

**OYBEK ORIFJONOV**

# **GIDRAVLIKA**

*(Masalalar to'plami)*

**O'zbekiston Respublikasi**

**Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi oliy o'quv yurtlararo  
ilmiy-uslubiy birlashmalar faoliyatini muvofiqlashtiruvchi kengashi  
tomonidan oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida  
tavsiya etilgan**

**Toshkent,  
«Istiqlol» – 2005**

O'quv qo'llanma gidravlika fanining dasturi asosida tayyorlangan.

O'quv qo'llanmaga kiritilgan masalalardan amaliy mashg'ulotlar, hisob-grafik ishlari va olimpiada topshiriqlarini bajarishda foydalanish mumkin.

O'quv qo'llanma bir necha bo'limlarga ajratilgan bo'lib, har bir bo'limda masalalarni yechish tartibi keltirilgan.

O'quv qo'llanmadan gidravlik hisoblarni bajarishda magistrant va aspirantlar ham foydalanishlari mumkin.

Taqrizchilar: **R.M.KARIMOV**, Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti «Gidravlika» kafedrası dotsenti,

**E.J.MAHMUDOV**, O'zRFA «Suv muammolari» instituti direktori, texnika fanlari doktori, professor,

**M.MUHAMADIYEV**, Toshkent Davlat Texnika Universiteti, «Gidroenergetika va QTEM» kafedrası mudiri, texnika fanlari doktori, professor.

## KIRISH

Ilm-fan jadal taraqqiy etayotgan, zamonaviy axborot-kommunikatsiya tizimlari keng joriy etilayotgan jamiyatda yetarli intellektual salohiyatga ega, ilm-fanning zamonaviy yutuqlari asosida mustaqil fikr yuritadigan raqobatbardosh, yuqori malakali kadrlarni tayyorlash o'quv adabiyotlarning sifat va miqdoriga ham bog'liqdir.

«Gidravlika» fanining talabalar tomonidan mukammal o'zlashtirishi, ularda irrigatsiya, suv xo'jaligi qurilishi va qishloq xo'jaligi bilan bog'liq gidravlik jarayonlarni anglash, mushohada yurita olish qobiliyatini shakllantirish mustaqil masalalar yechishni taqozo etadi.

Shu bilan bir qatorda nazariy bilimlarni mustahkamlash, yechilayotgan masalalarning son qiymatlarini aniqlashgacha yetkazish, aniq amaliy masalalarni echishga ko'nikma bo'ladi.

Alohida qishloq va suv xo'jaligi sohasidagi muammolarni hal etishda gidravlik jarayonlar bilan bog'liq bo'lgan amaliy masalalarni yechishga to'g'ri keladi. Gidravlik jarayonlarni to'liq idrok etish, nazariy bilimlarni amaliyotda qo'llay bilish uchun «Masalalar to'plami...» kabi o'quv adabiyotlarga hozirgi kunda talab oshib bormoqda.

Mazkur o'quv qo'llanma qishloq va suv xo'jaligi sohasiga bakalavrlar tayyorlash o'quv dasturi asosida tuzilgan.

Qo'llanmada keltirilgan masalalar xalqaro va Respublika miqyosida o'tkazilgan olimpiadalarda to'plangan tajribalar asosida tuzilgan.

«Gidravlikadan masalalar to'plami» qo'llanmasida murakkablik darajasi har xil masalalar jamlangan bo'lib, ko'pgina ishlab chiqarish bilan bog'liq masalalar ham keltirilgan.

Masalalar to'plami «Gidravlika» fani dasturida keltirilgan mavzular asosida tuzilgan bo'lib, fanning bo'limlarini ketma-ket o'zlashtirib borishga mo'ljallangan.

O'quv qo'llanma «Gidravlika» fanining ikki qismini «gidrostatika» va «gidrodinamika» bo'limlarini o'z ichiga oladi. Har bir bo'limlar yana aniq mavzularga ajratib berilgan.

Qo'llanmada har bir bo'limdagi mavzuga doir masalalarni yechishga ko'rsatmalar berilgan. Qiziqarli, amaliy ahamiyatga ega

bo'lgan masalalar sodda va aniq bayon etishga harakat qilinib, talabalarga mazkur fanni mustaqil ravishda o'rganishlariga ham yordam beradi degan umiddamiz.

Qo'llanmani tayyorlash jarayonida muallif «Gidravlika» fani bo'yicha davlat tilidagi birinchi darslik muallifi t.f.d, prof. K.Sh.Latipovning, hamda TIMI «Gidravlika» kafedrası professor-o'qituvchilari N.P.Togunova, A.M.Eshonxo'jayev, I.A.Ahmadxo'jayevalarning qimmatli maslahatlaridan foydalandi.

O'z fikr-mulohazalari bilan qo'llanma mazmunini boyitishga yordam berganliklari uchun muallif TIMI «Gidravlika» kafedrası mudiri, dot.sent R.M.Karimovga, «Suv muammolari» instituti direktori, t.f.d., professor E. J. Mahmudovga, Toshkent Davlat Texnika Universiteti «Gidroenergetika va QTEM» kafedrası mudiri t.f.d. professor M.Muhammadiyevga o'z minnatdorchiligini bildiradi.

O'quv qo'llanmasi o'zbek tilida birinchi marotaba nashr etilayotganligi sababli gidravlikaga oid terminlar, o'quv materialining joylashtirilishi to'g'risida munozarali joylar uchrashi mumkin. Shu boisdan muallif bu o'quv qo'llanma to'g'risidagi fikr-mulohazalarni mamnuniyat bilan qabul qiladi.

# I. GIDROSTATIKA

## 1. GIDROSTATİK BOSIM

**Gidrostatika** — suyuqliklarning muvozanatdagi qonunlarini o'rganuvchi gidravlika bo'limidir.

Gidrostatik bosim kuchining —  $F$  yuzaga —  $\omega$  nisbati o'rtacha gidrostatik bosim deb ataladi:

$$P_{or} = \frac{F}{\omega}$$

Agar  $\omega$  — yuzani kichraytirib borib nolga intiltirsak ( $\omega \rightarrow 0$ ) biror chegara qiymatga intiladi va bu qiymat nuqtadagi gidrostatik bosim deb ataladi:

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

Muvozanatdagi suyuqlik bosimi quyidagi xossalarga ega:

1. Gidrostatik bosim kuchi o'zi ta'sir qilayotgan yuzaga (perpendikulyar) tik va ichkari tomon yo'nalgan.
2. Gidrostatik bosim hamma yo'nalishda bir xil qiymatga ega.
3. Nuqtadagi gidrostatik bosim faqat shu nuqta koordinatalariga bog'liqdir, ya'ni:

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

### 1.1. Gidrostatik bosim o'lchov birliklari

Texnikada quyidagi o'lchov birliklaridan foydalaniladi:

1. Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati:

$$\frac{N}{m^2}, \frac{kGk}{sm^2}, 1 \frac{N}{m^2} \quad 1 \text{ Pa (Paskal)}$$

2. Suyuqlik ustunining balandliklari:

*m suv ustuni, mm simob ustuni.*

3. Texnik sistemalarda: texnik atmosfera — *at (atm. bar)*

Quyidagi jadvalda bosim o'lchov birliklari orasidagi nisbat keltirilgan:

Birliklar	Pa	Bar	kGk/sm <sup>2</sup>	mm sim. ust	mm suv ust
1 Pa	1,0	10 <sup>-5</sup>	1,02×10 <sup>-5</sup>	7,5×10 <sup>-3</sup>	0,10 <sup>2</sup>
1 Bar	10 <sup>5</sup>	1,0	1,02	7,5×10 <sup>2</sup>	1,02×10 <sup>4</sup>
1 kGk/sm <sup>2</sup>	9,81×10 <sup>4</sup>	0,981	1,0	735	10 <sup>4</sup>
1 mm sim.ust	133	1,33×10 <sup>3</sup>	1,36×10 <sup>3</sup>	1,0	13,6
1 mm suv. ustuni	9,81	9,81×10 <sup>5</sup>	10 <sup>-4</sup>	7,35×10 <sup>-2</sup>	1,0

## 1.2. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi

Hidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} \quad (1.1)$$

Bu yerda:  $z$  — nuqtaning koordinatasi;

$\frac{P}{\gamma}$  — pezometrik balandlik.

Yuqoridagi tenglamaga (1.1) hidrostatikaning asosiy tenglamasi deyiladi.

## 1.3. Hidrostatika asosiy tenglamasining natijalari

**I. Teng bosimli sirt ( $P = \text{const}$ ) gorizont tekislikdir.**  $dp = -\rho g dz$  ga,  $P = \text{const}$  qo'ysak  $dz = 0$  ga ega bo'lamiz. Uni integrallasak  $z = \text{const}$  bo'ladi. Bu esa gorizont tekislikning tenglamasidir.

Demak, muvozanatdagi bir xil suyuqlikdan o'tkazilgan gorizont tekislikning hamma nuqtalarida bosim bir xil bo'ladi.

**II. Ixtiyoriy nuqtadagi bosimni aniqlash.** Buning uchun hidrostatika-niing asosiy tenglamasini yozamiz:

$$z_1 + \frac{P_A}{\gamma} = z_2 + \frac{P_0}{\gamma}$$

Bu yerda:  $z_1$  — ixtiyoriy nuqtaning koordinatasi;

$P_A$  — ixtiyoriy nuqtadagi bosim;

$z_2$  — suyuqlik sathining koordinatasi;

$P_0$  — suyuqlik erkin sirtidagi bosim bo'lib, tashqi bosim deb yuritiladi.

Yuqoridagi tenglamadan ixtiyoriy nuqtadagi bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$P_A = P_0 + \gamma(z_2 - z_1)$$

$z_2 - z_1 = h$  deb belgilab,

$$P_A = P_0 + \gamma h \quad (1.2)$$

Bu yerda:  $P_A$  — ixtiyoriy nuqtadagi bosim, yoki absolyut bosim deyiladi;  $P_0$  — tashqi bosim;  $\gamma h$  — og'irlik bosimi.

(1.2) formulaga ixtiyoriy nuqtadagi bosimni aniqlash formulasi deyiladi.

Agar ixtiyoriy  $A$  nuqtaga pezometr (pezometr — bosim o'lchaydigan asbob) ulasak, pezometrda ko'tarilgan suyuqlik balandligi pezmometrik balandlik deyiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$h_p = \frac{P}{\gamma} = \frac{P_A - P_a}{\gamma}$$

Bu yerda:  $P_a$  — atmosfera bosimi bo'lib, amaliy ishlarda miqdori 1 at yoki  $10^5$  Pa deb qabul qilinadi.

**III. Suyuqlikda bosimning uzatilishi.** Suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil miqdorda uzatiladi (Paskal qonuni).

Gidrostatikaning asosiy tenglamasidan:

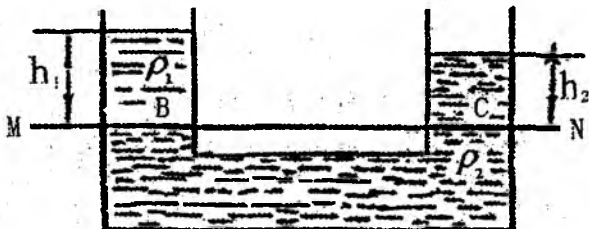
$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} \quad (1.3)$$

Birinchi nuqtaning bosimini  $\Delta P_1$  — miqdorga o'zgartiramiz, u holda ikkinchi nuqtaning bosimi qandaydir  $\Delta P_2$  — o'zgaradi, u holda

$$z_1 + \frac{P_1 + \Delta P_1}{\gamma} = z_2 + \frac{P_2 + \Delta P_2}{\gamma}$$

(1.3) formuladan  $\Delta P_1 = \Delta P_2$  bo'ladi, demak bosim bir xil miqdorga o'zgaradi.

**IV. Tutash idishlar qonuni.** Tutash idishlarga har xil suyuqlik quyilgan bo'lsa, u holda suyuqliklarni ajratuvchi tekislikdan yuqoridagi suyuqlik sathining joylashuvi, suyuqlik zichligiga teskari proporsionaldir.



$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (1.4)$$

$MN$  – suryuqliklarni ajratuvchi tekislik bo‘lib, birinchi (I) natija asosida teng bosimli sirt bo‘ladi, ya’ni  $P_c = P_v$

(1.2) formula asosida

$$P_1 = P_a + \gamma_1 h_1; P_B = P_a + \gamma_2 h_2 \text{ bo‘ladi.}$$

Ma’lumki,  $P_c = P_B$ , u holda  $\gamma_1 h_1 = \gamma_2 h_2$  yoki  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}; \gamma_1 = \rho_1 g$

$$\gamma_2 = \rho_2 g \text{ deb olsak } \frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}.$$

## 1.2 Manometrik va vakuummetrik bosimlar

Amaliyotda bosimni xarakterlash uchun manometrik va vakuummetrik bosim tushunchalaridan foydalaniladi.

Agar ixtiyoriy nuqtadagi bosim, atmosfera bosimidan yuqori bo‘lsa  $P_A > P_a$ , atmosfera bosimidan yuqori bo‘lgan qismiga manometrik bosim deyiladi va quyidagicha hisoblanadi:

$$P_M = P_A - P_a$$

bu yerda:  $P_M$  – manometrik bosim;

$P_a$  – atmosfera bosimi.

Manometrlar – manometrik bosimni o‘lchaydi.

Agar ixtiyoriy nuqtadagi bosim atmosfera bosimidan kichik bo‘lsa,  $P_A < P_a$ , atmosfera bosimigacha bo‘lgan bosimga vakuummetrik bosim deyiladi va quyidagicha hisoblanadi:

$$P_v = P_a - P_A$$

bu yerda,  $P_v$  – vakuummetrik bosim.

Vakuummetrlar – vakuummetrik bosimni o‘lchaydi.

### Masalalarni yechishga doir ko‘rsatma:

**1- masala.** Benzin bilan to‘ldirilgan bak, quyoshda  $50^\circ\text{C}$  gacha harorati ko‘tariladi. Agar bak absolyut qattiq deb qaralsa benzinning bosimi qanchaga o‘zgaradi? Benzinning boshlang‘ich harorati  $20^\circ\text{C}$ , hajmiy siqilish



koeffitsiyenti  $\beta_w = \frac{1}{1300} \frac{1}{\text{mPa}}$ ; issiqlikdan kengayish harorat koeffitsiyenti

$$\beta_t = 8 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}.$$

*Yechimi:*

Siqilish va haroratdan kengayish formulalaridan foydalanib quyidagilarni yozamiz:

$$\beta_w = \frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{1}{P_1} \rightarrow \frac{\Delta V}{V} = \beta_w P_1$$

$$\beta_t = \frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{1}{t_1} \rightarrow \frac{\Delta V}{V} = \beta_t t_1$$

Tenglamani o'ng tomonlarini tenglashtirib, o'zgargan bosim miqdorini aniqlaymiz:

$$\beta_w P_1 = \beta_t t_1$$

$$P_1 = \frac{\beta_t}{\beta_w} \cdot t_1 = 312 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

**2- masala.** Diametri  $D = 2,0 \text{ m}$  ga teng bo'lgan silindrsimon bakka  $H = 1,5 \text{ m}$  gacha suv va benzin quyilgan. Pezometrda suv sathi benzin sathidan  $h = 300 \text{ mm}$  past. Bakdagi benzin og'irligini aniqlang, benzin zichligi  $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$  (1- rasm).

