = 100 \text{ kPa}$ va $p = 500 \text{ kPa}$ qiymatlarida ν , α , Pr parametrlarning temperaturadan bog'liqlik grafigini [2] dagi 2.1-jadval qiymatlariga asoslanib chizing va hosil bo'lgan egri chiqqlarni izohlang.
2. Havo oqimining [2] dagi 2.1-jadval qiymatlariga asoslanib μ dinamik qovushoqlikning temperaturadan bog'liqlik egri chiziqli grafigini chizing. Hosil bo'lgan egri chiziqni μ ning quyidagi munosabat bilan aniqlanadigan funksiya grafiqi bilan taqqoslang, natijalarni va ularning farqini izohlang.

$$\text{a) } \mu = \mu_0 (T/T_0)^{0,76}; \text{ b) } \mu = \left(11,458 \cdot 10^{-6} \cdot T^{1,5} \right) / (110,4 + T)$$

Bunda $T_0 = 300^\circ \text{C}$ - absolyut temperatura; $\mu_0 = 1.789 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{k}$. Universal gaz doimiysini $R = 287 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ deb qabul qilib, $p = \rho RT$ holat tenglamasidan bosimni hisoblang va uning grafigini chizing. Yuqoridagi hisoblashlardan foydalanib ν kinematik qovushoqlikni toping va uning ham grafigini chizing. Bunda $a = \sqrt{kRT_0}$ - havo oqimidagi tovush tezligi; $k = C_p / C_v = 1,4$.

3. Tabiiy gaz havodan 1,2 marta yengil. Uning 23°C temperatura va 750 mm simob ustuni bosimidagi zichligini fizik o'lchovlar birligida aniqlang.
4. Havo 0°C temperaturada $\mu = 0,0001719 \text{ g}/\text{sm} \cdot \text{sek}$ absolyut qovushoqlikka ega. Uning shu temperatura va 750 mm simob ustuni bosimidagi dinamik va kinematik qovushoqligini toping.

4.1.3. Testlar

1. Gazlar uchun erkin sirt tushunchasi . . . ?
A) bor B) yo'q C) aniqlab bo'lmaydi D) B va C
2. Gazlarda solishtirma og'irlini hisoblash formulasi – bu:
A) $\gamma = G V$; B) $\gamma = g / \rho$; C) $\gamma = V / G$; D) $\gamma = \rho g$.
3. Temperaturaning oshishi bilan gazlarning qovushoqligi . . . ?
A) kamayadi; B) oshadi;
C) o'zgarmaydi; D) aniqlab bo'lmaydi.
4. Qaysi moddaning zichligi eng katta?
A) havo ; B) kerosin ; C) glitserin ; D) neft
5. Qaysi javobda statik bosim formulasi noto'g'ri ko'rsatilgan?
A) $p_{st} = p_o + \gamma h$ B) $p_{st} = p_o + \rho g h$ D) $p_{st} = p_o + h / (\rho g)$
6. 40 metr balandlikda atmosfera bosimi qanchaga kamayadi?
A) 100 Pa B) 300 Pa C) 500 Pa D) 800 Pa
7. Biror idishga qamalgan sokin gaz har xil balandliklarda . . . statik bosim beradi ? A) bir xil B) har xil C) 0 atm D) 1 atm

Sinov savollari

1. Gazlarning asosiy fizik xossalarini ayting. Gazlar suyuqliklar bilan qanday umumiy xossalarga ega? Ularning qaysi xossalari o'zaro farq qiladi?
2. Statik bosim nima va u qanday o'lchanadi?
3. Gazlarda qanday bosim o'lchagich asboblari bor? Ular qayerlarda qo'llaniladi?
4. Gazlarda bosim epurasini tushintiring.
5. Keltirilgan statik bosim nima va u qanday o'lchanadi?
6. Gazning muvozanat shartini tushintiring.
7. Temperatura oshishi bilan havodagi tovush tezligi qanday o'zgaradi?

Adabiyotlar

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В двух томах.- М.: Наука, 1983, 1984.
2. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. – М.: Наука, 1976. – 829 с.

4.2.Aerodinamika

Reja:

1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (gazlar dinamikasi, muhandislik tarmoqlarining aerodinamikasi).
2. Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari.
3. Testlar.

Darsning o'quv va tarbiyaviy maqsadi: Talabalarga gazlar dinamikasi, muhandislik tarmoqlarining aerodinamikasi haqida tushuncha berish, ularda erkin fikrlash, asosiy hisob formulalaridan to'g'ri foydalanish, amallarni to'g'ri bajarish, xususiy hollarni chiqarish va ularni masalalar yechishda qo'llay bilish ko'nikmalarini hosil qilish.

Tayanch iboralar: gazlar dinamikasi; aerodinamik atamalar; jonli kesim yuzasi; oqim sarfi; oqim tezligi; uzviylik tenglamasi; keltirilgan to'la bosim; Bernulli tenglamasi; Magnus effekti; bosimlar farqi; yo'qotilgan bosim; gidravlik ishqalanish koeffisienti; quvur devorining g'adir-budirligi; gaz harakatining rejimi; laminar va turbulent oqim; Reynolds soni.

Dars o'tish vositalari: sinf doskasi, plakatlar, fundamental fan darsliklari, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, tarixiy ma'lumotlar, matematik-fizik va mexanik atamalar lug'at va izohli lug'at va kompyuterdan samarali foydalaniladi.

Dars o'tish usullari: takrorlash, suhbat va savol-javob hamda munozara (mavzuni o'zlashtirishni mustahkamlash) tarzida jonli muloqot o'tkaziladi (talabani mustaqil, erkin fikrlash va so'zlashishga o'rgatgan holda fikr mulohazalarini bayon qildirish, buning uchun har bir talabaga o'tilgan mavzular, tayanch iboralardan savollar tashlanadi, ular o'z fikrini bayon qiladi, hamma o'quvchi javobni bayon qilib bo'gandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); tarqatma materiallar asosida masalalar yechiladi

(misol va masalalar yozilgan tarqatmalar har bir talabaga beriladi, doskaga esa 2-3 ta talaba bo'lib 2-3 ta misol yoki masala yechishadi, talabalar o'zlariga berilgan tarqatma misol va masalalarni yechishadi; hamma talaba masala javobini topgandan so'ng o'qituvchi bilan birgalikda javoblar yakun qilinadi); iboralarga izohlar beriladi.

Darsning mazmuni:

4.2.1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari

Gazlar dinamikasi – bu aerodinamika (gazlar mexanikasi)ning gazlar harakati qonuniyatlarini o'rganuvchi bo'limi. Bu yerda ham asosan havoni qaraymiz.

Amaliyotda havoning harakati siqilmaydigan suyuqlikning harakatiga o'xshash (gidrodinamikadagi kabi). Bunda fizik xossalari (zishlik, qovushoqlik) va gazlar uchun napor o'rnida bosim miqdorining ishlatilishi farq qiladi.

Aerodinamik atamalar. Gazlarda ham suyuqliklarning naporli va naporsiz oqimiga o'xshashlik mavjud. Uzatish quvuri, yopiq kanal yoki havo o'tkazgichlarda gaz oqimi devorga tekkan holda kesimni to'ldiradi, shuning uchun u naporli oqimga o'xshash. Bunday oqimlar, masalan, shamollatgich (ventilyatsiya) tizimida kuzatiladi.

Naporsiz oqimga o'xshash holatni erkin sharrachalarda kuzatish mumkin. Masalan, qish mavsumida jamoat va ishlab chiqarish binolarining kirish eshigiga issiq oqim uzatuvchi naycha – havo pardasi o'rnatiladi.