*Yechimi:*

1. Hidrostatika asosiy tenglamasining 1-natijasiga asoslanib A nuqtadagi bosim

$$P_A = P_a + \rho_b g h_1 + \rho g h_2$$

$$P_A = P_a + \rho g (H - h)$$

Tenglamani o'ng tomonlarini tenglashtirib,  $h$  ni aniqlaymiz:

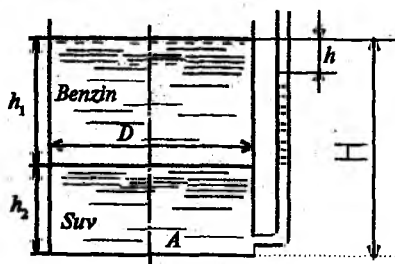
$$\rho_b g h_1 + \rho g h_2 = \rho g (H - h)$$

Ma'lumki,

$$h_1 + h_2 = H; h_2 = H - h_1$$

u holda

$$h_1 (\rho_b g - \rho g) = \rho g h$$



1- rasm.

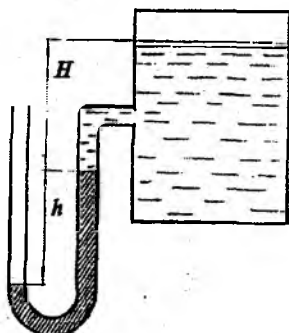
$$h_1 = \frac{\rho g h}{\rho g - \rho_0 g} = \frac{\rho h}{\rho - \rho_0} = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,3 \text{ m}}{300 \text{ kg/m}^3} = 1,0 \text{ m}$$

2. Bakdagi benzin og'irligi:

$$G = \rho_0 g W = \rho_0 g \frac{\pi d^2}{4} \cdot h_1 = 22 \text{ kH}$$

**3- masala.** Idishdagi havoning absolyut bosimini aniqlash kerak, agar simobli asbobning ko'rsatishi  $h = 363 \text{ mm}$ , balandligi  $H = 1,0 \text{ m}$  bo'lsa. Simobning zichligi  $\rho_c = 13600 \text{ kg/m}^3$ . Atmosfera bosimi  $736 \text{ mm}$  simob ustuniga teng (2-rasm).

*Yechimi:*



2- rasm.

1. (1.2) formuladan C nuqtadagi bosim

$$P_C = P_a - \rho_c g h$$

2. Suyuqlik sathidagi bosim

$$P_0 = P_C - \rho g H = P_a - \rho g h - \rho g H =$$

$$= 39952 \text{ kH/m}^2 \approx 40 \text{ kPa}$$

**4- masala.**  $H = 5 \text{ m}$  chuqurlikka o'rnatilgan rezervuardagi absolyut bosimni aniqlash kerak, agar  $h = 1,7 \text{ m}$  balandlikda qo'yilgan vakuummetrning ko'rsatishi  $P_v = 0,12 \text{ mPa}$  bo'lib, atmosfera bosimi  $h_a = 740 \text{ mm}$  simob ustuniga va benzin zichligi  $\rho_b = 700 \text{ kg/m}^3$

bo'lsa (3-rasm).

*Yechimi:*

1. Ma'lumki, vakuummetr vakuummetrik bosimni o'lchaydi, u holda absolyut bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$P_A = P_v - P_v$$

$$P_A = P_a - P_v = 0,8 \text{ at} = 0,08 \text{ MPa}$$

2. C nuqtadagi absolyut bosimni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

$$P_c = P_A + \rho g (H + h) = 1,26 \text{ at.}$$

### Masalalar:

1. Idish tubidagi to'la gidrostatik bosimni toping. Idishning usti ochiq bo'lib, uning erkin sirtidagi bosim atmosfera bosimiga teng.

Aniqlangan gidrostatik bosimni har xil birliklarida ifodalang (1-jadvaldan foydalanib).

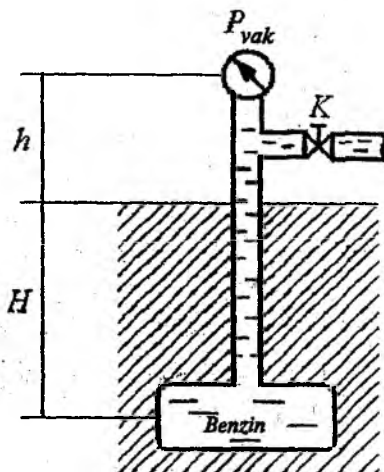
2. Yopiq idishga o'rnatilgan pezometrdagi suyuqlik sathini  $h_p$  toping. Suv sathidagi absolyut bosim:  $P = 1,06$  at;  $h_1 = 60$  sm;  $P_a = 760$  mm simob ustuniga teng (1.1-rasm).

3. Idishdagi suv sathidagi bosimni aniqlang. Pezometrdagi suyuqlik balandligi  $h_p = 70$  sm,  $h_1 = 40$  sm,  $P_a = 100$  kPa (1.1-rasm).

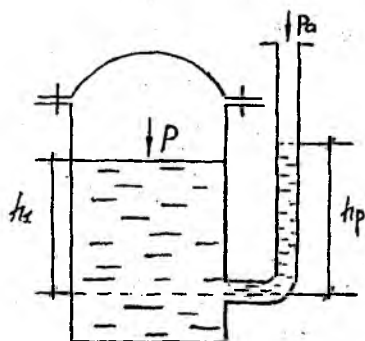
4. Balondagi -V vakuum va absolyut bosimni toping. Vakuummetrning ko'rsatishi  $h = 0,7$  m suv ustuniga teng (1.2-rasm).

5. V-idishdagi vakuummetrik bosim  $P_B = 0,5$  at; suyuqlikning zichligini aniqlang, agar  $h = 0,7$  m;  $P = 760$  mm simob ustuniga teng bo'lsa (1.2-rasm).

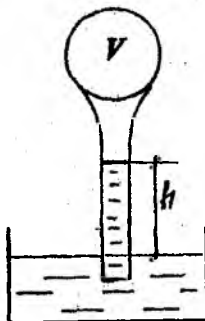
6. V-idishdagi vakuummetrik bosim  $P_B = 0,3$  at bo'lsa  $h$  ni aniqlang (1.2-rasm).



3- rasm.



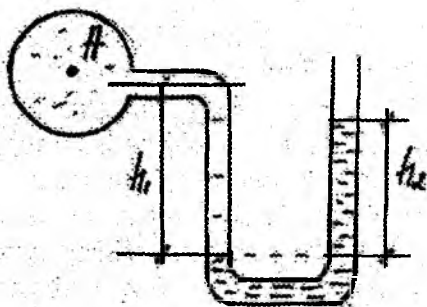
1.1- rasm.



1.2- rasm.



1.3- rasm.



1.4- rasm.

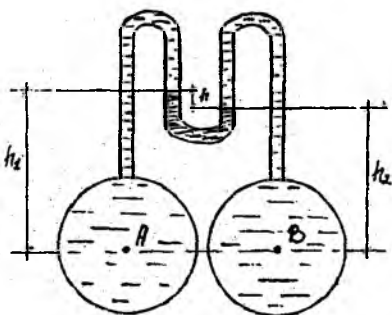
7. U – shakldagi idishga benzin va suv quyilgan. Agar  $h_1 = 70$  sm;  $h_2 = 50$  sm bo'lsa, benzin zichligini aniqlang (1.3-rasm).

8. A truboprovoddagi suvning manometrik bosimini toping. Pezometrdagi simob ustuni balandligi  $h_2 = 25$  sm va  $h_1 = 40$  sm. (1.4- rasm).

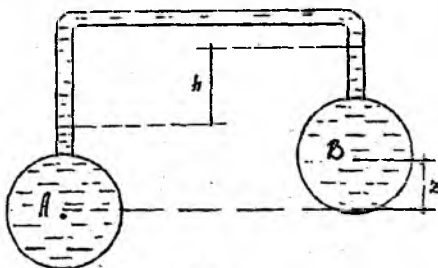
9. A truboprovoddagi manometrik bosim  $P_a = 200$  kPa bo'lsa,  $h_2$  ni aniqlang (1.4-rasm).

10. Differensial manometr yordamida suv bilan to'ldirilgan 2 ta truboprovoddagi (A va B nuqtalardagi) bosimlar farqini toping. Simob ustuni balandligi  $h_1 - h_2 = h = 20$ .

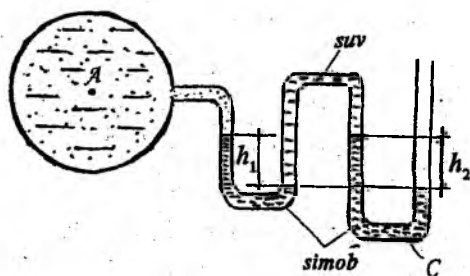
11. Agar A va B nuqtalardagi bosimlar farqi  $P_A - P_B = 20$  kPa bo'lsa,  $h$  ni aniqlang. (1.5-rasm).



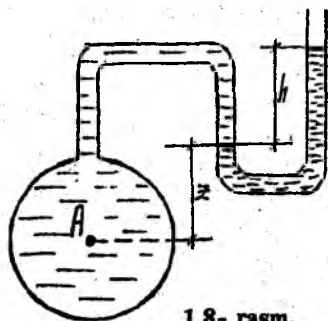
1.5- rasm.



1.6- rasm.



1.7- rasm.



1.8- rasm.

12. Sxemada keltirilgan A va V idishlardagi bosimlar farqi  $P_A - P_V = 840 \text{ N/m}^2$ . Idishlar suv bilan to'ldirilgan,  $Z = 40 \text{ sm}$ .  $h$  ni aniqlang (1.6-rasm).

13. Yuqoridagi masalada, agar  $Z = 0$  bo'lsa,  $h$  miqdori qanchaga o'zgaradi? (1.6-rasm).

14. A idishdagi manometrik bosim  $0,5$  atmosferaga,  $h_1 = 55 \text{ sm}$  ga teng bo'lsa,  $h_2$  ni aniqlang (1.7-rasm).

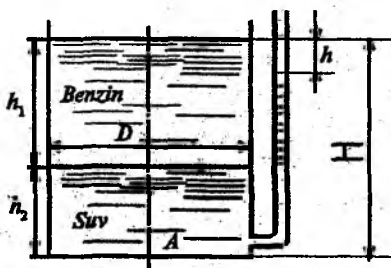
15. Agar  $h_1 = 60 \text{ sm}$ ,  $h_2 = 40 \text{ sm}$  bo'lsa, A idishdagi absolyut bosim va manometrik bosimini aniqlang (1.7-rasm).

16. Quvurdagi manometrik bosim  $P_A = 40 \text{ kN/m}^2$ ,  $h = 24 \text{ sm}$  bo'lsa,  $z$  ning qanday balandligida tizim muvozanat holatiga keladi (1.8-rasm).

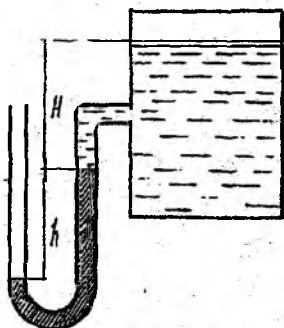
17. Agar  $h = 30 \text{ sm}$ ;  $z = 40 \text{ sm}$  bo'lsa, quvurdagi bosim miqdorini aniqlang (1.8-rasm).

18. Diametri  $D = 2,0 \text{ m}$  ga teng bo'lgan silindrsimon bakka  $H = 2,0 \text{ m}$  gacha suv va benzin quyilgan pezo-metrdagi suv sathi va benzin og'irligini aniqlang  $h_1 = 1,2 \text{ m}$  (1.9-rasm).

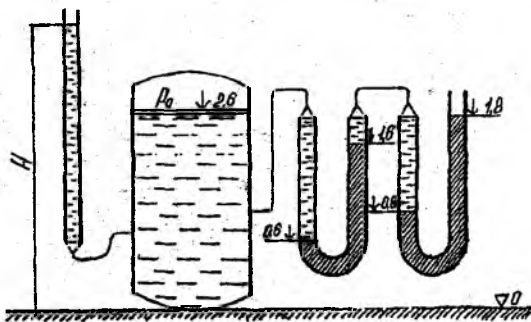
19. Yuqoridagi masalada agar bak-dagi suv og'irligi  $G = 3000 \text{ kg}$  bo'lsa,  $h$  ni aniqlang.



1.9- rasm.



1.10- rasm.



1.11- rasm.

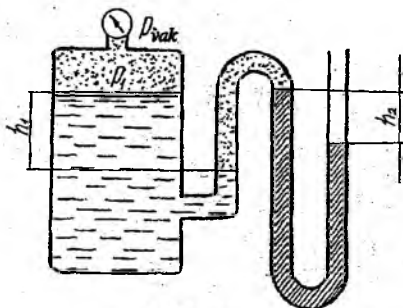
20. Yuqoridagi masalada pezometrdagi suv sathi benzin sathidan  $h = 200$  mm past. Agar benzin zichligi  $\rho_b = 700$  kg/m<sup>3</sup> bo'lsa, bakdagi benzin og'irligini aniqlang (1.9-rasm).

21. Agar simobli manometrnining ko'rsatishi  $h = 366$  mm,  $H = 1.0$  m bo'lsa idishdagi havoning bosimini aniqlang. Atmosfera bosimi 736 mm simob ustuniga teng (1.10-rasm).

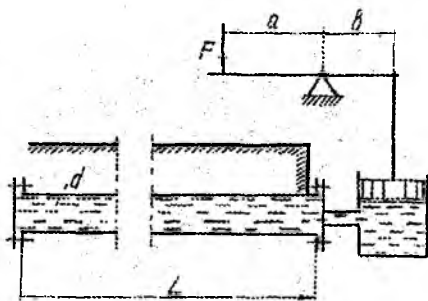
22. Suv sathidagi absolyut bosim  $P_0 = 140$  kPa bo'lsa,  $h$  ni aniqlang (1.10-rasm).

23. Idishdagi havo bosimini va pezometrdagi suv sathini aniqlang. Idishga U shaklidagi simobli manometr ulangan (1.11-rasm).

24. Idishdagi havo bosimini va vakuummetr ko'rsatishini aniqlang, agar suv idishga simobli manometr ulangan bo'lib  $h_2 = 200$  mm va  $h_1 = 300$  mm bo'lsa (1.12-rasm).



1.12- rasm.



1.13- rasm.

25. Quvurdagi bosimni 0 dan 1,5 MPa gacha oshirish uchun, porshenli nasosdagi suv hajmini qanchaga oshirish kerak (suvning siqilish moduli  $K = 2500$  MPa).

Quvur o'lchamlari:  $L = 500$  m,  $d = 100$  m bo'lsa. Richakga qo'yilgan  $F$ -kuchni aniqlang, agar porshen diametri  $d = 50$  mm va  $a/b = 5$  bo'lsa. (1.13-rasm)

## 2. IXTIYORIY TEKIS SHAKLGA TA'SIR ETAYOTGAN GIDROSTATIK BOSIM KUCHI

Ixtiyoriy tekis shaklga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini hisoblashda ikki xil usuldan foydalaniladi:

1. Analitik usul.
2. Grafoanalitik usul.

### 2.1. Analitik usul

Ixtiyoriy tekis shaklga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi, shakl og'irlik markaziga qo'yilgan bosimni shu shakl yuzasiga ko'paytmasiga teng:

$$F = P_c \cdot \omega \quad (2.1)$$

bu yerda:  $P_c$  — shakl og'irlik markaziga qo'yilgan bosim;  
 $\omega$  — shaklning yuzasi.

Nazariy mexanika kursidan ma'lumki, kuchni to'liq ifodalash uchun quyidagi elementlarni aniqlash kerak:  
miqdori; yo'nalishi; qo'yilgan nuqtasi.

Kuchning miqdorini (2.1) formula yordamida, yo'nalishini gidrostatik bosimning xossasidan (II), (ya'ni gidrostatik bosim kuchi ta'sir etayotgan yuzaga tik yo'nalgan), aniqlaymiz.

### 2.2 Bosim markazini aniqlash

Kuchning qo'yilgan nuqtasi analitik usulda, Varinon teoremasidan foydalanib quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$z_D = z_c + \frac{J_0}{z_c \omega} \quad (2.2)$$

Bu yerda:  $z_D$  – kuch qo'yilgan nuqtaning koordinatasi;  $J_0$  – inersiya momenti,  $z_C$  – og'irlik markazining koordinatasi.

Gidrostatik bosim kuchi qo'yilgan nuqtaga *bosim markazi* deyiladi.

Tekis shakl vertikal holatda bo'lsa, bosim markazi quyidagicha aniqlanadi:

$$h_D = h_C + \frac{J_0}{h_C \omega} \quad (2.3)$$

Tekis shakl gorizontol holatda bo'lsa, bosim markazi bilan og'irlik markazi ustma-ust tushadi:

$$h_D = h_C \quad (2.3)$$

Endi (2.1), (2.2) va (2.3) formulalardan foydalanib masalalar yechish tartibini ko'ramiz:

**1- masala.** Rezervuar qopqog'iga (AB) ta'sir etayotgan bosim kuchini va bosim markazini aniqlang, agar qopqog' o'lchamlari  $a = 1,0$  m;  $b = 1,2$  m; suyuqlik zichligi  $\rho = 700$  kg/m<sup>3</sup> va rezervuarga o'rnatilgan manometrning ko'rsatishi  $P_m = 0,08$  MPa;  $N_0 = 1,5$  m bo'lsa (1-rasm).

*Yechimi:*

2. Tekis shakl og'irlik markaziga qo'yilgan bosimni aniqlaymiz:

(1.2) formuladan ixtiyoriy nuqtadagi bosim:

$$P_c = P_0 + \rho g h_c$$

bu yerda:  $P_0$  – tashqi bosim,  $P_0 = P_m + R_a$ .

U holda

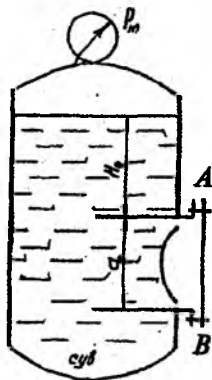
$$P_c = P_m + P_a + \rho g \left( H_0 + \frac{a}{2} \right)$$

3. Tekis shakl yuzasini aniqlaymiz:

$$\omega = ba$$

4. Hidrostatik bosim kuchini (1.2)dan aniqlaymiz:

$$F = P_c \cdot \omega = \left[ P_m + P_a + \rho g \left( H_0 + \frac{a}{2} \right) \right] \cdot ab$$



1- rasm.



Berilgan qiymatlarni qo'yib, gidrostatik bosim kuchini hisoblaymiz:

$$F = \left[ 0,08 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} + 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} + 700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (1,5 \text{ m} + 0,5 \text{ m}) \right] \cdot 1,2 \text{ m}^2 = 232800 \text{ N} = 233 \text{ kN}$$

5. Bosim markazini aniqlaymiz:

$$h_D = h_c + \frac{J_0}{h_c \omega}$$

Bu yerda:

$$h_c = H_0 + \frac{a}{2}; \omega = ba; J_0 = \frac{ba^3}{12}$$

u holda, berilgan qiymatlarni qo'yib  $h_D$  ni aniqlaymiz:

$$h_D = \left( H_0 + \frac{a}{2} \right) + \frac{\frac{ba^3}{12}}{\left( H_0 + \frac{a}{2} \right) ba} = 2 + \frac{1}{24} = 2,06 \text{ m}$$

Endi bosim markazini aniqlashni boshqa hollarda ham ko'ramiz (2-rasm).

1. Agar idish devori burchak ostida joylashgan bo'lsa  $z_D$  ni aniqlaymiz:

bu yerda:  $H_0 = 1,5$

$a = 1,4 \text{ m}$

$b = 1,2 \text{ m}$

$\alpha = 60^\circ$  bo'lib, bosim markazini aniqlash kerak bo'lsin:

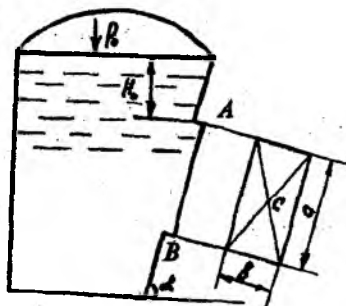
$$z_D = z_c + \frac{J_0}{z_c \omega}$$

u holda

$$h_D = z_D \cdot \sin \alpha = 2,17 \text{ m}$$

Bunday hollarda bosim markazini aniqlashning bir qulay usuli bor (Mazkur usul muallif tomonidan taklif qilingan). Burchak ostida joylashgan tekis shakl vertikal tekislikka proyeksiyalanib, bosim markazi (2.3) formula bilan hisoblanadi:

$$h_D = \frac{J_0^1}{h_c \omega^1} + h_c$$



2- rasm.

Bu yerda:  $J_0^1$  — tekis shakl proyeksiyasining inersiya momenti;

$\omega_1$  — tekis shaklning vertikal tekislikka proyeksiyasi.

U holda

$$h_p = 2,17 \text{ m}$$

### 2.3 Grafoanalitik usul

Bu usulni yuqoridagi masala asosida tushuntiramiz:

1. Masshtab bilan bosim epyurasini (3- rasm) chizamiz. A nuqtadagi bosim:

$$P_A = P_0 + \rho g H_0$$

B nuqtadagi bosim:

$$P_B = P_0 + \rho g (H_0 + a)$$

2. Hidrostatik bosim kuchi bosim epyurasining hajmiga teng:

$$F = W_{B.E.} = \omega_{B.E.} b$$

Bu yerda:  $\omega_{B.E.}$  — bosim epyurasining yuzasi, bizning misolda quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega_{B.E.} = \frac{(P_A + P_B)}{2} a$$

u holda hidrostatik bosim kuchi

$$F = \left( \frac{P_A + P_B}{2} \right) ab = \left( \frac{190,5 \cdot 10^3 + 198,4 \cdot 10^3}{2} \right) \cdot 1,2 \cdot 1 = 233 \text{ kN}$$

### 2.4 Bosim markazini aniqlash

Grafoanalitik usulda bosim markazini aniqlashda bir qulaylik bor. Chunki hidrostatik bosim kuchining ta'sir chizig'i bosim epyurasining og'irlik markazidan o'tadi. Demak, bosim markazini aniqlash uchun bosim epyurasining og'irlik markazini aniqlash kifoya. Biz ko'rayotgan misolda nazariy mexanika kursidan ma'lum bo'lgan usuldan foydalalanib, bosim epyurasining og'irlik markazini aniqlaymiz. Yuqorida ko'rilgan misolda bosim epyurasi trapesiya shaklida edi. Trapesiyaning og'irlik markazini quyidagicha topamiz:

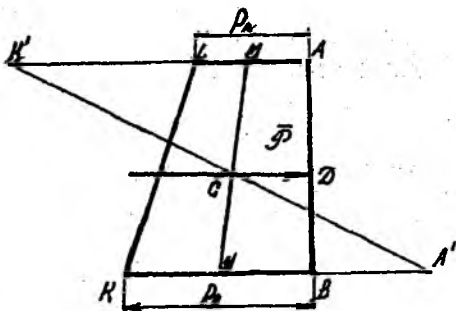
1. Masshtab bilan bosim epyurasi chiziladi. (4-rasm).

2.  $BK$  – kesmani olib,  $AL$  – kesmasini to'ldiramiz,  $AL$  – kesmani olib,  $BK$  – kesmasini to'ldiramiz, natijada  $AK^1$  va  $K^1A^1$  kesmalarni hosil qilamiz.

3.  $A^1$  va  $K^1$  nuqtalarni tutash-tiramiz.

4.  $AL$  – kesmasini o'rtasi  $M$  nuqtani,  $BK$  – kesmasining o'rtasi  $N$  – nuqtani aniqlab, bu nuqtalarni tutashtiramiz.

$A^1K^1$  va  $MN$  – chiziqlar kesishgan nuqtasi –  $C$  bosim epyurasining og'irlik markazi bo'ladi. Hidrostatik bosim kuchi  $C$  nuqtadan o'tib  $AB$  tomon bilan  $D$  nuqtada kesishadi, ya'ni  $D$  nuqta bosim markazi bo'ladi.



4- rasm.

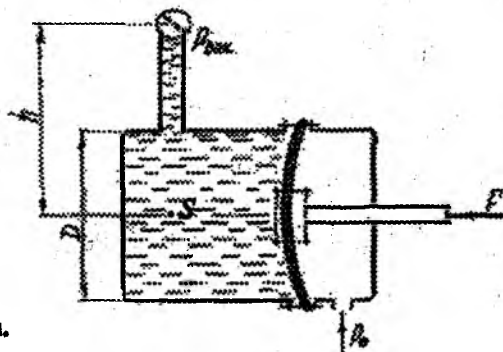
### Masalalarni echishga doir ko'rsatma:

**Masala. 1.** Egiluvchan diafragmaning shtokiga qo'yilgan  $F$  kuchni aniqlang. Agar uning diametri  $D = 200$  mm bo'lib, vakuummetr ko'rsatishi  $P_B = 0,05$  mPa, balandlik  $h = 1,0$  m ga teng bo'lsa (5-rasm).

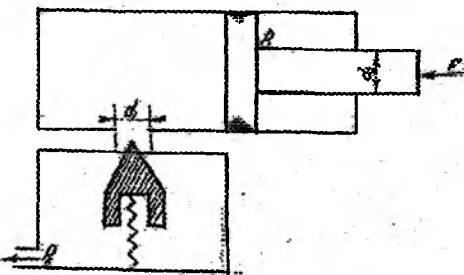
*Yechimi:*

1.  $C$  nuqtadagi bosim

$$P_c = \rho g h - P_B = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ m} - 50 \text{ kPa} = -40 \text{ kPa}.$$



5- rasm.



6- rasm.

2. Diafragmaning shtokiga qo'yilgan kuch

$$F = P_C \omega = -40 \text{ kPa} \cdot 0,485 D^2 = -1,26 \text{ kN}.$$

**Javobi:**  $F = -1,26 \text{ kN}$

3. Diametri  $D = 80 \text{ mm}$  bo'lgan porshenning shtokiga qo'yilgan  $F$  kuchning minimum miqdorini aniqlang, agar klapan o'rnatilgan pru-

jinadagi bikirlik kuchi  $F_0 = 100 \text{ H}$  bo'lib, bosimi  $P_2 = 0,2 \text{ mPa}$  bo'lsa (6-rasm). Klapan teshigining diametri  $d_1 = 10 \text{ mm}$ , shtokning diametri  $d_2 = 40 \text{ mm}$  va gidrosilindr shtoki tomonidagi bosim  $P_1 = 1,0 \text{ mPa}$  ga teng deb qaralsin.

**Yechimi:**

1. Suyuqlik tomonidan klapan ta'sir etayotgan kuchni aniqlaymiz:

$$F = F_0 + P_2 S_1; \quad S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}.$$

U holda

$$F = F_0 + P_2 \cdot 0,785 d_1^2.$$

2. Muvozanat tenglamasini tuzib, shtokka qo'yilgan kuchning minimum miqdorini aniqlaymiz:

$$P_0 \cdot S_0 - P_1 \cdot S_1 - F_1 = 0$$

Bu yerda:  $S_0$  — porshenning yuzasi;

$$S_1 = S_0 - S_2 = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4} = 0,785 (D^2 - d_2^2)$$

$$P_0 = \frac{P}{S_0} = 1470678 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$$

Hadlarni tuzilgan tenglamaga qo'yib, kuchning son qiymatini hisoblaymiz:

$$F_1 = F - P_1 \cdot 0,785 (D^2 - d_2^2) = 3629 \text{ N} = 3,63 \text{ kN}.$$

**Javobi:**  $F_1 = 3,63 \text{ kN}.$

## MASALALAR:

1. Tizim muvozanatda bo'lishi uchun katta porshenga qanday  $P_2$  kuch qo'yilishi kerak?  $P_1 = 147 \text{ N} = 15 \text{ kG}$ . Porshenlar diametri  $D = 300 \text{ mm}$ ,  $d = 50 \text{ mm}$ . Sathlar farqi  $h = 30 \text{ sm}$ . Naylar suv bilan to'ldirilgan (2.1- rasm).

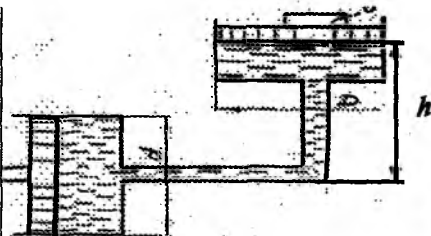
2. Agar naylar simob bilan to'ldirilgan bo'lsa,  $P_2$  ning miqdorini aniqlang (2.1- rasm).

3. Agar katta porshenga qo'yilgan kuch  $F_2 = 50 \text{ kN}$ , kichik porshenga qo'yilgan kuch  $F_1 = 20 \text{ kN}$  bo'lsa, tizim muvozanatda bo'lishi uchun  $h$  ni aniqlang. Naylar suv bilan to'ldirilgan (2.1- rasm).

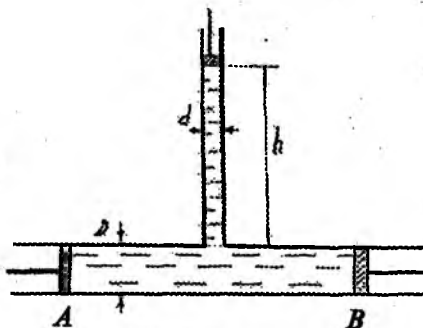
4. Rasmda ko'rsatilganidek  $D = 500 \text{ mm}$  li quvur  $d = 100 \text{ mm}$  li quvurga ulangan. Suv ustunining balandligi  $h = 80 \text{ sm}$ . Quvurlarga porshen o'rnatilgan. Tizim muvozanatda bo'lishi uchun  $S$  porshenga  $F_1 = 9,81 \text{ N}$  kuch qo'yilgan bo'lsa,  $A$  va  $B$  porshenlarga qanday  $F_2$  kuch qo'yilishi kerak. Porshen va quvur orasidagi ishqalanish hisobga olinmasin (2.2- rasm).

5. Agar porshenlarga qo'yilgan kuchlar  $F_2 = 60 \text{ kN}$ ;  $F_1 = 20 \text{ kN}$  bo'lsa,  $h$  ni miqdorini aniqlang (2.2- rasm).

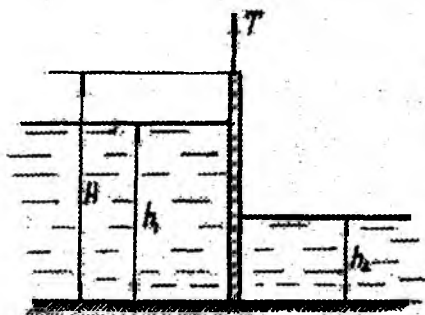
6. Suvning chuqurligi yuqori b'efda  $h_1 = 3 \text{ m}$ , pastki b'efda esa  $h_2 = 1,2 \text{ m}$ . Darvozaning eni  $B = 4 \text{ m}$  va balandligi  $N = 3,5 \text{ m}$ . Bosim markazi va tekis to'g'ri burchakli darvozaga ta'sir etayotgan gidrostatik



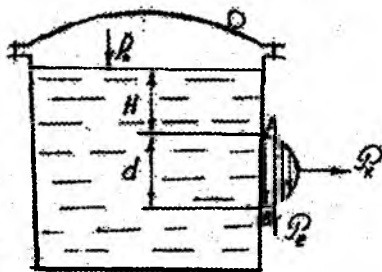
2.1- rasm.



2.2- rasm.



2.3- rasm.

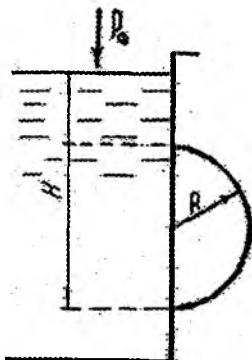


2.4- rasm.