Aerodinamikada ω (m^2) - jonli kesim yuzasi, Q (m^3/s) – oqim sarfi, v (m/s) – oqim tezligi xuddi suyuqliklar gidrodinamikasidagi kabi, faqat tushunchalarda «suyuqlik» so'zi o'rniga «gaz» so'zini ishlatish yetarli. Binoni shamollatish

va isitish tizimlarida tezlik miqdori $0,5 \dots 1,5 \text{ m/s}$ oraliqda bo'ladi. Shunisi e'tiborliki, katta tezliklarda gaz albatta siqiluvchan va temperaturasi o'zgaruvchan bo'ladi, demak bunday holda albatta issiqlik tushunchalari kiritilishi lozim. Masalan $v < 70 \text{ m/s}$ tezliklarda havoni bemalol siqilmaydigan suyuqlik deb o'rganish mumkin, chunki bu tezlik havodagi tovush tezligi (340 m/s)dan ancha kichik.

Uzatish quvurlari, kanal va doiraviy kesimli havo o'tkazgich quvurlari uchun geometrik hisob parametri – bu d (m) diametrdir. Agar quvurning ko'ndalang kesimi doiraviy bo'lmasa, u holda doiraviy quvurga shartli ekvivalent quvur diametrli (d_{ekv}) quyidagi formula bilan keltiriladi:

$$d_{ekv} = 4 \omega / \chi ,$$

bunda χ - kesimning to'la perimetri (xuddi naporli quvurdagi kabi). Masalan, ko'ndalang kesimi tomonlar a va b bo'lgan to'g'ri to'rtburchak shaklidagi havo uzatish quvurining ekvivalent diametri quyidagi formuladan topiladi:

$$d_{ekv} = 4 \omega / \chi = 2ab / (a+b) .$$

Oqimning uzviylik tenglamasi. Massaning saqlanish qonunini ifodalovchi gaz oqimining uzviylik tenglamasi quyidagicha:

$$v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2 ,$$

ya'ni xuddi suyuqliklardagi kabi, uning natijasi ham o'xshash: jonli kesim yuzasi kamayishi bilan oqim tezligi oshadi va aksincha.

Keltirilgan to'la bosim. Harakatlanayotgan gazning ixtiyoriy nuqtasida ta'sit etuvchi to'la bosim quyidagicha:

$$p_t = p_{st} + p_o ,$$

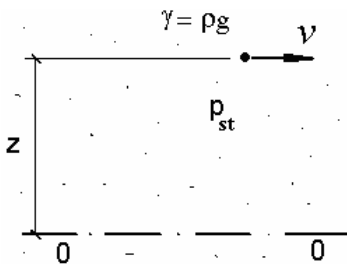
bu yerda p_{st} - statik bosim; $p_o = \rho v^2 / 2$ – gaz oqimining kinetik energiyasini aks ettiruvchi dinamik bosim.

Ammo p_t – to'la bosim miqdori harakatlanayotgan gaz nuqtasining to'la energiyasini qoplamaydi, chunki unda

nuqtaning $\rho g z$ - joylashish bosimi yo'q. Shuning uchun gaz oqimi ixtiyoriy nuqtasining energetik xarakteristikasi sifatida keltirilgan to'la bosim tushunchasi kiritiladi (4.6-rasm):

$$p_{k.t} = \rho g z + p_{st} + \rho v^2/2 .$$

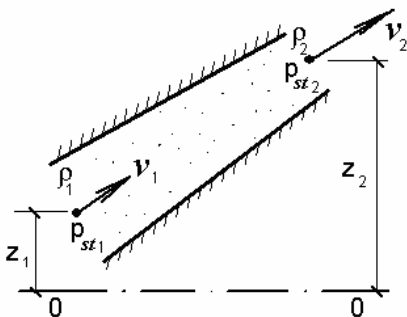
Bu ifodaning dastlabki ikkita $\rho g z + p_{st}$ hadi energiyaning potensial qismini, keyingisi $\rho v^2/2$ esa kinetik qismini ifodalaydi.



4.6-rasm. Keltirilgan to'la bosim ($p_{k.t}$) tushunchasiga sxema

Gazlar uchun Bernulli tenglamasi. O'zgaruvchan kesimli uzatish quvurdan o'tayotgan gaz oqimini qaraylik (4.7-rasm).

Birinchi kesimdagi keltirilgan to'la bosim $p_{k.t.1}$. Quvurdan o'tish jarayonida $p_{k.t.1}$ ning bir qismi gazning ichki ishqalanish kuchi namoyon bo'lishi hisobiga qaytmas holda yo'qotiladi, ikkinchi kesimda esa energetik xarakteristika $p_{k.t.2}$ gacha $\Delta p_{yo'q}$ – yo'qotilgan bosim miqdoriga kamayadi.



4.7-rasm. Gaz uchun Bernulli tenglamasiga sxema.

Gaz uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha sodda yoziladi:

$$p_{k.t.1} = p_{k.t.2} + \Delta p_{yo'q} ,$$

ya'ni bu gaz oqimining harakati yo'nalishidagi ikki

kesimi uchun tenglama bo'lib, u shu kesimlardagi keltirilgan to'la bosim va energiyaning saqlanish qonunini (bunda

energiyaning bir qismi yo‘qitishga almashadi) aks ettiruvchi hadlar orqali ifodalangan.

Bernulli tenglamasining ana’naviy yozilishini olish uchun oxirgi tenglikda $p_{k,t,1}$ va $p_{k,t,2}$ keltirilgan to‘la bosimlarni o‘z ifodalari orqali yozamiz:

$$\rho_1 g z_1 + p_{st1} + \rho_1 v_1^2/2 = \rho_2 g z_2 + p_{st2} + \rho_2 v_2^2/2 + \Delta p_{yo'q}.$$

Gaz uchun Bernulli tenglamasining energetik ma’nosi: u energiyaning saqlanish qonunini aks ettiradi. Gaz uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma’nosi qaralmaydi, chunki undagi ifodalar miqdori bosim birligi Pa da yozilgan, ammo napor miqdori m da emas.

Magnus effekti – bu havo oqimidagi qattiq jism atrofida havo sirkulyatsiyasi natijasida ko‘taruvchi kuchning paydo bo‘lishi. Masalan, bunday hodisani tennis to‘pchasi va futbol to‘pi harakatida kuzatish mumkin, bunda aylanib harakatlanayotgan to‘pga yetarlicha kattalikdagi aerodinamik kuch ta’sir etadi va uning harakat trayektoriyasini sezilarli o‘zgartiradi. Bunda paydo bo‘ladigan kuch Bernulli tenglamasidan topiladi.

Bosimlar farqi va yo‘qotilgan bosim atamalarining xususiyatlari misollarda tushuntiriladi.

Gaz harakati paydo bolishi uchun quvur kesimlaridagi keltirilgan to‘la bosimlar miqdori farq qilishi kerak:

$$\Delta p_k = p_{k,t,1} - p_{k,t,2}$$

va harakat $p_{k,t,1}$ katta bosimli nuqtadan $p_{k,t,2}$ kichik bosimli nuqtaga qarab yo‘naladi. Masalan, binodagi tabiiy shamollatgich (ventilyator) tizimining ishlash sharti ana shunga asoslangan: xona ichidagi havoni shigarish uchun ichkaridagi $p_{k,t}$ bosim tashqaridagidan katta bo‘lishi lozim.

Gazning harakatidagi $\Delta p_{yo'q}$ yo‘qotilgan bosim oqimning yo‘qotilgan to‘la energiyasini aks ettiradi. Masalan, agar havo uzatuvchi moslama qancha uzun, gazning o‘tiz kesimi qancha

kichik, quvur devori qancha g'adir-budirroq bo'lsa, u holda shamollatgich tizimida yo'qotilgan bosim shuncha katta bo'ladi va natijada xonadagi notoza havoni shiqarish shuncha og'irlashadi. Sokin gazlarda hech qanday yo'qotilgan bosim yo'q.