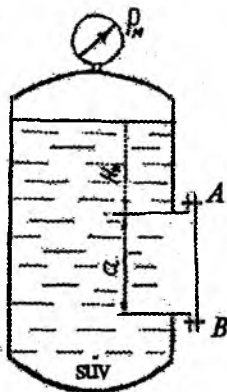
bosim kuchini toping. Masalani analitik va grafoanalitik usullar bilan eching (2.3- rasm).

7. Agar darvoza qalinligi 0,3 m, darvoza materialining hajmiy og'irligi  $\gamma_D = 1,2 \cdot 10^4$  va ishqalanish koeffitsiyenti  $f = 0,5$  bo'lsa darvozaning boshlang'ich ko'tarish kuchi  $T$  topilsin (2.3-rasm).

8. Radiusi  $r = 0,5$  m bo'lgan yarim shar shakldagi qopqoqning ochilish kuchini toping. Manometrning ko'rsatishi  $P_m = 26847 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,27 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2}$ ,  $h = 1,2$  m (2.4- rasm).



2.5- rasm.



2.6- rasm.

9. Benzin rezervuarining yon tomoniga o'rnatilgan qopqog'i yarim sfera shaklida. Agar  $H = 2,0$  m;  $d = 0,5$  m;  $\rho = 700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $P_0 = 102 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  bo'lsa, rezervuar qopqog'iga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini hisoblang (2.5- rasm).

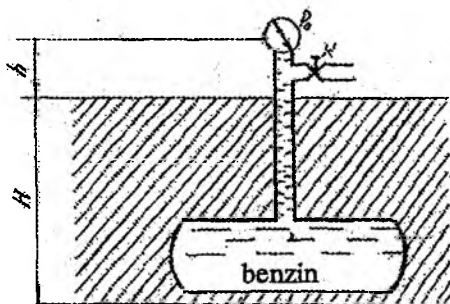
10. Agar qopqog o'lchamlari  $a = 1,0$  m,  $b = 1,2$  m, suyuqlik zichligi  $\rho = 700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  ga, rezervuarga o'rnatilgan monometrning ko'rsatishi  $P_M = 0,08$  mPa va  $H_0 = 1,5$  m bo'lsa, rezervuar qopqog'iga (AB) ta'sir etayotgan bosim kuchini va bosim markazini aniqlang (2.6- rasm).

11. Doira shaklidagi ( $d = 1,0$  m) rezervuar qopqog'iga ta'sir etayotgan kuch  $F_2 = 20$  kN,  $H_0 = 2,0$  m, suyuqlik zichligi  $\rho = 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  bo'lsa, suyuqlik sathidagi bosimni va manovakuummetr ko'rsatishini aniqlang (2.6- rasm).

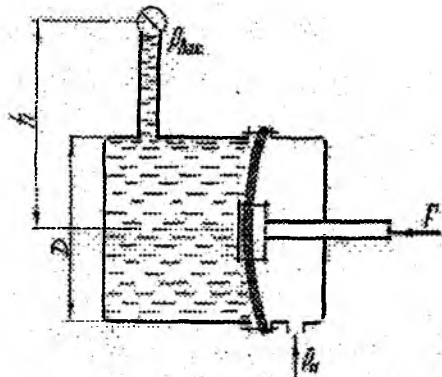
12. Agar  $h = 1,7$  m balandlikda qo'yilgan vakuummetrning ko'rsatishi  $P_v = 0,02$  mPa, atmosfera bosimi  $h_0 = 740$  mm simob ustuniga teng bo'lsa,  $H = 5$  m chuqurlikda joylashgan rezervuardagi absolyut bosimni aniqlang (2.7- rasm).

13. Agar rezervuardagi benzin absolyut bosimi  $P_s = 145$  kPa,  $h = 2,0$  m, vakuummetr ko'rsatish  $P_v = 0,03$  mPa, atmosfera bosimi  $P_a = 1$  at bo'lsa, rezervuar o'rnatilgan chuqurlik  $H$  aniqlansin (2.7- rasm).

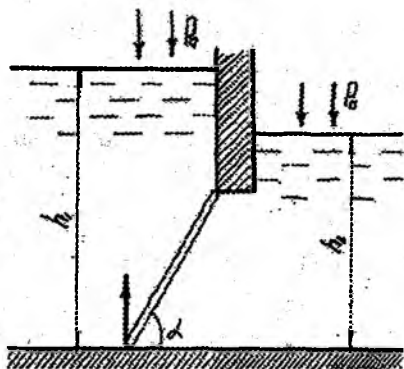
14. Diametri  $D = 200$  mm, vakuummetr ko'rsatishi  $P_v = 0,05$  mPa, balandlik  $h = 1,0$  m ga teng bo'lsa, egiluvchan diafragmaning shtokiga qo'yilgan kuchni aniqlang (2.8- rasm).



2.7- rasm.



2.8- rasm.



2.9- rasm.

15. Egiluvchan diafragmaning shtokiga qo'yilgan kuch 1,26 kN. Agar uning diametri  $D = 200$  mm,  $h = 2,0$  m bo'lsa, vakuummetr ko'rsatishi  $P_b$  aniqlansin (2.8- rasm).

16. Eni  $b = 2$  m bo'lgan to'rtburchak darvozani ushlab turadigan trosning tortish kuchini quyidagi hollarda aniqlang (2.9-rasm):

1) Agar  $h_1 = 1,8$  m,  $h_2 = 0$ ;  $\alpha = 60^\circ$ ; 2)  $h_1 = 3,0$  m,  $h_2 = 2,0$  m,  $\alpha = 45^\circ$  bo'lsa;

Eslatma: Darvoza og'irligi hisobga olinmasin.

17. To'g'onning 1 m eniga quyilgan gorizontaal va vertikal kuchlarni toping. Agar a)  $h = 3$  m;  $L_1 = 1$  m;  $L_2 = 2,2$  m; b)  $h = 2,0$  m;  $L_1 = 0$ ;  $L_2 = 2,2$  m.

### 3. EGRI SIRTGA TA'SIR ETAYOTGAN GIDROSTATIK BOSIM KUCHI

Gorizontaal asosga ega bo'lgan silindrik sirtga ta'sir etayotgan bosim kuchini hisoblashni misolda ko'ramiz.

Faraz qilamizki, eni  $b$  ga teng bo'lgan,  $AB$  egri sirt berilgan bo'lib, shu sirtga ta'sir etayotgan bosim kuchi aniqlansin (1-rasm).

Bu masalani quyidagi tartibda yechamiz:

1. Egri sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini ikkita (gorizontaal  $\mathcal{P}_x$  va vertikal  $\mathcal{P}_z$ ) tashkil etuvchilarga ajratamiz.

2. Kuchning gorizontaal tashkil etuvchisi  $\mathcal{P}_x$  ni aniqlaymiz:

a) Egri sirt  $AB$  ni vertikal tekislikka proyeksiyalaymiz, natijada  $A'B'$  tekis shakl hosil bo'ladi;





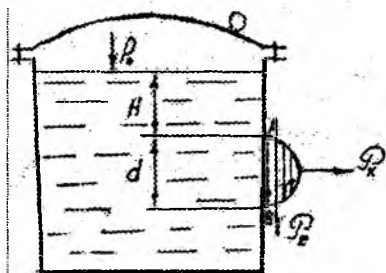
$C$  — bosim tanasining og'irlik markazi.

Shuni ham ta'kidlash kerakki, bosim markazi kuchning egri sirt bilan kesishgan nuqtasi bo'ladi.

### Masalalarni yechishga doir ko'rsatma

**Masala.** Benzin rezervuarining yon tomoniga o'rnatilgan qopqog'i yarim sfera shaklida (2- rasm). Rezervuar qopqog'iga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini hisoblash kerak, agar

$$H = 2,0 \text{ m}; d = 0,5 \text{ m}; \rho = 700 \text{ kg/m}^3; P_0 = 102 \text{ kPa bo'lsa.}$$



2- rasm.

**Yechimi:**

1. Kuchning gorizontaal tashkil etuvchisi  $\mathcal{P}_x$  ni aniqlaymiz:

$$\mathcal{P}_x = P_{O.M.} \cdot \omega';$$

bu yerda:

$$P_{O.M.} = P_0 + \gamma \left( H + \frac{d}{2} \right);$$

$$\omega' = \frac{\pi d^2}{4}; \quad \mathcal{P}_x = 23 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

2. Kuchning vertikal tashkil

etuvchisi  $\mathcal{P}_z$  ni aniqlaymiz:

$$\mathcal{P}_z = \gamma \cdot W_{e.m.};$$

bu yerda  $W_{e.m.}$  — bosim tanasining hajmi — sferaning yarim hajmiga teng;

$$W_{b.t.} = \frac{2}{3} \pi \left( \frac{d}{2} \right)^3;$$

u holda

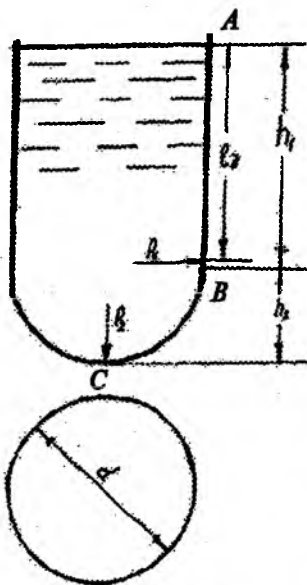
$$\mathcal{P}_z = 226 \text{ N} \approx 0,23 \text{ kN};$$

To'la gidrostatik bosim:

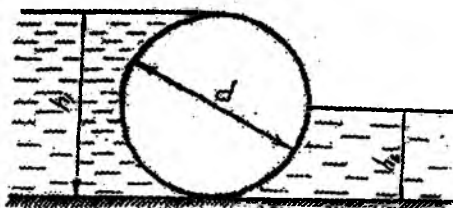
$$\mathcal{P} = 23,1 \text{ kN.}$$

### MASALALAR

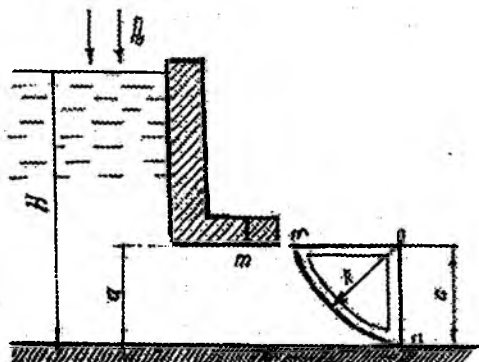
1. Tubi yarim shar shaklidagi silindrik rezervuarga neft quyilgan. Agar  $d = 4,0 \text{ m}; h_1 = 4,0 \text{ m}; h_2 = 2 \text{ m}$  bo'lsa:



3.1- rasm.



3.2- rasm.



3.3- rasm.

a) Rezervuar tubiga ta'sir etayotgan manometrik bosim kuchini aniqlang;

b)  $ABC$  - devorga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlang (3.1-rasm).

2. Diametri  $D = 2$  m va uzunligi  $L = 5$  m bo'lgan silindrik darvozaga ta'sir etayotgan kuchning miqdori va yo'nalishini aniqlang. Agar: a)  $h_1 = 3,0$  m,  $h_2 = 1$  m; b)  $h_1 = 4,0$  m,  $h_2 = 2,0$  m (3.2-rasm).

3. Segmentli darvoza bilan oqim to'silgan. Darvoza oldidagi suv sathi  $H = 7$  m,  $a = 3$  m, darvoza eni  $b = 4$  m, radiusi  $R = 4$  m. Darvozaga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlang (3.3-rasm).

## 4. JISMLARNING SUYUQLIKDAGI MUVOZANATI

### 4.1. Arximed qonuni

Suyuqlikdagi har qanday jismga ikki kuch ta'sir qiladi: og'irlik kuchi —  $G$  va Arximed kuchi  $F$

$$\left. \begin{aligned} G &= \gamma_1 \cdot W \\ F &= \gamma \cdot W_0 \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

bu yerda:  $\gamma_1, \gamma$  — qattiq jismning va suyuqlikning mos ravishda solishtirma og'irliklari;

$W_0$  — jism siqib chiqargan suyuqlikning hajmi.

Demak, Arximed kuchi — jism siqib chiqargan suyuqlik hajmining og'irligiga teng.

Jismlarning suyuqlikda suzishining uch xil holati mavjud:

1.  $G > F$ , yoki  $\gamma_1 > \gamma$  — jism cho'kadi;
2.  $G = F$ , yoki  $\gamma_1 = \gamma$  — jism cho'kkan holatda suzadi;
3.  $G < F$ , yoki  $\gamma_1 < \gamma$  — jism suyuqlik sathida, ma'lum qismi cho'kkan holatda suzadi, bu holatda quyidagi shart amal qiladi:

$$G = F \text{ yoki } \gamma_1 \cdot W = \gamma \cdot W_0 \quad (4.2)$$

bu yerda  $W_0$  — jism siqib chiqargan suyuqlikning hajmi.

U holda (4.2) dan

$$\frac{W_0}{W} = \frac{\gamma_1}{\gamma}$$

prizmatik jismlar uchun

$$\frac{h}{H} = \frac{\gamma_1}{\gamma}$$

bu yerda:  $H$  — jismning balandligi;

$h$  — jismning suyuqlikda cho'kkan qismi.

**Masalalarni yechishga doir ko'rsatma:**

1. Quvurdagi manometrik bosim  $P$  miqdorining qaysi qiymatida  $K$  jo'mrak ochiladi, agar quvur diametri  $d = 5$  mm, sharning diametri

$D = 200$  mm bo'lib,  $b = 6$  a ga teng bo'lsa, shar og'irligi hisobga olinmasin (1- rasm).

**Yechimi:**

0 nuqtaga nisbatan sistemaga ta'sir etayotgan kuchlardan kuch momentini olamiz:

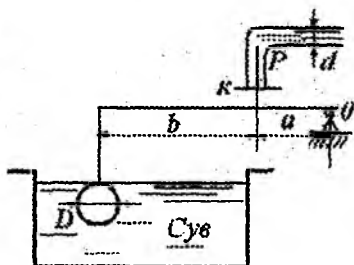
$$F_1(a+b) - F_2 \cdot a = 0.$$

Bu yerda  $F_1$  — Arximed kuchi:

$$F_1 = \gamma \cdot W; F_2 = P \cdot \frac{\pi d^2}{4} = m \cdot 0,785d^2;$$

Aniqlangan hadlarni tenglamaga qo'yib, bosim miqdorini aniqlaymiz:

$$P = 146,496 \frac{N}{m^2}.$$

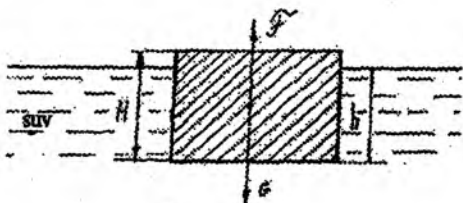


1- rasm.

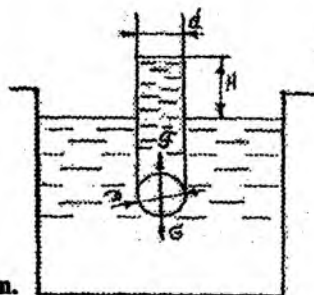
## MASALALAR

1. Suvdagi prizmasimon jismning hajmiy og'irligini aniqlang. Uning balandligi  $H = 20$  sm va suyuqlikka cho'kkan qismi  $h = 16$  sm (4.1- rasm).

2. Suvga to'la cho'kkan sharshimon klapan diametri  $d = 100$  mm bo'lgan quvur teshigini berkitadi. Sharhning diametri  $D = 150$  mm va massasi  $m = 0,5$  kg bo'lsa, quvurdagi suyuqlik sathining qaysi balandligida ( $H$ ) klapan ochila boshlaydi (4.2- rasm).