Gazning barqaror harakatida bosimlar farqi yo'qotilgan bosimga teng (Bernulli tenglamasining sodda yozilishi):

$$\Delta p_k = \Delta p_{yo'q}.$$

Shunday qilib, «bosimlar farqi» - gaz harakatining sababchisi, «yo'qotilgan bosim» esa uning natijasi. Gaz harakati jarayonida ularning son qiymatlari o'zaro teng va ular SI birliklar sistemasida Pa da o'lchanadi.

Gaz harakatining rejimi. Aerodinamik hisob jarayonida, birinchi navbatda, gaz oqimida qanday harakat rejimi kuzatilayotganligini aniqlash lozim.

Harakat rejimini aniqlash uchun **Re** - Reynolds sonini hisoblash lozim va uni gaz uchun Reynoldsning kritik soni (**Re_{kr}**) bilan taqqoslash zarur. Gaz uchun Reynolds soni (**Re**) quyidagi formuladan topiladi:

$$\mathbf{Re} = v d_{ekv} / \nu,$$

bu yerda d_{ekv} – uzatish quvuri, havo o'tkazgiz yoki kanalning ekvivalent diametri; agar uzatish quvuri doiraviy kesimli bo'lsa, u holda $d_{ekv} = d$. Gaz uchun Reynoldsning kritik soni **Re_{kr}** ≈ 2000 .

Gaz oqimlarining harakat rejimi ikki turga bo'linadi (xuddi suyuqliklardagi kabi): laminar – **Re** < **Re_{kr}** (sokin; parallal sharrachali; kichik tezlikli); turbulent – **Re** > **Re_{kr}** (uyurmali; katta tezlikli).

Amaliyotda asosan turbulent harakatlar kuzatiladi, masalan, shamollatgichlar (havo uzatgichlar) kanalida, gaz va bug' uzatish quvurlarida, shamolda.

Muhandislik tarmoqlarining aerodinamikasi. Binolar-ning shamollatgich va isitish tizimlari aerodinamika qonunlariga asosan hisonlanadi. Bunda gazlar uchun Bernulli tenglamasidan foydalaniladi, bu yerda napor emas, balki bosim hisoblanadi. Masalan, suv bilan isitish tizimi ham bosim bo'yicha hisob qilinadi, chunki undagi suyuqlik temperaturasi va unga mos zichligi o'zgaradi, shuning uchun bu yerda napor miqdorlarini qo'llash noqulay. Bunday tizimlardagi aerodinamik hisoblarda asosan Δp_k - bosimlar farqi, $\Delta p_{yo'q}$ - yo'qotilgan bosim, oqim sarfi va quvur kesimimning geometrik o'lchamlari aniqlanadi.

Hisob Bernulli tenglamasiga ko'ra quyidagicha bajariladi. Uzatuvchi quvurlar, kanallar va ularning oqimga qarshilik ko'rsatuvchi o'tkazish kesimlari o'lchamlari shunday tanlanadiki, bunda oqimlar tezligi mumkin bo'ladigan holda, sarf talab darajasida va bosimlar farqi yo'qotilgan bosimga teng bo'lsin. Bunda mustahkamlikni oshirish maqsadida yo'qotilgan bosim sun'iy ravishda 10% ga oshiriladi. Shuning uchun muhandislik tizimlari hisobi uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\Delta p_k = 1.1 \Delta p_{yo'q} .$$

Hisob qilinayotgan tizim ana shu shartni qanoatlantirishi zarur.

Bundagi bosimlar farqini aniqlash maqsadida tabiiy sirkulyatsiya bilan ishlaydigan tutun uzatish quvurli va suv bilan isitgichli isitish tizimlarini misol sifatida quyida qaraymiz.

Uzatish quvurida, havo uzatgichda yoki gaz uzatish quvurida $\Delta p_{yo'q}$ - yo'qotilgan bosimni ushbu

$$\Delta p_{yo'q} = \zeta \rho v^2 / 2$$

Veysbax formulasidan aniqlash mumkin, bunda ζ - suyuqliklardagi kabi gidravlik qarshilik koeffitsiyenti, faqatgina kesimi doiraviy bo'lmagan quvurlar uvhun diametr ornida d_{ekv} ekvivalent diametr ifodasidan foydalanish lozim.

Umumiy $\Delta p_{yo'q}$ – yo‘qotilgan bosim Δp_l – chiziqli va Δp_m – mahalliy yo‘qotilgan bosimlar yig‘indisidan iborat:

$$\Delta p_{yo'q} = \Sigma \Delta p_l + \Sigma \Delta p_m .$$

Δp_l va Δp_m larni hisoblashda gazlar uchun Veysbax formulasidan foydalaniladi, faqat bunda mos ravishda ζ o‘rnida ζ_l va ζ_m lar hamda d o‘rnida d_{ekv} ishlatiladi. Masalan, Δp_l ni aniqlashda chiziqli gidravlik qarshilik koeffitsiyenti (o‘lchamsiz miqdor) ushbu $\zeta = \lambda l / d_{ekv}$ formuladan topiladi, bunda l – tizimning to‘g‘ri chiziqli qismi uzunligi. Gaz oqimining turbulent rejimi uchun λ - gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda = 0.11 (68/Re + \Delta/d_{ekv})^{0.25} ,$$

bunda Δ (mm) – uzatish quvuri yoki kanal devorining g‘adir-budirligi. Masalan, po‘lat qavatli shamollatgich qutisi uchun $\Delta = 0.1$ mm, havo o‘tkazuvchi g‘ishtli devor uchun $\Delta = 4$ mm.

Mahalliy gidravlik qarshilik koeffitsiyenti ζ_m ning qiymati oqimning deformatsiyalanish sohasi (quvurning kirish va chiqish uchastkasi; burilgan quvur, tursak quvur, uchlik quvur va hokazo) uchun fizik kattaliklar jadvalidan topiladi.

1. Tabiiy tortishli tizim hisobi. Xonadagi tutun va ifloslangan havoni tozalovchi isitish pechkasi quvuri va shamollatgich tizimining ishlash jarayoni ichki va tashqi keltirilgan to‘la bosimlar (Pa) farqi hisobiga paydo bo‘ladigan tabiiy tortishga asoslangan. Tabiiy tortish Δp_{tab} (Pa) quyidagi formuladan topiladi:

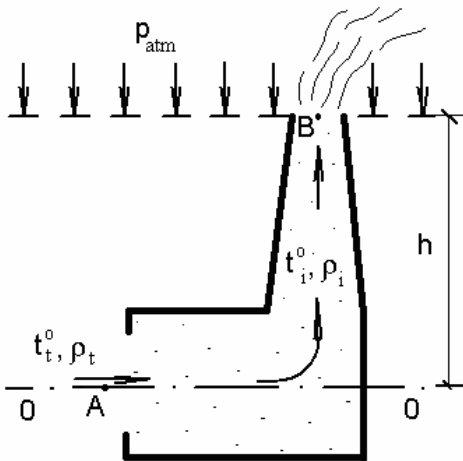
$$\Delta p_{tab} = g h (\rho_t - \rho_i) ,$$

bunda h – pechka quvuri yoki shamollatgich (ventilyatsiya) shaxtasining balandligi; ρ_t – tashqi sovuq havo zichligi; ρ_i – ichki issiq havo zichligi.

Isitish pechkasining ishlash jarayonini qaraylik (4.8-rasm). Pechkadagi yonilg‘i yonganda tutun uzatish quvurining

tortishi ichkaridagi gazni tashqariga chiqaradi. Tortish ichki va tashqi temperaturalar farqi hisobiga paydo bo'ladi: t_i° - ichki issiq havo temperaturasi; t_t° - tashqi sovuq havo temperaturasi.

Havoning har xil temperaturalariga uning har xil ρ_i va ρ_t zichliklari mos keladi. Bunday tizimlarda v tezlik juda kichik bo'lganligi uchun ulardagi $p_0 = \rho v^2/2$ - dinamik bosim hisobga olinmaydi. Gaz uchun Bernulli tenglamasiga A va B nuqtalar uchun keltirilgan to'la bosimlar ifodasini qo'ysak, u holda tabiiy tortish formulasiga kelimiz va Δp_{tab} ni aniqlaymiz.



4.8-rasm. Tutun uzatish quvurli isitish sxemasi.

Keyingi qadamda $\Delta p_{yo'q}$ umumiy yo'qotilgan bosim hisoblana-di va u Δp_{tab} tabiiy tortishning miqdori bilan taqqoslanadi. Agar

$$\Delta p_k = 1.1 \Delta p_{yo'q}$$

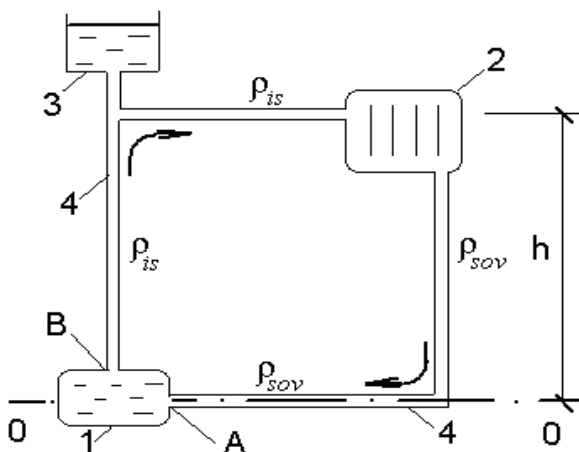
Tenglik bajarilsa, u holda hisob yakunlanadi, tutun chiarish tizimi

yaxshi ishlayapti degan xulosaga kelinadi.

Agar bu tenglik bajarilmasa, u holda qurilma tizimini yoki tutun tortishni yoki yo'qotilgan bosim tizimini qayta tuzish lozim bo'ladi. Masalan tortishni ikki yo'l bilan oshirish mumkin: tutun chiqarish quvurini balandroq qilish; temperaturalar farqini oshirish (bunga hamma vaqt ham samarali erishib bo'lmaydi). Yo'qotilgan bosim kam bo'lishi uchun esa quyidagilarni bajarish lozim: quvur kesimini oshirish; chiqib ketayotgan gaz yo'lini kamaytirish; burilishlarni va mahalliy qarshiliklarni kamaytirish; quvur yoki

kanal devorining g'adir-budirligini kamaytirish. Shunday qilib, ana shu hisoblar to'g'ri bajarilganda xonadagi tutun va ifloslangan havoni tozalovchi isitish pechkasi quvuri va shamollatgich tizimining ishlash jarayoni samarali bo'ladi.

2. *Tabiiy sirkulyatsiyali tizim hisobi* uchun suvli isitish tizimining 4.9-rasmdagi sxemasi keltirilgan. Strelkalar bilan isitgichdagi suv harakati ko'rsatilgan. Bunda suv aylanishi nima hisobiga sodir bo'ladi?



4.9-rasm. Tabiiy sirkulyatsiyali suvli isitish sxemasi: 1- suv isitish qozoni; 2- radiator; 3- kengaytirish baki; 4- suv uzatish quvurlari.

Suv isitish qozinida isitilgan suvning ρ_{is} zichligi sovuq suvning ρ_{sov} zichligidan farq qiladi. Hisob jarayonining soddaligi uchun temperatura va zichlikning keskin o'zgarishi qozon markazida va batareyka (radiator) markazida yuz beradi, deb faraz qilinadi. Qozon va radiatoridagi to'la bosimlar (Pa) farqini Δp_{tab} – tabiiy bosim (Pa) deb ataymiz. Ana shu bosim isitish tizimida suvning aylanma harakatini vujudga keltiradi va bu tabiiy sirkulyatsiya deb ataladi.

Tabiiy bosimni hisoblash formulasi, xuddi yuqoridagi misoldagi kabi, gaz uchun Bernulli tenglamasidan chiqariladi:

$$\Delta p_{tab} = g h (\rho_{sov} - \rho_{is}) ,$$

bunda h – isitish va sovuch markazlari balandliklari orasidagi masofa.

Suv uzatish quvurida (4.9-rasmga qarang) B nuqtadan A nuqtaga qarab sirkulyatsion xalqa bo‘ylab suv harakatida avval Δp_{tab} – tabiiy, keyin esa $\Delta p_{yo'q}$ – umumiy yo‘qotilgan bosim Veysbax formulasidan foydalanib hisoblanadi.

Agar ushbu $\Delta p_{tab} = 1.1 \Delta p_{yo'q}$ tenglik saqlanib qolsa, u holda hisob yakunlanadi, sistema normal ishlaydi – xona isitiladi. Agar ana shu tenglik bajarilmasa, u holda tabiiy yo‘qotilgan bosimni to‘g‘rilash lozim bo‘ladi. Ana shunday holda, xuddi yuqoridagi isitish pechkasidagi kabi, bu yerda ham nimalarni bajarish lozimligini talabaga mustaqil o‘zlashtirish tavsiya etamiz.

3. Muhandislik-qurilish aerodinamikasi. Bino qurilishida shamolning ta’sirini e’tiborga olish lozim. Havo oqimi bino, inshoot, qurilish mexanizmlari (masalan, ko‘targich) va boshqa qurilmalarni aylanib harakat qiladi va ularni ag‘darib yuborishi mumkin. Kuchli shamol paytida binoda ko‘tarilgan va pasaygan bosim sohalari paydo bo‘ladi, bular o‘z navbatida qurilmaning ba’zi elementlarini siqishi, cho‘zichi yoki yulib olishi (masalan, bino tomini) mumkin. Binoning har tarafida bosim tushib ketishi bino ichida eshik, deraza, teshiklar orqali o‘tuvchi yelvizak hosil qiladi. Ana shunday hodisaning aerodinamik ma’nosini qarab chiqaylik.

Havo oqimidagi suyri binoning oqim chiziqlari bino qutishini egadi, bino ortida esa havo oqimi uyurmasi va past bosimli soha hosil bo‘ladi (I.3-rasm), binoning shamolga qarshi qismida esa yuqori bosimli soha paydo bo‘ladi.

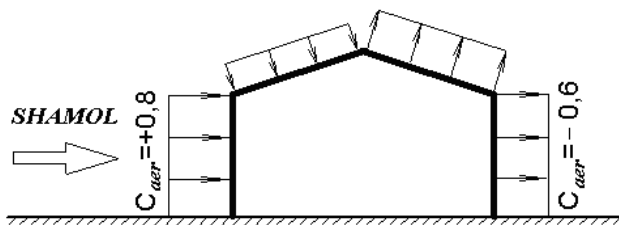
Shamol bosimi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$p_{sh} = k_{sh} C_{aer} p_{\partial} = k_{sh} C_{aer} \rho v^2 / 2 ,$$

bunda k_{sh} – balandlik bo‘yicha shamol bosimi o‘zgarishi koef-fisienti; C_{aer} - aerodinamik koefitsiyent (o‘lchamsiz miqdor); $p_d = \rho v^2/2$ – dinamik bosim (Pa); $\rho \approx 1.22 \text{ kg/m}^3$ – qurilish hiso-bida qabul qilinadigan havo zichligi; v – shamol tezligi (m/s).

Yuqoriga ko‘tarilgan sayin shamol kuchayib boradi, shuning uchun balandlik oshishi bilan k_{sh} koefitsient 0.4 dan 1.5 gacha oraliqda tanlanadi. Dastlabki yaqinlashishda $k_{sh} \approx 1$ deb olish mumkin.

C_{aer} - aerodinamik koefitsiyent, umuman olganda, suyri jism shaklining va Reynolds sonining funksiyasi. Bu son bino shaklining old, kesim, shamol yo‘nalishiga qarab joylashish shartini xarakterlaydi. Qurilish hisoblarida bu son o‘zgarmas: $0 < |C_{aer}| < 1$. Masalan, shamol yo‘nalishiga perpendikulyar qurilgan binoning shamol tarafida $C_{aer} = + 0.8$, shamolga orqa tarafida esa $C_{aer} = - 0.6$ (4.10-rasm): musbat ishora shamolning bosimi devorga qarab (binoni ko‘tarishga qaratilgan); manfiy ishora devordan tashqariga (devorni ag‘darishga qaratilgan) qarab shamol yonalishida ekanligini bildiradi.