4.1- rasm.



4.2- rasm.

3. Quyida o'lchami ko'rsatilgan brusning hajmiy og'irligini toping:  
 $b = 30$  sm,  $h = 20$  sm,  $l = 100$  sm, suyuqlikka cho'kkan qismi  
 $y = 16$  sm.

4. Og'irligi 40 kN bo'lgan avtomobilni daryodan o'tkazish uchun cho'p g'o'lalardan sol qurildi. Agar g'o'lalarning diametri  $d = 0,3$  m va uzunligi  $l = 6$  m va zichligi  $\rho_r = 800$  kg/m<sup>3</sup> bo'lsa, avtomobilni soldan o'tkazish uchun necha dona g'o'la kerakligini aniqlang.

5. Temir-beton «plita» ning havodagi og'irligi 1500 kN, suvdagi og'irligi 800 kN bo'lganda, «plita»ning zichligini aniqlang.

6. O'lchamlari  $60 \times 60 \times 20$  sm bo'lgan muz suvda suzmoqda. Muzning zichligi  $\rho_r = 900$  kg/m<sup>3</sup>. Agar muz erisa, idishdagi suv sathi qanchaga o'zgaradi?

## II. GIDRODINAMIKA

### 1. SUYUQLIK KINEMATIKASI

Gidravlikaning gidrodinamika bo'limida harakatdagi suyuqlik qonunlari o'rganiladi va ularning amaliyotda qo'llanishi ko'riladi.

Gidrodinamikaning asosiy parametrlari tezlik va bosimdir. Tezlik va bosim vaqt va koordinata bo'yicha o'zgaruvchidir.

Suyuqlik harakatini o'rganish ancha murakkab jarayon bo'lib, buning asosiy sabablaridan biri ichki ishqalanish kuchlarini aniqlashdadir. Shuning uchun suyuqlik harakatini o'rganishda har xil model va sxemalar qabul qilingan.

#### Suyuqlik harakatining turlari

Suyuqlik harakatining asosiy turlarini ko'ramiz:

##### 1. Barqaror va beqaror harakat.

Harakat davomida suyuqlikning tezligi va bosimi vaqt davomida o'zgarib tursa, bunday harakat **beqaror harakat** deyiladi.

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

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

Harakat davomida suyuqlikning tezligi va bosimi vaqt davomida o'zgarmasa, bunday harakat **barqaror harakat** deyiladi.

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

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

##### 2. Tekis va notekis harakat.

Suyuqlik zarrachasining harakat yo'nalishi davomida tezligi o'zgarmasa bunday harakat **tekis harakat** deyiladi.

Suyuqlik zarrachasining harakat yo'nalishi davomida tezligi o'zgarib borsa, bunday harakat **notekis harakat** deyiladi.

##### 3. Damli (naporli) va damsiz (naporsiz) harakat.

Harakatdagi suyuqliq erkin sirtga ega bo'lmasa, bunday harakat **damli harakat** deyiladi.

Harakatdagi suyuqlik erkin sirtga ega bo'lsa, bunday harakat *damsiz harakat* deyiladi.

## OQIMNING ASOSIY GIDRAVLIK ELEMENTLARI

**Harakat kesimi** — oqimga perpendikulyar yuza yoki oqim ko'ndalang kesimi yuzasi —  $\omega$ .

**Sarf** — vaqt davomida harakat kesimidan o'tayotgan suyuqlik miqdori —  $Q$ .

$$Q = \frac{W}{t}$$

Sarf o'lchov birligi:  $\frac{m^3}{s}$ ;  $\frac{1}{s}$ .

**Elementar struyka** (suv oqimining bo'lagi) sarfi:

$$dQ = u d\omega.$$

**Oqim sarfi:**

$$Q = V\omega,$$

bu yerda:  $W$  — suyuqlik hajmi;  $t$  — vaqt.

**Ho'llangan perimetr** — oqim va qattiq sirt chegarasi;

Turli shakldagi kanal va quvurlar uchun ho'llangan perimetr quyidagicha aniqlanadi:

**To'g'ri to'rtburchak kanal uchun:**

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

**Trapezoidal kanal uchun:**

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

**Silindrik quvurlar uchun:**

$$\chi = \pi d.$$

**Gidravlik radius** — oqim harakat kesimi  $\omega$  ning ho'llangan perimetri  $\chi$  ga nisbati:

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

**O'rtacha tezlik** — suyuqlik sarfining harakat kesimiga nisbati:

$$V = \frac{Q}{\omega} = \frac{\int u d\omega}{\omega}.$$



## UZILMASLIK (BARQAROR HARAKAT) TENGLAMASI

Avval elementar struyka uchun uzilmaslik tenglamasini keltirib chiqaramiz. Elementar struyka xossalaridan ma'humki, kesimlar orqali o'tuvchi elementar sarflar teng bo'ladi:

$$dQ_1 = dQ_2$$

u holda sarfni aniqlash formulasidani:

$$dQ_1 = u_1 d\omega_1$$

$$dQ_2 = u_2 d\omega_2$$

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2$$

Bu ifodani elementar struykaning xohlagan kesimi uchun yozish mumkin. U holda:

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2 = u_3 d\omega_3 = \dots u_n d\omega_n = \text{const},$$

bu elementar struyka uchun uzilmaslik tenglamasidir.

Oqim uchun uzilmaslik tenglamasini keltirib chiqarish uchun quyidagi ifodani  $u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2$  yuzalar bo'yicha olingan integrallar bilan almashtiramiz.

Bu yerda  $V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2$  yoki  $V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2 = V_3 \omega_3 = \dots V_n \omega_n = \text{const}$ .

Bu ifodaga *oqim uchun uzilmaslik tenglamasi* deyiladi.

Harakatning barqarorligidan kelib chiqib, quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

ya'ni, oqimning o'rtacha tezligi, harakat kesimiga teskari proporsionaldir.

**Mavzuga doir masalalarni yechishga doir ko'rsatmalar:**

**Masala.** Siqilmaydigan suyuqlikning tezlik maydoni quyidagi potensialga:  $\varphi = 4(x^2 - y^2)$  ega bo'lishi mumkinmi?

**Yechim:** suyuqlikning tezlik maydoni potensialga ega bo'lishi uchun Lappas tenglamasidan foydalanamiz:

$$\nabla^2 \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0.$$

U holda

$$\varphi = 4(x^2 - y^2); \quad \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = 8;$$

$$\varphi = 4(x^2 - y^2); \quad \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = -8.$$

Bu yerda  $\nabla^2 \varphi = 8 - 8 = 0$ . Demak, tezlik maydoni berilgan potentsialga ega bo'lishi mumkin.

## MASALALAR

1. Agar kesimlardagi harakat kesimining yuzasi  $\omega_1 = 0,5 \text{ m}^2$ ;  $\omega_2 = 0,7 \text{ m}^2$  va  $\omega_3 = 0,4 \text{ m}^2$  bo'lib,  $V_3 = 0,8 \text{ m/s}$  bo'lganda, oqim sarfi va o'rtacha tezligini aniqlang.

2. To'g'ri burchakli to'rtburchak shaklidagi ketma-ket ulangan quvurlarning gidravlik elementlarini (sarf, o'rtacha tezlik, gidravlik radius, ho'llangan perimetr) aniqlang:  $h_1 = 1,0 \text{ m}$ ;  $b_1 = 1,5 \text{ m}$ ;  $h_2 = 1,2 \text{ m}$ ;  $b_2 = 1,8 \text{ m}$ ,  $V_2 = 0,5 \text{ m/s}$  bo'lsin.

3. Oqim harakat tezligining proyeksiyasi berilgan:  $u_x = 8x$ ;  $u_y = -8y$ . Oqim chizig'ining trayektoriyasini toping.

4. Oqim trayektoriyasi  $x = 10t^2 + 3t$ ;  $y = 5t^2 + 2t$ ;  $z = 4t^2 + 2$  tenglama orqali berilgan bo'lsa, uning 10 sekunddan keyingi tezligini aniqlang.

5. Tajribalar asosida olingan tezlik proyeksiyasi quyidagi ko'rinishda bo'ldi:  $u_x = 5xy + 2$ ;  $u_y = 2x - 5xy$ . Tajriba to'g'ri o'tkazilganmi?

6. Berilgan tezlik proyeksiyalari uchun:

$$u_x = 2x + 4y; \quad u_y = 5x - 4y + z; \quad u_z = 3x + y + z,$$

siqilmaydigan suyuqlik harakati mavjudligini tekshiring.

7. Siqilmaydigan suyuqlikning tezlik maydoni quyidagi potentsialga  $\varphi = 6(x^2 + y^2)$  ega bo'lishi mumkinmi?

8. Ketma-ket ulangan quvurlarning gidravlik elementlarini (sarf, o'rtacha tezlik, ho'llangan perimetr, gidravlik radius) aniqlang. Quvur diametrlari  $D_1 = 150$  mm;  $D_2 = 300$  mm;  $D_3 = 200$  mm va  $V_3 = 0,8$  m/s.

9. Diametri  $D = 250$  mm bo'lgan quvurdan o'tayotgan oqim sarfi va o'rtacha tezligini aniqlang, agar kesimdagi tezlik taqsimotining qonuniyati quyidagi ko'rinishda berilgan bo'lsa:

$$u = 0,5 \left[ 1 - \left( \frac{r}{r_0} \right)^2 \right], \text{ m/s.}$$

10. Qarshi nasos stansiyasi quvuridagi suv sarfini aniqlang. Quvur diametri  $D = 2,0$  m bo'lib, kesimdagi tezlik taqsimoti qonuniyati quyidagi ko'rinishda berilgan bo'lsin:

$$u = 0,5 \left[ 1 - \left( \frac{r}{r_0} \right)^{1,5} \right].$$

## 2. IDEAL SUYUQLIKLAR

Bu tenglama 1738 y. D. Bernulli tomonidan taklif etilgan bo'lib, uning nomi bilan ataladi va gidrodinamikaning asosiy tenglamasi hisoblanadi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} \quad (2.1)$$

D. Bernulli tenglamasi elementar struyka tezligi, bosimi va suyuqlik zarrachasining geometrik o'rni orasidagi munosabatni ifodalaydi.

Tenglamadan ko'rinadiki, ideal suyuqlik uchun  $z$ ,  $\frac{p}{\gamma}$ ,  $\frac{u^2}{2g}$  hadlarining yig'indisi o'zgarmas kattalikdir.

$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{U^2}{2g}$  — ifodaga to'la dam yoki gidrodinamik dam deyiladi.

Ideal suyuqlik uchun:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} = \dots = z_n + \frac{p_n}{\rho g} + \frac{u_n^2}{2g}$$

yoki

$$H_1 = H_2 = \dots = H_n$$

$n$  — kesimlar soni.

D. Bernulli tenglamasi elementar struyka solishtirma energiyasining saqlanish qonunini ifodalaydi.

U holda,  $z$  — solishtirma holat potensial energiyasini;

$\frac{p}{\gamma}$  — solishtirma bosim potensial energiyasini,

$\frac{u^2}{2g}$  — solishtirma kinetik energiyani ifodalaydi.

### Real suyuqlikning elementar struykasi uchun Bernulli tenglamasi

Endi yuqorida keltirilgan formulani real suyuqliklar uchun ko'rinishini yozamiz. Ma'lumki, ideal suyuqlikda suyuqlikning asosiy xususiyatlaridan — yopishqoqlik inobatga olinmaydi.

Yopishqoqlik suyuqlikdagi ichki ishqalanish kuchini paydo qiladi. Bu esa o'z navbatida suyuqlik harakatiga ta'sir ko'rsatadi va suyuqlik energiyasining yo'qolishiga olib keladi.

Ideal suyuqlik uchun 1-1 va 2-2 kesimlarda  $H_1 = H_2$ , real suyuqlik uchun  $H_1 > H_2$ , bo'ladi.

U holda  $H_1$  va  $H_2$  orasidagi farq  $h_{1-2} = H_2 - H_1$  — 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi yo'qolgan solishtirma energiyani (damni) ifodalaydi, ya'ni qarshilik kuchini yengish uchun sarflangan dam miqdori:

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

bu yerdan

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + h_{1-2} \quad (2.2)$$

Oxirgi ifodaga real suyuqlikning elementar struykasi uchun D. Bernulli tenglamasi deyiladi.

## Mavzuga doir masalalarni yechishga ko'rsatma

**Masala.** Struyali nasos yordamida suv  $h = 0,5$  m chuqurlikdan ko'tarilmoqda. Agar quvur diametri  $d = 100$  mm, 1-1 kesimdagi bosim  $P_M = 40$  kPa, suv tezligi  $V_1 = 1,12$  m/c bo'lsa, kameradagi quvur diametrini  $d_2$  aniqlang (1-rasm). Suv ideal deb qaralsin.

**Yechimi:** 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz. Taqqoslash tekisligini quvur o'qi bo'ylab o'tkazamiz.

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

2-2 kesimdagi tezlik damini aniqlaymiz:

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{P_M - P_2}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g}$$

$\frac{P_{AT} - P_2}{\gamma}$  — 2-2 kesimdagi vakuum miqdori.

$$P_2 + \gamma h = P_{AT}; h = \frac{P_{AT} - P_2}{\gamma} = 0,55$$

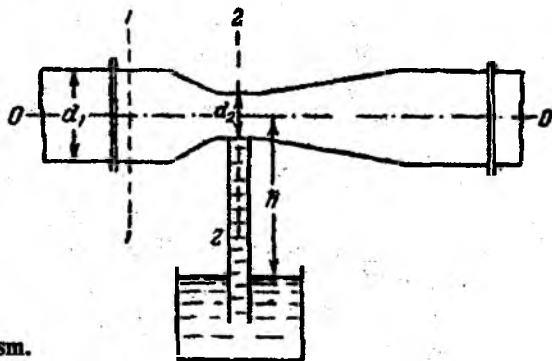
1-1 kesimdagi tezlik dam (napor)i

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{1,12^2}{19,62} = 0,064 \text{ m}$$

Bernulli tenglamasiga qo'yib,  $V_2$  ni aniqlaymiz:

$$\frac{V_2^2}{2g} = 0,4 + 0,55 + 0,0644 = 1,014 \text{ m}$$

$$V_2 = \sqrt{19,62 \cdot 1,014} = 4,46 \text{ m/s.}$$



1- rasm.

U holda  $d_2$  ni quyidagicha aniqlaymiz:

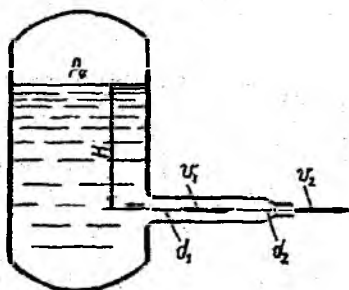
$$d_2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V^2}} = 0,05 \text{ m}.$$

## MASALALAR

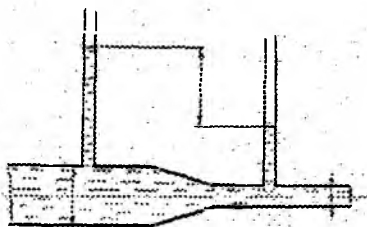
1. Rezervuardan suv diametri  $d = 30 \text{ mm}$  bo'lgan quvur orqali atmosferaga oqib chiqmoqda, agar rezervuardagi manometrik bosim  $P_M = 0,2$  atmosfera bo'lib, dam (napor)i  $H = 1,5$  bo'lsa, quvurdagi suv sarfini aniqlang (2.1-rasm).

2. Suyuqlik ketma-ket ulangan har xil diametrlri quvurlar orqali atmosferaga chiqmoqda. Agar ikkinchi quvurdagi tezlik  $V_2 = 0,8 \text{ m/s}$  bo'lsa, birinchi quvurdagi tezlik  $V_1 = 2 \text{ m/s}$  bo'lishi uchun, birinchi quvurdagi bosim qanday bo'lishi kerak (2.2-rasm).