4.10-rasm. Bino sirti bo‘ylab shamol bosimining epyurasi.

Shamol bosimini o‘rganish uchun bino sirti bo‘ylab bosim taqsimotining epyurasi chiziladi (4.10-rasm). Bu p_{sh} bosimning ordinatasi shamol bosimi formulasidan topiladi. Dinamik bosim p_d ning qiymati shu sohaning meteorologik jadvaldan olinadi. Agar bu soha kam o‘rganilgan bo‘lsa, u holda p_d ning qiymati shu sohadagi shamol tezligidan topiladi.

Real holatda p_o ning epurasi egri chiziqli bo‘ladi, ammo hisob jarayonini soddalashtirish maqsadida bu epura to‘g‘ri burchakli uchburchak chizig‘i shaklida qabul qilinadi (4.10-rasm).

4.2.2. Amaliyot mashg‘uloti topshiriqlari

1. Agar binoning ichida havo temperaturasi t_{havo} °C , tashqarisida esa t_{tashqi} °C bo‘lsa, u holda balandligi $h = 10$ m bo‘lgan shamollatgich (ventilyatsiya) shaxtasining tabiiy tortishini aniqlang.

Boshlang‘ich ma’lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
t_{havo} , °C	20	20	20	20	20
t_{tashqi} , °C	-20	-10	0	5	10

2. Agar shaxtaga kirishdagi qarshilik $\zeta_{kirish} = 0,5$ va undan chiqishdagisi $\zeta_{chiqish} = 1$ bo‘lsa, u holda havo tezligi $v = 1$ m/s, balandligi h (m), ko‘ndalang kesimi 140 x 140 mm bo‘lgan shamollatgich (ventilyatsiya) shaxtasidagi yo‘qotilgan bosimni aniqlang. Shaxta devorining gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti λ berilgan.

Boshlang‘ich ma’lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
h , m	10	12	14	16	18
λ	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06

3. Agar shamolning tezligi v (m/s), shamol bosimining koeffitsiyenti $k_{sh} = 1$, havoning temperaturasi 40 °C bo‘lsa, u holda o‘lchamlari 2x2m shitga shamol qanday kuch bilan ta’sir etadi?

Boshlang‘ich ma’lumotlar	Variantlar				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
v , m/s	20	25	30	35	40

4.2.3. Testlar

1. Gaz oqimining kinetik energiyasini aks ettiruvchi dinamik bosim bu . . . ?

A) $p_0 = 2\rho v^2$ B) $p_0 = 4\rho v^2$ C) $p_0 = \rho v^2/4$ D) $p_0 = \rho v^2/2$

2. Bernulli tenglamasi energetik ma'nosiga ko'ra . . . ning saqlanish qonunini aks ettiradi ?

A) massa ; B) energiya ; C) impuls ; D) A va B .

3. Gaz harakatining sababchisi – bu quvur kesimlaridagi . . . farqi?

A) bosimlar ; B) energiyalar ; C) impulslar ; D) tezliklar.

4. Quvurlardagi gaz harakatining natijasi – bu yo'qotilgan . . . ?

A) bosim ; B) energiya ; C) impuls ; D) napor.

Sinov savollari

1. Qanday aerodinamik atamalarni bilasiz? Ularni izohlang.

2. Gaz oqimi uchun uzviylik tenglamasi ayting.

3. Keltirilgan to'la bosim nima va u qanday o'lchanadi?

4. Gazlar uchun Bernulli tenglamasini ayting.

5. Magnus effekti izohlang.

6. Bosimlar farqi, yo'qotilgan bosim nima va ular qanday o'lchanadi?

7. Gaz harakatining rejimini tuchintiring.

8. Aerodinamik masalalarga misollar keltiring.

Adabiyotlar

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. В двух томах.- М.: Наука, 1983, 1984.

2. Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi. Kinematika. Uslubiy qo'llanma. – Samarqand: SamDU nashri, 2005. – 154 b.

3. Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi. Dinamika. Uslubiy qo'llanma. – Samarqand: SamDU nashri, 2006. – 114 b.

4. Альбом течений жидкости и газа./Сост. и авт.текст М. Ван-Дайко. – М.: Мир, 1986. – 180 с.

5. Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988.

ILOVA

1. Ko'p qo'llaniladigan ba'zi ma'lumotlar

1) Suvning zichligi (ρ) va kinematik qovushoqligi (ν)

$t, ^\circ\text{C}$	+10	+20	+30	+40	+50
$\rho, \text{kg/m}^3$	999.73	998.23	995.67	992.24	988.07
$\nu, \text{sm}^2/\text{s}$	0.01306	0.01006	0.00805	0.00659	0.00556

2) Ba'zi amaliy o'zgarmaslar

Erkin tushish tezlanishi: $g = 9.80665 \approx 10 \text{ m/s}^2$.

Atmosfera bosimi (dengiz sathida):

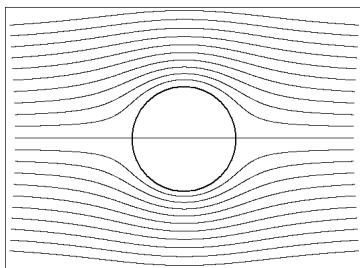
$$p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} \approx 100000 \text{ Pa} \approx 0.1 \text{ MPa}.$$

Universal (molyar) gaz doimiysi: $R_g = 287 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

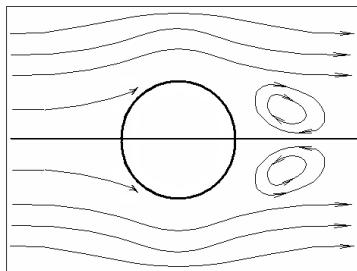
3) Miqdorlarning har hil sistemalardagi o'lchamlari:

Miqdorlar	SI	Boshqa birliklarga o'tkazish
Uzunlik	m	$1 \text{ m} = 100 \text{ sm} = 1000 \text{ mm}$
Yuza	m^2	$1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ sm}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$
Hajm	m^3	$1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ sm}^3 = 1000 \text{ l}$
Massa	kg	$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$
Kuch, og'irlik	N	$10 \text{ N} \approx 1 \text{ kg}\cdot\text{k} = 10^{-3} \text{ t}\cdot\text{k}$
Zichlik	kg/m^3	$1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/sm}^3$
Solishtirma og'irlik	N/m^3	$10^4 \text{ N/m}^3 = 1 \text{ t}\cdot\text{k/m}^3$
Dinamik qovushoqlik	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	$1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 1 \text{ N}\cdot\text{s} / \text{m}^2 = 10 \text{ Pz}$
Kinematik qovushoqlik	m^2/s	$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ sm}^2/\text{s} =$ $= 10^4 \text{ St (Stoks)}$
Bosim	$\text{Pa} =$ $= N/m^2$	$100000 \text{ Pa} \approx 1 \text{ atm} \approx 1 \text{ bar} =$ $= 1 \text{ kg}\cdot\text{k/sm}^2 = 10 \text{ m suv ustuni} =$ $= 760 \text{ mm simob ustuni}$

2. Suyri jismlar uchun oqim chiziqlaridan namunalar

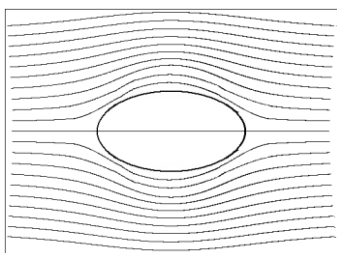


a)

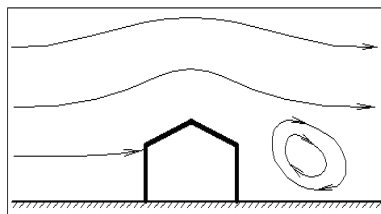


b)

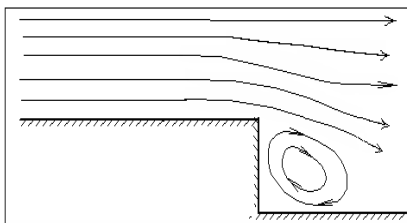
I.1-rasm. Suyuqlik oqimidagi shar (yoki silindr) ning laminar (a) va turbulent (b) suyriligi sxemasi.