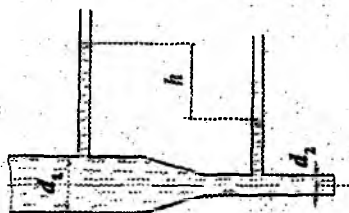
3. Quvurdagi suv sarfini aniqlash uchun Venturi naychasidan foydalaniladi.



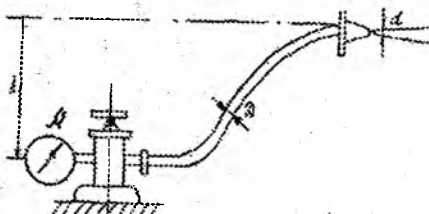
2.1- rasm.



2.2- rasm.

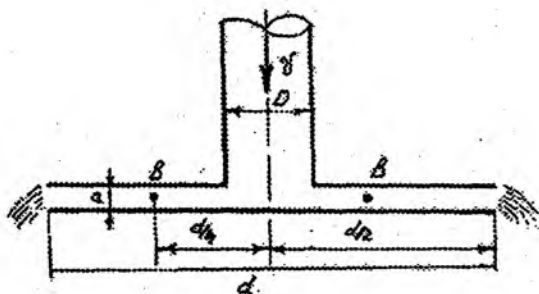


2.3- rasm.



2.4- rasm.

2.5- rasm.

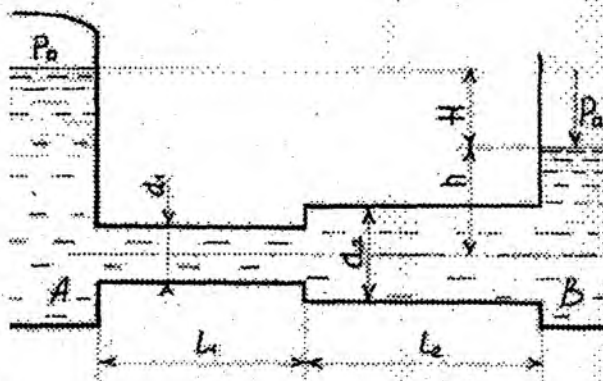


Agar quvurga o'rnatilgan pezometrlar farqi  $h = 16$  sm bo'lib, quvur diametri  $D = 20$  sm, naychaning diametri  $d = 14$  sm bo'lganda quvurdan o'tayotgan sarfini aniqlang (2.3-rasm).

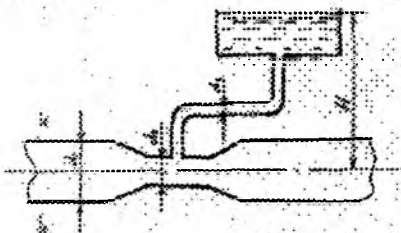
4. Agar naychaning diametri  $d = 5$  sm, quvurning diametri  $D = 100$  mm va quvurdagi bosim  $P_1 = 0,4$  at bo'lsa, naychaga ulangan quvurda suv qaysi balandlikka ko'tariladi? (2.4-rasm)

5. Quvurdan ( $D = 200$  mm)  $V = 2,0$  m/s tezlikda tushayotgan suv, pastda ikkita parallel doira plastinkalar orasida radius bo'ylab tarqaladi. Agar doiraning diametri  $D = 600$  mm bo'lib, plastinkalar orasi  $a = 20$  mm bo'lganda, markazdan (A)-300 mm uzoqlikda joylashgan nuqtadagi (B) bosimni aniqlang (2.5-rasm).

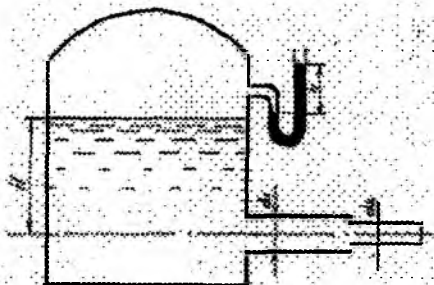
6. Ketma-ket ulangan quvurlardan oqib o'tayotgan suv sarfini aniqlang.  $H = 5$  m,  $d_1 = 20$  mm,  $d_2 = 25$  mm bo'lsin (2.6-rasm). Pezometrik va dam (napor) chiziqlarini quring.



2.6- rasm.



2.7- rasm.



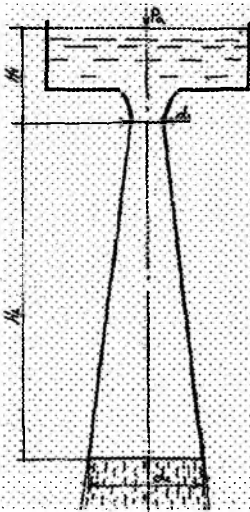
2.8- rasm.

7. Sug'oriladigan maydonlarga ko'p hollarda mineral o'g'it suvga qo'shib uzatiladi. A-idishdan zichligi  $\rho = 1010 \text{ kg/m}^3$  suyuq mineral o'g'it,  $d_1 = 20 \text{ mm}$  elastik quvur orqali  $D = 300 \text{ mm}$  suv quvurining  $d_2 = 100 \text{ mm}$  bo'lgan qismiga ulangan.

a) Agar  $H = 6 \text{ m}$ ,  $P = 2 \text{ at}$  va suv quvurining sarfi  $Q = 140 \text{ l/s}$  bo'lganda mineral o'g'it sarfini aniqlang (2.7-rasm).

b) Agar mineral o'g'it sarfi  $Q = 0,5 \text{ l/s}$  bo'lsa, quvurning siqilgan qismidagi diametrini  $d_2$  ni aniqlang (2.7-rasm).

8. Suv rezervuardan quvur orqali atmosferaga oqib chiqmoqda. Quvurga ulangan pezometrda suv sathi  $h_p = 2,0 \text{ m}$ ; rezervuardagi suv sathi  $H = 4,0 \text{ m}$ ; quvur diametri  $d = 200 \text{ mm}$  bo'lganda quvurdan o'tayotgan suv tezligi va sarfini aniqlang (2.8-rasm).

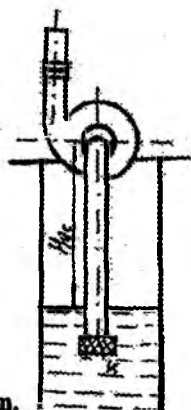


2.9- rasm.

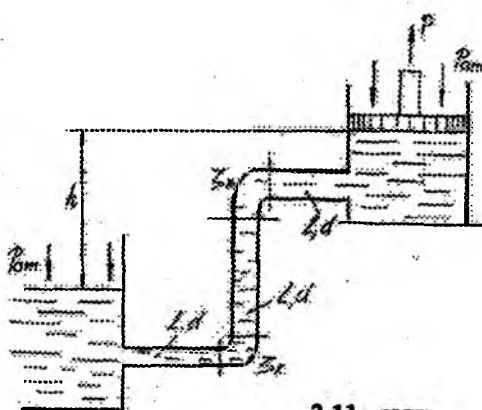
9. Rezervuardan suv atmosferaga diffuzor (quvurning kengaygan joyi) orqali oqib chiqmoqda. Diffuzorning kirish qismi diametri  $d_1 = 150 \text{ mm}$  va chiqish qismi diametri  $d_2 = 200 \text{ mm}$ . Agar diffuzorning kirish qismidagi bosim  $P_1 = 50 \text{ kPa}$  bo'lsa, rezervuardagi  $H$  dam (napor)ni aniqlang (2.9-rasm).

10. Sarfi  $20 \text{ m}^3/\text{soat}$  bo'lgan nasos yordamida kanaldan diametri  $d = 200 \text{ mm}$  bo'lgan quvur orqali suv olinmoqda. Agar quvurdagi mumkin bo'lgan vakuum miqdori  $P_v = 60 \text{ kPa}$  bo'lganda nasosning o'rnatilish balandligini aniqlang (2.10-rasm).





2.10- rasm.

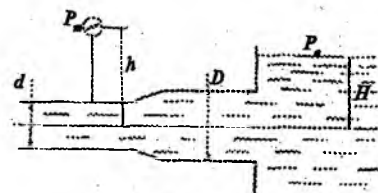


2.11- rasm.

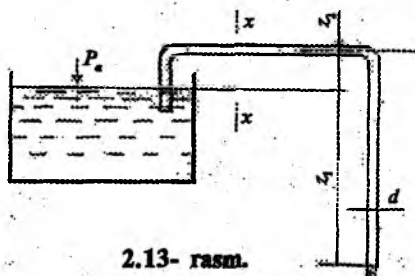
11. Porshenli nasos yordamida  $H = 2$  m chuqurlikdan suv ko'tariladi. Agar porshen  $V = 0,5$  m/s tezlikda harakat qilgan holatdagi porshen hosil qilgan bosimni aniqlang (2.11-rasm).

12. Ketma-ket ulangan quvurlar orqali suv atmosferaga oqib chiqmoqda. Rezervuarga o'rnatilgan manometr ko'rsatayotgan bosim  $P_M = 2,0$  kPa. Rezervuardagi suv sathi  $H = 2,0$  m;  $d_1 = 200$  mm,  $d_2 = 300$  mm. Quvurlardagi suv harakati tezligini aniqlang. Pezometr va dam (napor) chiziqlarini quring (2.12-rasm).

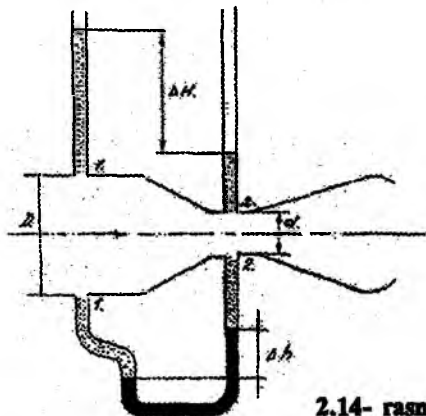
13. Kanaldan suv sifon orqali olinmoqda. Agar sifon diametri  $d_1 = 100$  mm,  $z_1 = 20$  m,  $z_2 = 1,0$  m bo'lganda sifondan o'tayotgan suv sarfini va x-x kesimdagi bosimni aniqlang (2.13-rasm).



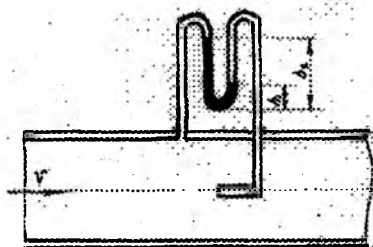
2.12- rasm.



2.13- rasm.



2.14- rasm.



2.15- rasm.

14. Diametri  $D = 400$  mm bo'lgan quvurdan o'tayotgan neft sarfini aniqlang, agar quvurga ulangan differensial manometrdagi simob sathlarining farqi  $\Delta h = 0,6$  m bo'lib, quvur siqilgan qismining diametri  $d = 200$  mm bo'lsa (2.14-rasm).

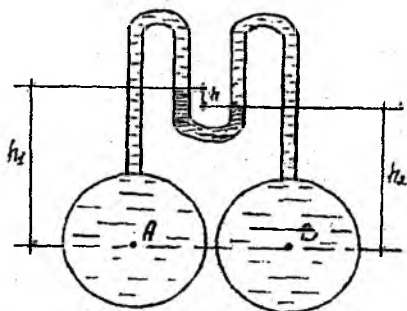
15. Quvurdan o'tayotgan gaz tezligini aniqlang, agar  $h_1 = 15$  mm suv ustuniga teng bo'lsa, gazning zichligi quyidagicha:  $\rho = 0,9$  kg/m<sup>3</sup> (2.15-rasm).

16. Quvurlardagi bosimlar farqini aniqlash uchun ularga ulangan differensial manometrdagi simob sathining farqi  $h = 2$  sm, quvur diametrlari bir xil bo'lib ( $d_1 = d_2 = 200$  m), A-quvurdagi suv sarfi  $Q_A = 0,2$  m<sup>3</sup>/s bo'lsa, quvurlardagi suv tezliklarini aniqlang (2.16-rasm).

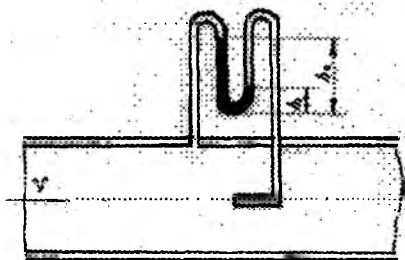
17. Diametri  $d = 60$  mm bo'lgan neft quvuriga pezometr  $h = 60$  sm va Pito naychasi  $H = 70$  sm o'rnatilgan. Quvurdan o'tayotgan neft sarfi va pezometr ulangan kesimdagi bosimni aniqlang (2.17-rasm).

18. Diametri  $D = 30$  mm bo'lgan quvurdan diametri  $d = 10$  mm bo'lgan naycha orqali suv olinmoqda. Agar quvurdagi suv sarfi  $Q = 1,5$  l/s,  $H = 2$  m,  $h = 0,6$  m bo'lsa, naychadan o'tayotgan suv sarfini aniqlang (2.18-rasm).

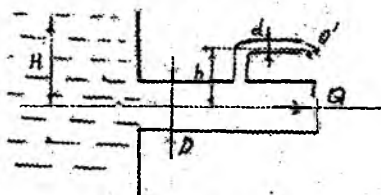
19. Struyali nasos-ejektor quduqdan suv ko'tarmoqda. Suv  $D = 50$  mm diametrli quvur orqali  $P_0$  bosimda nasos kamerasiga yuboriladi. Kamerada o'rnatilgan torayuvchi naychada ( $D_H = 20$  mm) cuv tezligi oshirilib vakuum hosil qiladi va natijada suv quduqdan yuqoriga ( $H_1 = 2,5$  m) ko'tariladi. Suv diffuzor orqali ( $H_2 = 1,5$  m)



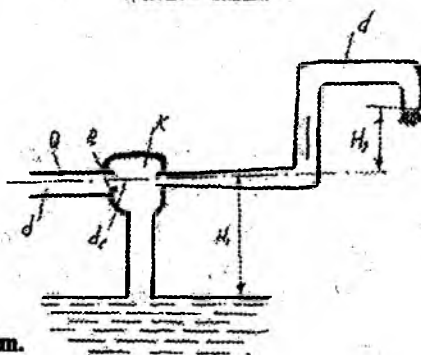
2.16- rasm.



2.17- rasm.



2.18- rasm.



2.19- rasm.

balandlikka ko'tarilib atmosferaga oqib chiqadi. Naycha oldidagi quvur bosimini  $P_0$  ni aniqlang (2.19-rasm)

20. Sisternadan benzin rezervuarga diametri  $d = 50$  mm bo'lgan quvur orqali quyilmoqda. Agar sisternadagi benzin sathidagi bosim  $P_v = 0,2$  at bo'lib,  $H_1 = 1,3$  m bo'lganda quvurdan o'tayotgan benzin sarfini aniqlang (2.20-rasm).

### 3. SUYUQLIKNING HARAKAT REJIMLARI

Har qanday harakatdagi suyuqlikda quyidagi rejimlar mavjud: **laminar** va **turbulent**.

Reynolds tajribalar natijasida suyuqlikning harakat rejimini o'lchovsiz son — Reynolds soni orqali ifodalash mumkinligini ko'rsatadi.

Reynolds soni silindrik quvurlar uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

yoki nosilindrik quvurlar uchun

$$Re = \frac{V \cdot 4R}{\nu}$$

bu yerda:  $V$  — o'rtacha tezlik;  $d$  — quvur diametri;  $R$  — gidravlik radius;  $\nu$  — yopishqoqlikning kinematik koeffitsiyenti.

Reynolds soni inersiya kuchining ishqalanish kuchiga nisbatini ifodalaydi.

Suyuqlikning laminar harakatdan turbulent harakatga o'tishi Reynolds sonining ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi. Po'lat quvurlar uchun kritik Reynolds soni  $Re_k = 2320$  ga teng.

Demak, oqimning harakat rejimini aniqlamoqchi bo'lsak, Reynolds sonini kritik Reynolds soni bilan qiyoslaymiz.

Agar  $Re < Re_k = 2320$  bo'lsa, quvurdagi harakat rejimi laminar.

Agar  $Re > Re_k = 2320$  bo'lsa, demak harakat rejimi turbulent.

### Mavzuga oid masalalarni yechishga doir ko'rsatma

**Masala.** Moy (IS-30) nasos yordamida quvur orqali gidrosilindrga uzatiladi. Agar quvur diametri  $d = 24$  mm, moyning harorati  $t = 20^\circ\text{C}$  bo'lib, nasosning sarfi  $Q = 20$  m<sup>3</sup>/s bo'lganda suyuqlikning harakat rejimini va qaysi haroratda turbulent rejimga o'tishini aniqlang.

**Yechimi:** Suyuqlikning harakat rejimi Reynolds soni orqali ifodalanadi;

Damli (naporli) harakatda Reynolds soni quyidagicha aniqlanadi:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

bu yerda  $d$  — quvurning diametri;

Agar Reynolds soni qandaydir kritik Reynolds sonidan yuqori bo'lsa ( $Re > Re_k$ ), harakat rejimi turbulent deyiladi, agar Reynolds soni kritik Reynolds sonidan kichik bo'lsa ( $Re < Re_k$ ) harakat rejimi laminar deyiladi.

Aylana shaklidagi damli quvurlar uchun kritik Reynolds soni  $Re_k = 2000 + 3000$  va damsiz oqimlar harakati uchun  $Re_k = 300 + 580$  gacha qabul qilingan.

Demak, qo'yilgan masalani yechish uchun Reynolds sonini aniqlash kerak.

Quvurdagi oqim tezligi

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 20}{3,14 \cdot 2,4^2} = 4,42 \text{ sm/s}$$

$t = 20^{\circ}\text{C}$  da moyning (IS-30) kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti  
 $\nu = 150 \text{ mm}^2/\text{s} = 1,5 \text{ sm}^2/\text{s}$

Reynolds soni:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{4,42 \cdot 2,4 \cdot 10^2}{1,5} = 700;$$

$$Re_{kr} = 2000;$$

$Re < Re_{kr}$  demak suyuqlik harakat rejimi laminar.

Laminar harakatdan turbulent harakatga o'tish uchun  $Re > Re_{kr}$ .

$Re_{kr} = 2000$ , u holda:

$$Re_{kr} = \frac{V \cdot d}{\nu}; \nu = 0,53 \text{ sm}^2/\text{s} = 53 \text{ mm}^2/\text{s}.$$

$\nu$  va  $t^{\circ}$  ning bog'liqlik jadvalidan industrial moy uchun (IS-30)  $\nu = 53 \text{ mm}^2/\text{s}$  ga mos keladigan  $t^{\circ}$  harorat miqdori  $t = 50^{\circ}\text{C}$ .

Demak, suyuqlik harorati yuqoridagi miqdorga etganda suyuqlik laminar harakat rejimidan turbulent harakat rejimiga o'ta boshlaydi.

### MASALALAR:

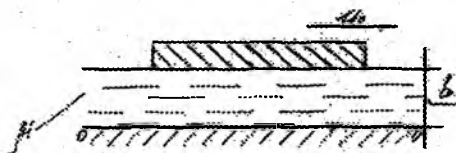
1. Uzunligi  $l = 4 \text{ m}$  bo'lgan quvurdan harorati  $10^{\circ}\text{C}$  ( $\nu = 0,4 \text{ sm}^2/\text{s}$ ) bo'lgan neft oqib o'tmoqda. Kesimlar orasidagi bosimlar farqi  $\Delta P = 5 \text{ mPa}$  va neft sarfi  $Q = 0,5 \text{ l/s}$  bo'lganda suyuqlikning harakat rejimini aniqlang.

2. Diametri  $d = 50 \text{ mm}$  li quvur orqali sarfi  $Q = 0,5 \text{ l/s}$  bo'lgan benzin oqib kelmoqda. Agar benzin harorati  $6^{\circ}\text{C}$  dan  $40^{\circ}\text{C}$  gacha o'zgarsa suyuqlik harakat rejimi qanday o'zgaradi?

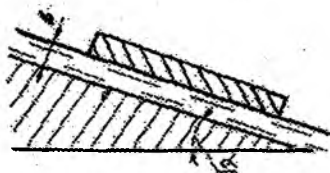
3.  $d = 100 \text{ mm}$  bo'lgan quvurda suyuqlik laminar rejimda harakat qilmoqda. Agar quvur o'qidagi tezlik  $u_{max} = 20 \text{ sm/s}$  bo'lsa, tezlik taqsimotining grafigini chizing.

4. Laboratoriyada diametri  $d = 25 \text{ mm}$  bo'lgan quvurda tajribalar o'tkazib quyidagi qiymatlar o'lchandi: a) suvning harorati  $t = 10^{\circ}\text{S}$ , tezligi  $V = 20 \text{ sm/s}$ ; b) benzin harorati  $20^{\circ}\text{C}$ , tezligi  $V = 25 \text{ sm/s}$ ; v) neft harorati  $18^{\circ}\text{S}$ , tezligi  $V = 18 \text{ sm/s}$ . Suyuqliklarning harakat rejimlarini va sarfini aniqlang.

5. Yuqoridagi tajribalarning kesimi to'g'ri to'rtburchak shaklidagi ( $a = 6 \text{ sm}$ ,  $b = 4 \text{ sm}$ ) quvurda o'tkazilsa, suyuqliklarning harakat rejimlari qanday o'zgaradi?



3.1- rasm.



3.2- rasm.

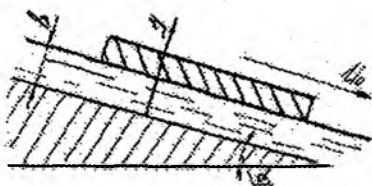
6. Plastinka gorizontaal tekislikda suyuqlik ustida harakat qilmoqda. Plastinka va gorizontaal tekislik orasidagi suyuqlik avtomobil moyi bo'lib, qalinligi  $b = 1,4$  mm. Plastinka yuzasi  $F = 2000 \text{ sm}^2$  bo'lganda plastinka va suyuqlik orasidagi ishqalanish kuchini aniqlang (3.1-rasm).

7. Qalinligi  $b = 2$  mm bo'lgan motor moyi ( $t = 20^\circ\text{C}$ ) og'irlik kuchi ta'sirida qiya tekislikda ( $\alpha = 15^\circ$ ) tekis harakat qilmoqda. Oqimning  $B = 2$  sm enidan o'tayotgan suyuqlik sarfini aniqlang (3.2-rasm).

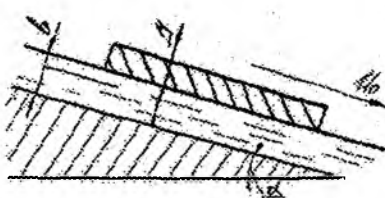
8. Qiya tekislikdagi ( $\alpha = 15^\circ$ ) suyuqlik ustida o'zgarmas tezlikda ( $u = 0,1 \text{ m/s}$ ) plastinka harakat qilmoqda. Agar suyuqlik motor moyi bo'lib, suyuqlikning qalinligi  $b = 0,6$  mm bo'lsa, plastinkadagi zo'riqishni aniqlang (3.3-rasm).

9. Massasi  $m = 0,5 \text{ kg}$  va yuzasi  $F = 70 \text{ sm}^2$  bo'lgan plastinka qiya tekislikda ( $\alpha = 30^\circ$ ) suyuqlik ustida harakat qilmoqda. Agar plastinka tezligi  $u = 0,6 \text{ m/s}$  bo'lib, suyuqlik zichligi  $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$  bo'lsa, suyuqlikning dinamik yopishqoqlik koeffitsiyentini aniqlang (3.4-rasm).

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



3.3- rasm.



3.4- rasm.

11. Ketma-ket ulangan quvurlar orqali harorati  $t = 18^{\circ}\text{C}$  bo'lgan neft oqib o'tmoqda. Birinchi quvurning diametri  $d_1 = 50$  mm va ikkinchi quvurning diametri  $d_2 = 15$  mm, quvurlardan o'tayotgan neft sarfi  $Q = 70$   $\text{sm}^3/\text{s}$  bo'lganda, quvurlardagi suyuqlik harakat rejimini aniqlang.

12. Ko'ndalang kesimi trapetsiya shaklidagi kanalning eni  $b = 3,0$  m, chuqurligi  $h = 0,8$  m, kanal qiyaligi  $m = 1,5$  bo'lib, kanaldan o'tayotgan suv sarfi  $Q = 3$   $\text{m}^3/\text{s}$  va harorati  $t = 20^{\circ}\text{C}$ . Kanaldagi suv harakat rejimini aniqlang.

13. Yuqoridagi kanaldan berilgan sarfda kinematik yopishqoqligi  $\nu = 0,05$   $\text{sm}^2/\text{s}$  bo'lgan loyqa suv (sel) oqib o'tsa, suyuqlik harakat rejimi qanday bo'ladi?

14. Yarim aylana shaklidagi novda harorati  $t = 20^{\circ}\text{C}$  bo'lgan suv oqib o'tmoqda. Novning radiusi  $R = 50$  mm va oqim tezligi  $V = 30$   $\text{sm}/\text{s}$  bo'lganda: a) oqimning harakat rejimini aniqlang; b) qaysi suv sarfida oqimning harakat rejimi o'zgaradi?

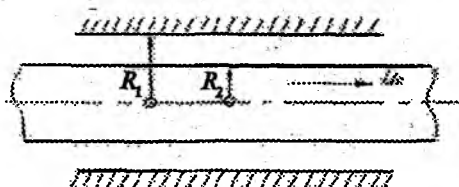
15. Qiyalik koeffitsiyenti  $m = 1$  teng bo'lgan uchburchak shaklidagi novadan harorati  $t = 5^{\circ}\text{C}$  bo'lgan suv oqib o'tmoqda. Agar novadagi suvning chuqurligi  $h = 6$  sm bo'lsa, qaysi sarfda suyuqlikning harakat rejimlari o'zgaradi?

16. Diffuzordan harorati  $t = 15^{\circ}\text{C}$  bo'lgan suv o'zgarmas sarfda oqib o'tmoqda. Agar kirish qismida suyuqlikning harakat rejimi turbulent bo'lsa, diffuzorda suvning harakat rejimi o'zgarishi mumkinmi?

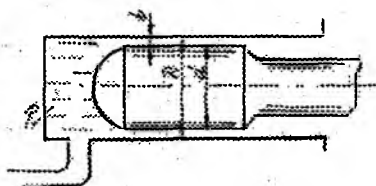
17. Gidrosilindr quvurida  $Q = 15$   $\text{m}^3/\text{s}$  sarfda harorati  $10^{\circ}\text{C}$  ( $\nu = 0,3$   $\text{sm}^2/\text{s}$ ) oqayotgan motor moyi harakati laminar rejimda bo'lishi uchun quvurning diametri qancha bo'lishi mumkin?

18. Ikkita silindr orasidagi xalqali kanal harorati  $t = 15^{\circ}\text{C}$  bo'lgan motor moyi bilan to'ldirilgan. Silindrlarning diametrlari  $d_1 = 18$  m,  $d_2 = 26$  mm. Agar ichki silindr  $u = 40$   $\text{sm}/\text{s}$  tezlikda harakatlansa ichki silindrning  $l = 0,8$  m uzunligidagi ishqalanish kuchini aniqlang (3.5-rasm).

19. Gidrosilindr kamerasida hamma vaqt moy o'zgarmas bosimda ( $R = 4$  mPa) saqlanib turishi mumkin. Silindr va plunjer orasida mavjud



3.5- rasm.



3.6- rasm.

bo'lgan tirqishdan suyuqlik oqib ketish imkoniyati bor. Agar tirqishning eni  $v = 0,03$  mm bo'lib, plunjer diametri  $d = 50$  mm, uzunligi  $l = 12$  sm bo'lsa, tirqishdan harorati  $t = 40^\circ\text{C}$  bo'lgan motor moyining qancha miqdori oqib ketishi mumkin? (3.6-rasm).

20. Yuqoridagi masalada agar suyuqlikning harorati  $t = 100^\circ\text{C}$  bo'lsa, oqib ketishi mumkin bo'lgan suyuqlik sarfi qanchaga o'zgaradi?

#### 4. GIDRAVLIK QARSHILIKLAR

Oqim o'z harakati davomida ma'lum qarshiliklarni engishga energiyasini sarflab boradi. Bu qarshiliklar ishqalanish va inersiya kuchlari tufayli paydo bo'ladi.

##### Quvur uzunligi bo'ylab yo'qolgan energiyani hisoblash

Quvurlarda energiyaning yo'qolishi ikki xil bo'ladi:

- A) oqim bo'ylab energiyaning yo'qolishi, ya'ni quvur uzunligi bo'ylab;
- B) mahalliy qarshiliklarda energiyaning yo'qolishi.

$$h_f = \sum h_e + \sum h_m$$

Oqim bo'ylab solishtirma energiyaning (damning) yo'qolishi Darsi-Weysbax formulasi yordamida hisoblanadi:

$$h_e = \frac{\lambda \cdot l \cdot V^2}{d \cdot 2g}$$

bu yerda  $\lambda$  — gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti.

Ko'p yillik nazariy va tajribaviy izlanishlar  $\lambda$  ni suyuqlikning harakat rejimiga va quvur materialiga bog'liq ravishda o'zgarishini ko'rsatdi, ya'ni

$$\lambda = f(\text{Re}; \bar{\Delta})$$



bu yerda:  $Re$  — Reynolds soni;

$\bar{\Delta}$  — quvurning nisbiy g'adir-budirligi.

Oqim bo'ylab energiyaning yo'qolishiga quvur g'adir-budirligining ta'siri alohida ahamiyatli.

G'adir-budirlik quvur materialiga, yasash texnologiyasiga va foydalanish vaqtiga bog'liqdir.

Quvurning g'adir-budirligini inobatga olish uchun nisbiy g'adir-budirlik tushunchasi kiritilgan:

$$\bar{\Delta} = \frac{\Delta}{d}$$

bu yerda:  $\Delta$  — quvur g'adir-budirligining o'rtacha balandligi;

$d$  — quvur diametri.

### Gidravlik silliq va g'adir-budir quvurlar

Ma'lumki, quvur g'adir-budirligining o'rtacha balandligi oqimning harakatiga ham bog'liqdir.

Suyuqlik laminar rejimida harakatlanayotgan bo'lsa, har qanday g'adir-budirlik suyuqlik bilan to'ldirilgan bo'lib, silliq sirt hosil qiladi.

U holda quvur o'rtacha g'adir-budirligi laminar chegaraviy qavatdan —  $\delta$  kichik bo'ladi. Bunday quvurlarga **gidravlik silliq quvurlar** deyiladi.

Turbulent rejimga o'tish jarayonida laminar chegaraviy qatlam kamayib boradi. Natijada  $\delta < \Delta$  holat paydo bo'ladi. U holda bunday quvurlarga **gidravlik g'adir-budir quvur** deyiladi.

Gidravlik ishqalanish koeffitsiyentini aniqlashning bir nechta formulalari mavjud.

Bu koeffitsiyentni quyidagi  $\lambda = f(Re; \Delta)$  bog'lanish orqali ifodalash Nikuradze tajribalarida aniqlanib namoyon bo'ldi.

Nikuradze tajribalarida gidravlik ishqalanish koeffitsiyentining qiymati har xil g'adir-budirli quvurlarda hamda suyuqlik harakat rejimlarida aniqlanadi.