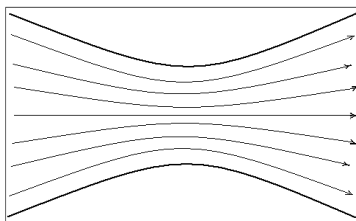
I.2-rasm. Suyuqlik oqimidagi ellipsoid (yoki ellips kesimli silindr) ning laminar suyriligi sxemasi.



I.3-rasm. Havo oqimidagi binoning turbulent suyriligi sxemasi.



I.4-rasm. Suyuqlikning pillapoyadan oqib o'tishida oqim chiziqlari sxemasi.



I.5-rasm. Quvurning toraygan qismida oqim chiziqlari sxemasi

3. Harfiy belgilashlar va ularning o'zbekcha (ruscha) nomlanishi

ρ	- zichlik, kg/m^3 (плотность, $кг/м^3$)
m	- massa, kg (масса, $кг$)
V	- hajm, m^3 (объём, $м^3$)
γ	- solishtirma og'irlik, N/m^3 (удельный вес, $Н/м^3$)
G	- og'irlik (og'irlik kuchi), N (вес (сила тяжести), $Н$)
g	- erkin tushish tezlanishi, m/s^2 (ускорение свободного падения, $м/с^2$)
μ	- dinamik qovushoqlik, $Pa \cdot s$ (вязкость динамическая, $Па \cdot с$)
ν	- kinematik qovushoqlik, m^2/s (вязкость кинематическая, $м^2/с$)
F_n	- ko'taruvchi kuch (arximed kuchi), N (подъёмная (архимедова) сила, $Н$)
h	- chuqurlik (balandlik), m (глубина (высота), $м$)
p	- To'la (gidrostatik) bosim, Pa (давление полное (гидростатическое), $Па$)
p_o	- tasqi bosim, Pa (давление внешнее, $Па$)
p_s	- suyuqlik ustuni og'irligi bosimi, Pa (давление веса столба жидкости, $Па$)
p_{atm}	- atmosfera bosimi, Pa (давление атмосферное, $Па$)
p_{ort}	- ortiqcha bosim, Pa (давление избыточное, $Па$)
p_{man}	- manometrik bosim, Pa (давление манометрическое, $Па$)
H	- gidrostatik napor, m (напор гидростатический, $м$)
H	- gidrodinamik napor, m (напор гидродинамический, $м$)
z	- Geometrik napor (balandlik), m (напор (высота) геометрический, $м$)
h_p	- pyezometrik napor (balandlik), m (напор (высота) пьезометрический, $м$)
h_v	- tezkor napor, m (напор скоростной, $м$)
ω	- jonli kesim yuzasi, m^2 (площадь живого сечения, $м^2$)
Q	- oqim sarfi, m^3/s (расход потока, $м^3/с$)

V	- oqimning o'rtacha tezligi, m/s (скорость потока средняя, m/c)
χ	- ho'llanish perimetri, m (смоченный периметр, m)
R	- gidravlik radius, m (гидравлический радиус, m)
d	- ichki diametr, m (диаметр внутренний, m)
Re	- Reynolds soni (o'lchamsiz) (число Рейнольдса (безразмерное))
Re_{kr}	- Reynoldsning kritik soni (o'lchamsiz) (число Рейнольдса критическое (безразмерное))
ΔH	- yo'qotilgan napor (naporlar farqi), m (потери напора (разность напоров), m)
h_l	- chiziqli yo'qotilgan napor, m (потери напора линейные, m)
h_m	- mahalliy yo'qotilgan napor, m (потери напора местные, m)
ζ	- gidravlik qarshilik ko'ffisiyenti (o'lchamsiz) (коэффициент гидравлического сопротивления (безразмерный))
ζ_l	- chiziqli gidravlik qarshilik ko'ffisienti (o'lchamsiz) (коэффициент линейного гидравлического сопротивления (безразмерный))
ζ_m	- mahalliy gidravlik qarshilik ko'ffisienti (o'lchamsiz) (коэффициент местного гидравлического сопротивления (безразмерный))
λ	- gidravlik ishqalanish ko'ffisiyenti (o'lchamsiz) (коэффициент гидравлического трения (безразмерный))
Δ	- quvur devorining absolyut g'adir-budirligi, mm (абсолютная шероховатость стенок труб, mm)
l	- oqim uzunligi, m (длина потока, m)
i	- gidravlik qiyalik (o'lchamsiz) (уклон гидравлический (безразмерный))
i_{geom}	- geometrik qiyalik (o'lchamsiz) (уклон геометрический (безразмерный))
v_{tov}	- tovush tezligi, m/s (скорость звука, m/c)
μ_0	- sarf ko'ffisienti (o'lchamsiz) (коэффициент расхода (безразмерный))

C	- Shezi koeffisienti (коэффициент Шези)
n	- g'adir-budirlik koeffisiyenti (o'lchamsiz) (коэффициент шероховатости (<i>безразмерный</i>))
T	- Kelvin bo'yicha absolyut temperatura, K (температура абсолютная по Кельвину, K)
t°	- Selsiy bo'yicha temperatura, $^{\circ}C$ (температура по Цельсию, $^{\circ}C$)
R_g	- Havo uchun universal gaz doimiysi, $J/(kg \cdot K)$ (газовая постоянная для воздуха, $Дж/(кг \cdot K)$)
p_{st}	- statik bosim, Pa (статическое давление, $Па$)
$p_{k.st}$	- keltirilgan statik bosim, Pa (приведённое статическое давление, $Па$)
p_t	- harakatlanayotgan gazning to'la bosimi, Pa (полное давление (движущегося газа), $Па$)
p_{∂}	- dinamik bosim, Pa (динамическое давление, $Па$)
$p_{k.tn}$	- keltirilgan to'la bosim, Pa (приведённое полное давление, $Па$)
$\Delta p_{k.tn}$	- keltirilgan to'la bosimlar farqi, Pa (разность приведённых полных давлений, $Па$)
$\Delta p_{yo'q}$	- umumiy yo'qotilgan bosim, Pa (потери давления (общие), $Па$)
Δp_l	- chiziqli yo'qotilgan bosim, Pa (потери давления линейные, $Па$)
Δp_m	- mahalliy yo'qotilgan bosim, Pa (потери давления местные, $Па$)
d_{ekv}	- ekvivalent diametr, m (диаметр эквивалентный, $м$)
Δp_{tab}	- tabiiy tortish, Pa (естественная тяга, $Па$)
Δp_{tab}	- tabiiy bosim, Pa (естественное давление, $Па$)
p_{sh}	- shamol bosimi, Pa (давление ветровое, $Па$)
k_{sh}	- shamol bosimi koeffisienti (o'lchamsiz) (коэффициент ветрового давления (<i>безразмерный</i>))
C_{aer}	- aerodinamik koeffisiyent (o'lchamsiz) (коэффициент аэродинамический (<i>безразмерный</i>))
K_O	- singdiruvchanlik, m^2 (проницаемость, $м^2$)
R_u	- havoning singdiruvchanlik qarshiligi, $m^2 \cdot soat \cdot Pa/kg$ (сопротивление воздухопроницаемости, $м^2 \cdot ч \cdot Па/кг$)

4. Ba'zi o'lchamsiz sonlar

Nomi	Bel-gisi	Ta'rifi	Tavsifi
Atvud soni	A	$\Delta\rho / (\rho_1 + \rho_2)$	Zichliklar farqining zichliklar yig'indisiga nisbati
Kapilyarlik	Cp	$\mu v / \sigma$	Qovushoqlik kuchining sirt taranglik kuchiga nisbati
Singdiruvchanlik	Cr	$\mu \lambda / (\sigma l \rho c_p)$	Diffuziya va sirt tarangligi parametrlarining nisbati
Eyler soni	Eu	$P / (\rho v^2)$	Bosimning inertsia kuchiga nisbati
Frud soni	Fr	$v^2 / (l g)$	Kinetik energiyaning tortishish energiyasiga nisbati
Max soni	M	v / c_s	Siqiluvchanlik ta'sirini xarakterlovchi miqdor
Nyuton soni	Nt	$F / (\rho l^2 v^2)$	Tashqi kuchning inertsia kuchiga nisbati
Puazeyl soni	Po	$L \Delta p / (\mu v)$	Bosim kuchining qovushoqlik kuchiga nisbati
Prandtl soni	Pr	$c_p \mu / \lambda$	Qovushoqlik va issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effisientlari nisbati
Reynolds soni	Re	$lv\rho / \mu$	Inertsia kuchining qovushoqlik kuchiga nisbati
Stoks soni	S	$\mu / (\rho v l^2)$	Qovushoq so'nish tezligining tebranish chastotasiga nisbati
Struxal soni	Sr	$v l / v$	Tebranish tezligining konvektiv oqim tezligiga nisbati
Veber soni	W	$\rho l v^2 / \sigma$	Inertsia kuchining sirt taranglik kuchiga nisbati
Grasgof soni	Gr	$g\rho^2 l^3 \beta \Delta T / \mu^2$	Ko'tarish kuchining qovushoqlik kuchiga nisbati

5. Kurs ishlari (loyihalari)ning namunaviy mavzulari

Umumiy savollar

1. Suyuqlik va gazlar mexanikasi fani tarixi.
2. Zamonaviy suyuqlik va gazlar mexanikasi fani.
3. Suyuqlik va gazlar mexanikasi fanining boshqa fanlar bilan uzviy bog'liqligi.
4. Suyuqlik va gazlar mexanikasi fanining asosiy muammolari.
5. Suyuqliklarning asosiy xossalari.
6. Gazlarning asosiy xossalari.

Gidrostatika

1. Suyuqliklarda muvozanat tenglamasi va uni integrallash.
2. Gidrostatikaning asosiy qonunlari.
3. Gidrostatika asosiy qonunlarining tadbiqu.
4. Gidrostatikada bosim o'lchagich asboblari va ularning qo'llanilishi.
5. Suyuqlikning nisbiy sokinligi.
6. Suyuqliklarda bosim epyuralari.

Aerostatika

1. Gazlarda muvozanat tenglamasi va uni integrallash.
2. Aerostatikaning asosiy qonunlari.
3. Aerostatika asosiy qonunlarining tadbiqu.
4. Aerostatikada bosim o'lchagich asboblari va ularning qo'llanilishi.
5. Gazlarning nisbiy sokinligi.
6. Gazlarda bosim epyuralari.

Gidrodinamika

1. Suyuqlik kinematikasining elementlari.
2. Suyuqlik kinematikasining asosiy teoremlari.
3. Massaning saqlanish qonuni.
4. Impulsning saqlanish qonuni.

5. Impuls momentining saqlanish qonuni.
6. Energiyaning saqlanish qonuni.
7. Siqilmaydigan suyuqlik modeli.
8. Siqiluvchan suyuqlik modeli.
9. Ideal suyuqlik modeli.
10. Suyuqliklar uchun Bernulli integrali va uning tadbiqu.
11. Qovushoq suyuqlik modeli.
12. Suyuqliklarda potensial oqim.
13. Ideal suyuqlikning uyurmali harakat kinematikasi.
14. Navye-Stoks tenglamasi va uning xususiy hollari.
15. Qovushoq suyuqlikning quvurlardagi bir o'lchovli oqimi.
16. Suyuqlikning laminar harakati tushunchalari.
17. Suyuqlikning turbulent harakati tushunchalari.
18. Suyuqlik oqimidagi suyri jismlar.
19. Hidrodinamik o'xsashlik tushunchalari.
20. Suyuqliklarning diffuzor va konfuzorlardagi oqimi.
21. Suyuqlikda kavitatsiya jarayonini o'rganish.

Aerodinamika

1. Gaz kinematikasining elementlari.
2. Gaz kinematikasining asosiy teoremlari.
3. Massaning saqlanish qonuni.
4. Impulsning saqlanish qonuni.
5. Energiyaning saqlanish qonuni.
6. Ideal gaz modeli.
7. Gazlar uchun Bernulli integrali va uning tadbiqu.
8. Qovushoq gaz modeli.
9. Gazlarda potensial oqim.
10. Ideal gazning uyurmali harakat kinematikasi.
11. Qovushoq gazning quvurlardagi bir o'lchovli oqimi.
12. Gazning laminar harakati tushunchalari.
13. Gazning turbulent harakati tushunchalari.
14. Gaz oqimidagi suyri jimlar.
15. Gazlarning naycha (soplo), diffuzor va konfuzorlardagi oqimi.
16. Gaz oqimining binolar va qurilmalarga ta'sirini o'rganish.

6. Mustaqil o‘zlastirishga oid adabiyotlar

Asosiy adabiyotlar

1. Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi. Dinamika. Uslubiy qo‘llanma. – Samarqand: SamDU nashri, 2006.– 114 b.
2. Abdirashidov A. Suyuqlik va gazlar mexanikasi. Kinematika. Uslubiy qo‘llanma.– Samarqand: SamDU nashri, 2005.– 154 b.
3. Xudoynazarov X., Amirqulova F.A. Tutash muhitlar dinamikasi. Uslubiy qo‘llanma. – Samarqand: SamDU nashri, 2005. – 90 b.
4. Xudoynazarov X., Amirqulova F.A. Tutash muhitlar kinematikasi. Uslubiy qo‘llanma.– Samarqand: SamDU nashri, 2003.– 90 b.
5. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. – М.: Наука, 1976. – 829 с.
6. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости.– М.:Мир,1973.
7. Валландер С.В. Лекции по гидроаэромеханике. – Л.:Изд-во ЛГУ, 1978.
8. Валуева Е.П., Свиридов В.Г. Введение в механику жидкости: Учебное пособие. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 212 с.
9. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. В 2-х частях. – М.: Физматлит, 1963.
- 10.Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теоретическая физика: В 10-ти томах. Т. VI. Гидродинамика. - М.: Наука, 1988. - 736 с.
- 11.Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 2003. – 904 с.
- 12.Мейз Дж. Теория и задачи по механике сплошных сред. – М.: Мир, 1974.
- 13.Механика жидкости и газа: Учеб. пособие для вузов / В.С.Швыдкий, Ю.Г.Ярошенко, Я.М.Гордон и др.; Под науч. ред. В.С.Швыдкого. – М.: Академкнига, 2003. – 462 с.
- 14.Механика сплошной среды в задачах. В 2-х томах/Г.Я.Галин, А.Н.Голубятников, Я.А.Каменярж и др. – М.: Московский лицей, 1996.
- 15.Седов Л.И. Механика сплошной среды. В 2-х томах.- М.: Наука, 1983, 1984.
- 16.Умаров А.Ю. Гидравлика. – Т.: «Ўзбекистон» нашри, 2002. – 462 б.

17. Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988. – 424 с.
18. Эглит М.И. и др. Механика сплошной среды в задачах. В 2-х томах. – М.: Наука, 1996.
19. Эглит М.И. и др. Сборник задач по механике сплошной среды. В 2-х томах. – М.: Наука, 1992-93.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1. Альбом течений жидкости и газа./Сост. и авт. текст М. Ван-Дайко. – М.: Мир, 1986. – 180 с.
2. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. – М.: Мир, 1990.
3. Аэродинамика в вопросах и задачах: Учебное пособие для втузов/Краснов Н.Ф., Кошевой В.Н., Данилов А.Н. и др. Под ред Н.Ф.Краснова. – М.: Высш. школа, 1985.
4. Бай Ши-и. Введение в теорию течения сжимаемой жидкости. – М.: Изд-во ИЛ, 1962. – 410 с.
5. Бай Ши-и. Теория вязкого течения. В 2-х томах: 1.Ламинарные течения; 2.Турбулентные течения.– М.:Изд-во ИЛ, 1960.
6. Ламб Г. Гидродинамика. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1947.
7. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теоретическая физика: В 10-ти томах. Т.VI. Гидродинамика. - М.: Наука, 1988. - 736 с.
8. Липман Г.В., Рошко А. Элементы газовой динамики. – М.: Изд-во ИЛ, 1960. – 518 с.
9. Лойцянский Л.Г. Ламинарный пограничный слой. – М.: Наука, 1962.
10. Лоханский Я.К. Механика жидкости и газа (для инженеров). Ч.3. Теоретические основы механики жидкости и газа. Ч.4. Прикладные задачи механики жидкости и газа.
11. Мирзаев Р.О., Аловуддинов А.Б. Физик катталикларнинг халқаро бирликлар системаси. – Т.: Укитувчи, 1983. – 208 б.
12. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. – М.: Наука, 1981.
13. Павленко В.Г. Основы механики жидкости. – Л.: Судостроение, 1988. – 240 с.

- 14.Поттер Д. Вычислительные методы в физике.- М.: Мир, 1975. – 392 с.
- 15.Прандль Л. Гидроаэромеханика. – М.: Изд-во ИЛ, 1949.
- 16.Разностные методы для решения задач механики жидкости и газа. – Пермь: Изд-во Пермь ГУ, 2003.
- 17.Рауз Х. Механика жидкости. – М.: Стройиздат, 1967. – 390 с.
- 18.Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара:Справочник.-М.:Энергоатомиздат,1984
- 19.Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач. – М.: Мир, 1972.
- 20.Роберт Вихард Поль. Механика, акустика и учение о теплоте. – М.: Мир, 1984. – 480 с.
- 21.Роч П.Д. Вычислительная гидродинамика. – М.: Мир. 1980. – 616 с.
- 22.Самарский А.А., Попов Ю.Г. Разностные методы решения задач газовой динамики. – М.: Наука, 1980. – 352 с.
- 23.Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1987.
- 24.Седов Л.И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики. – М.: Наука, 1981.
- 25.Станюкович К.П. Неустановившиеся движения сплошной среды. – М.: Наука, 1971.
- 26.Фабер Т.Е. Гидроаэродинамика. – Постмаркет: Физматлит, 2001. – 560 с.
- 27.Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. В 2-х томах. – М.: Мир, 1991.
- 28.Фын Я.Ц. Введение в теорию аэроупругости. – М.: ГИФМЛ, 1959.
- 29.Чертов А.Г. Физические величины (Терминология, определения, обозначения, размерности, единицы). Справ. пособие. – М.: Высш. шк., 1990. – 335 с.
- 30.Чжен П. Отрывные течения В 3-х томах.– М.: Мир,1972-73.
- 31.Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. - М.: Наука, 1974. – 711 с.
- 32.Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике для инженеров и студентов ВУЗов. – М.: Наука, 1978. – 942 с.

MUNDARIJA

	KIRISH.	3
1.	SUYUQLIKNING FIZIK XOSSALARI.	4
	Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (zichlik, solishtirma og'irlik, qovushoqlik) (5). Namunaviy masalalar va ularning yechimi (6). Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari (9). Mustaqil ish topshiriqlari (10). Testlar (10). Sinov savollari (11). Adabiyotlar (11).	
2.	GIDROSTATIKA.	12
	2.1. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi.	12
	Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (suyuqlik va gazlarning gidrostatik xossalari, kuchlar, gidrostatik bosim, gidrostatikaning asosiy tenglamasi, bosim o'lchagich asboblar) (13). Namunaviy masala va uning yechimi (19). Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari (20). Testlar (21). Sinov savollari (21). Adabiyotlar (21).	
	2.2. Hidrostatikaning asosiy qonunlari.	22
	Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (tutash idish qonuni, suyuqlik bosimining epyurasi, Arximed qonuni, Paskal qonuni, gidrostatik napor, suyuqlikning nisbiy sokinligi) (23). Namunaviy masala va uning yechimi (30). Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari (40). Mustaqil ish topshiriqlari (42). Testlar (43). Sinov savollari (45). Adabiyotlar (45).	
3.	GIDRODINAMIKA.	46
	3.1. Hidrodinamikaning asosiy elementlari.	46
	Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (ideal va qovushoq suyuqlik tushunchasi, gidrodinamika elementlari, oqim-ning uzviylik tenglamasi, gidrodinamik napor, Bernulli tenglamasi) (47). Namunaviy masalalar va ularning yechimi (53). Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari (55). Testlar (56). Sinov savollari (58). Adabiyotlar (58).	

3.2. Oqimlarning harakat rejimi.	59
Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (naporlar farqi va yo'qotilgan napor, naporli oqimlar hisobi, gidravlik zarba, teshik va nasadkadan oqish, oqimlarning harakat rejimi, naporsiz oqimlar hisobi) (60). Namunaviy masalalar va ularning yechimi (68). Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari (69). Mustaqil ish topshiriqlari (73). Testlar (75). Sinov savollari (78). Adabiyotlar (78).	
4. AERODINAMIKA.	79
4.1. Aerostatika.	79
Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (gazlarning fizik xossalari (zichlik; solishtirma og'irlik; qovushoqlik), gazlar statikasi (statik bosim; bosim o'lchagich asboblari; bosim epyuralari; keltirilgan statik bosim) (80). Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari (86). Testlar (87). Sinov savollari (87). Adabiyotlar (87).	
4.2. Aerodinamika.	88
Qisqacha nazariy ma'lumotlar va asosiy hisob formulalari (gazlar dinamikasi (aerodinamik atamalar; oqimning uzviylik tenglamasi; keltirilgan to'la bosim; gazlar uchun Bernulli tenglamasi; Magnus effekti; bosimlar farqi va bosim yo'qolishi; gaz harakatining rejimi), muhandislik tarmoqlarining aerodinamikasi (tabiiy tortishli tizim hisobi; tabiiy sirkulyatsiyali tizim hisobi; me'morchilik-qurilish aerodinamikasi)) (89). Amaliyot mashg'uloti topshiriqlari (100). Testlar (101). Sinov savollari (101). Adabiyotlar (101).	
ILOVA.	102
Ko'p qo'llaniladigan ba'zi ma'lumotlar (102). Suyri jismlar uchun oqim chiziqlaridan namunalar (103). Harfiy belgilashlar va ularning nomlanishi (104). Ba'zi o'lchamsiz sonlar (107). Kurs ishlari (loyihalari) ning namunaviy mavzulari (108). Mustaqil o'zlastirishga oid adabiyotlar (110).	

A.Abdirashidov

**Suyuqlik va gazlar mexanikasi
fanidan amaliy mashg'ulotlar**

(uslubiy qo'llanma)

Muharrir:	E.Qulahmedov
Musahhih:	M.Ro'ziboyev
Texnik muharrir:	G.Asrorova

**30.04.2007 yilda bosishga ruxsat etildi.
№ 274 buyurtma, hajmi 7,5 bosma toboq,
qog'oz bichimi 60x84 1/16. Adadi 100 nusxa.**

**Samarqand davlat universitetining kichik bosmaxonasida
kompyuterda terilgan nusxasidan chop etildi.**

140104, Samarqand sh., Universitet hiyoboni, 15