Nikuradze tajribalari asosida damli quvurlardagi quyidagi qarshilik sohalarini aniqlash mumkin:

1- soha: laminar harakat rejimi bo'lib, bu sohada  $\lambda$  — qiymatini nazariy aniqlash mumkin:

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

Yuqoridagi ifodaga Puazeyl (1799-1869) formulasi deyiladi.

2- soha: Laminar harakat rejimidan turbulent harakat rejimiga o'tish sohasi. Bu sohada Reynolds soni quyidagi oraliqlarda bo'ladi:

$$Re = 2300 : 4000$$

3- soha: Turbulent harakat rejimi bo'lib, 3 qismga ajraladi, 1-qism gidravlik silliq qarshilik sohasi, 2-qism kvadrat qarshilik sohasigacha bo'lgan coha, 3-qism kvadrat qarshilik sohasi deyiladi.

Turbulent harakat rejimida gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti qiymatini aniqlash, gidravlika fanining murakkab masalasi hisoblanadi.

1-2-qismlarda  $\lambda$  ning qiymati asosan tajriba natijalarida olingan formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} - \text{Blazius formulasi}$$

$$\lambda = 0,11 \left( \Delta + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} - \text{A. Altshul formulasi.}$$

Kvadrat qarshilik sohasi uchun  $\lambda$  quyidagicha aniqlanadi:  $\lambda = f(\Delta)$ .

$$\lambda = 0,11(\Delta)^{0,25} - \text{B. Shiffrinson formulasi}$$

Shuni alohida qayd etishi lozimki, oxirgi yillarda turbulent harakat rejimini o'rganishda olib borilgan nazariy va tajribaviy izlanishlar ancha muvaffaqiyatlarga olib keldi.

K. Sh. Latipovning nazariy izlanishlari  $\lambda$  ni aniqlash uchun yangi formula yaratishga sabab bo'ldi.

Bu formulaning mohiyati shundan iboratki, formula harakat rejimining hamma sohalarini qamrab oladi va  $\lambda$  qiymati yagona formula yordamida aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{8xJ_0(x)}{ReJ_2(x)},$$

bu yerda:  $J_0(x)$ ,  $J_2(x)$  — mavhum argumentli Bessel funksiyalari;  
 $x$  — oqim holatini ifoda etuvchi koeffitsiyent.

Ochiq uzanlar uchun  $\lambda$  ning qiymati A. Zegjda tajribalarida, sanoat quvurlari uchun G. Murin, K. Kolbruk, A. Shevelev grafiklarida keltirilgan.

## Mahalliy qarshiliklarda damning yo'qolishi

Mahalliy qarshiliklarda (napor) damning yo'qolishi oqim tezlik vektorining o'zgarishi, oqimlarning qo'shilishi, ajralishi va boshqa sabablar tufayli sodir bo'ladi.

Bunday to'siqlar quvur yoki kanalning kalta qismlarida mavjud bo'lib, konstruktiv elementlar bilan bog'liqdir. To'siqlardan o'tish jarayonida oqim shakli o'zgaradi va notekis harakat vujudga keladi. Oqimning to'siqdan o'tish joylarida uyurmalar paydo bo'ladi. Chunki uyurma bilan oqim chegarasidagi qarshilik devordagi qarshilikka nisbatan bir necha marotaba ko'p.

Mahalliy qarshiliklarda damning yo'qolishi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi.

$$h_M = \xi \frac{V^2}{2g},$$

bu yerda:  $\frac{V^2}{2g}$  — tezlik dami;

$\xi$  — qarshilik koeffitsiyenti deyiladi, asosan tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Quvurlarning konstruktiv elementlari bilan bog'liq bo'lgan quyidagi mahalliy qarshiliklarni kuzatish mumkin:

a) keskin kengayish; b) keskin torayish; v) berkitgich; g) tekis kengayish; d) bürilish; e) tekis torayish; j) tireak va h.k.

Yuqorida aytganimizdek, mahalliy qarshiliklarda yo'qolgan dam asosan tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Umumiy ko'rinishda qarshilik koeffitsiyentini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\xi = \xi_K + \frac{A}{Re}$$

bu yerda:  $\xi_K$  — kvadrat qarshilik sohasidagi qarshilik koeffitsiyenti;

$A$  — koeffitsiyent, tajribada aniqlanadi.

Yagona holat — keskin kengayishda yo'qolgan dam miqdorini nazariy aniqlash mumkin.

## Boshlang'ich qismlarda damning yo'qolishi

Mahalliy qarshilikning bu turiga alohida to'xtab o'tamiz. Zero oqim miqdorini aniqlashni avtomatlashtirish jarayonlarida bu holatning ta'siri katta ahamiyatga ega.

Boshlang'ich qismlarda oqim harakati notekis bo'lib, quvurning bu qismida damning yo'qolishi, xuddi shu uzunlikdagi quvur yoki kanallardagi tekis harakatda yo'qolgan damdan bir necha marotaba ko'pdir. masalan, laminar harakatda —  $(0,2 + 0,4)$  miqdorda bo'lsa, turbulent harakatda  $(0,1 \dots 1,5)$ .

S.M. Targ izlanishlari bo'yicha laminar harakat rejimida (damli tizimlarda) boshlang'ich qism uzunligi  $l_b$ .

$$l_b = 0,04 Re$$

Turbulent harakat rejimida V.S. Borovkov va F.G. Mayranovskiy formulasi bo'yicha

$$l_b = 0,52d/\lambda \text{ ga teng.}$$

Oxirgi paytlarda professor K.Sh. Latipov rahbarligida olib borilgan izlanishlar ochiq o'zarlarda boshlang'ich qismni quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkinligini ko'rsatdi:

$$l_b = \frac{hR_e}{(\gamma^2 + 0,05\sqrt{Re})} l_n(0,01k_2hRe)$$

bu yerda:  $h$  — oqim chuqurligi;

$Re$  — Reynolds soni.

Bu tenglama yordamida ochiq o'zarlarda boshlang'ich qism uzunligini nazariy aniqlash mumkin.

### **Mavzuga doir masalalarni yechish uchun ko'rsatma**

**Masala:** Gidrotizim uchlariga o'rnatilgan manometrlarning ko'rsatishlari  $P_1 = 4$  kPa va  $P_2 = 0,5$  kPa bo'lib, gidrotizim uzunligi  $l = 500$  sm va diametri  $d = 20$  mm bo'lsa, gidrotizimdagi harorati  $t = 50^\circ\text{C}$  bo'lgan motor moyining sarfini aniqlang ( $\rho = 950$  kg/m<sup>3</sup>)

**Yechimi:** Jadvaldan harorati  $t = 50^\circ\text{C}$  bo'lgan motor moyining kinematik yopishqoqlik koeffitsiyentini  $\nu = 30$  mm<sup>2</sup>/c deb olamiz.

Suyuqlik sarfini  $u$  holda quyidagicha aniqlaymiz:

Suyuqlik harakat rejimi laminar ekanligini inobatga olib, Puazeyl qonuni asosida bosimning kamayishini aniqlaymiz:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{128\nu l Q}{\pi d^4}$$

$$Q = \frac{\Delta P \pi d^4}{128 \nu l} = \frac{(3,5 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 3,14 \cdot (0,020 \text{ м})^4)}{128 \cdot 0,3 \cdot 10^{-4} \cdot 890 \cdot 50} = 0,49 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{с}.$$

**Masala:** Uzunligi  $l = 1,5 \text{ km}$  va diametri  $d = 250 \text{ mm}$  li quvurda benzin oqib o'tmoqda. Benzinning harorati  $t = 20^\circ\text{C}$ , sarfi  $Q = 0,026 \text{ m}^3/\text{s}$ . Quvurda yo'qolgan dam (napor)ni aniqlang. Agar quvurning diametrini 20% kamaytirsak yo'qolgan dam (napor) miqdori qanchaga o'zgaradi? Quvurning g'adir-budurliigi  $\Delta = 0,2 \text{ mm}$ .

**Yechimi:** I. Quvurdagi oqim tezligi:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = 0,53 \text{ м/с}.$$

Suyuqlikning harakat rejimini aniqlaymiz: jadvaldan  $t = 20^\circ\text{C}$  haroratdagi benzinning kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti  $\nu = 0,75 \text{ mm}^2/\text{s}$ .

Reynoldson soni:

$$\text{Re} = \frac{Vd}{\nu} = 177 \cdot 10^3.$$

demak, harakat rejimi turbulent.

U holda gidravlik ishqalanish koeffitsiyentini Altshul formulasi yordamida aniqlaymiz:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,02.$$

Bosimning yo'qolishi:

$$\Delta P = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{\rho V^2}{2} = 11,8 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

II. Quvur diametrini 20% ga kamaytirsak:

$$d_1 = 0,8d = 200 \text{ mm}$$

U holda yo'qolgan bosim miqdori:

$$\Delta P = 38 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Demak, quvur diametrini 20% ga kamaytirsak, bosimning kamayishi (yo'qolgan napor) 3,2 marta oshar ekan.

## MASALALAR:

1. Uzunligi  $l = 20$  mm, diametri  $d = 20$  sm bo'lgan po'lat quvurdan harorati  $t = 20^{\circ}\text{S}$  bo'lgan suv oqib chiqmoqda. Agar quvurdan o'tayotgan suv sarfi  $Q = 20$  l/s bo'lsa, gidravlik ishqalanish koeffitsiyentini aniqlang.

2. Yuqoridagi masalada suv o'rniga neft oqib o'tayotgan bo'lsa, gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti qanday bo'ladi?

3. Suv quvurining diametri  $d = 200$  mm, suv harorati  $t = 18^{\circ}\text{C}$  bo'lganda gidravlik ishqalanish koeffitsiyentining Reynolde soniga bog'liqlik grafigini yasang. Sarf o'zgarishini quyidagi miqdorda qabul qiling:  $Q = 1 \dots 40$  l/s. Quvurning g'adir-budirli  $\Delta = 0,1$  mm.

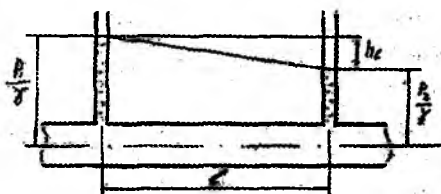
4. Sug'orish tizimlarida polietilen (elim) quvurlar ishlatiladi. Quvurning uzunligi  $l = 500$  m, diametri  $d = 150$  mm, suvning sarfi  $Q = 30$  l/s va harorati  $t = 18^{\circ}\text{C}$  bo'lganda quvurda yo'qolgan damni aniqlang.

5. Laboratoriya sharoitida po'lat quvurning gidravlik ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash uchun, yangi po'lat quvurda tajribalar o'tkazadilar. Buning uchun uzunligi  $l = 6$  m, diametri  $d = 200$  mm bo'lgan quvurga pezometr ulanib, ma'lum miqdor sarfni o'tkazadilar. Agar suv sarfi  $Q = 10$  l/s bo'lib, pezometrlardagi suyuqliklar sathining farqi  $\Delta h = 200$  mm bo'lganda gidravlik ishqalanish koeffitsiyentini aniqlang.

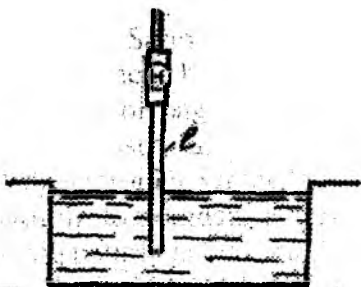
Agar po'lat quvurni a) cho'yan; b) polietilen; v) asbestosement quvurlar bilan almashtirsak pezometrda suyuqliklar sathining farqi o'zgaradimi? (4.1-rasm).

6. Uzunligi  $l = 500$  m, diametri  $d = 200$  mm po'lat quvurdan o'tayotgan suvning harorati  $t = 15^{\circ}\text{C}$ . Quvurdan o'tayotgan suv sarfi  $Q = 20$  l/s bo'lsa, quvurda yo'qolgan dam (napor)ni aniqlang. Agar quvurni diametri  $d = 200$  mm bo'lgan boshqa cho'yan quvur bilan almashtirsak, quvurda yo'qolgan dam miqdori necha foizga o'zgaradi.

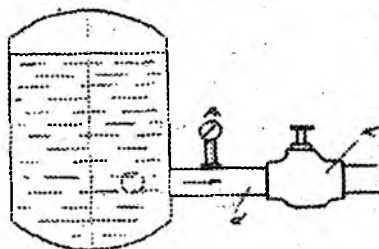
7. Gidrosilindrga cho'yan quvurda uzatilayotgan industrial moyning harorati  $t = 15^{\circ}\text{S}$ . Quvurning diametri  $d = 18$  mm, moyning sarfi



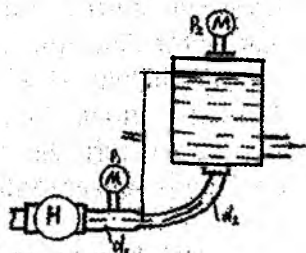
4.1- rasm.



4.2- rasm.



4.3- rasm.



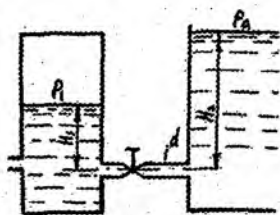
4.4- rasm.

$Q = 1,5 \text{ l/s}$  bo'lsa, gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti qanday aniqlanadi? Agar moyning harorati  $t = 40^\circ\text{C}$  gacha etsa, gidravlik ishqalanish koeffitsiyentining qiymati o'zgaradimi?

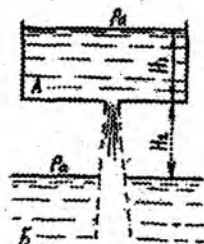
8. Nasosning so'ruvchi quvurida yo'qolgan damni (napor)ni aniqlang. Nasos kamerasida hosil bo'lgan vakuummetrik bosim  $P_v = 0,4 \text{ at}$ , quvur uzunligi  $l = 3,0 \text{ m}$ , gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda = 0,03$  va nasos sarfi  $Q = 10 \text{ l/c}$  va diametri  $d = 150 \text{ mm}$  bo'lsin (4.2-rasm).

9. O'zgarmas sathli rezervuardan suv diametri  $d = 60 \text{ mm}$  li quvur orqali atmosferaga uzatilmoqda. Rezervuar va jo'mrak o'rtasiga o'rnatilgan manometning ko'rsatishi  $P_0 = 0,4 \text{ MPa}$  va suv sarfi  $Q = 10 \text{ l/c}$  bo'lsa, jo'mrakning qarshilik koeffitsiyenti qanday aniqlanadi? (4.3-rasm).

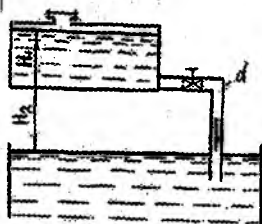
10. Rezervuarga neft nasos yordamida uzatiladi. Nasosning chiqish qismiga o'rnatilgan manometr ko'rsatishi  $P_1 = 0,2 \text{ MPa}$ , nasosdan rezervuardagi suyuqlik sathigacha bo'lgan balandligi  $H = 2,0 \text{ m}$ , rezervuarga o'rnatilgan manometr ko'rsatishi  $P_2 = 0,1 \text{ MPa}$ , quvur diametri  $d = 50 \text{ mm}$  va quvurning qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 0,5$  bo'lganda nasos uzatayotgan sarf miqdorini aniqlang (4.4-rasm).



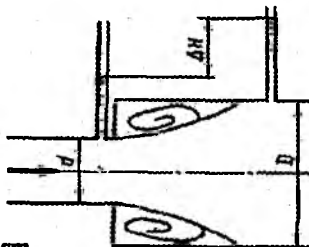
4.5- rasm.



4.6- rasm.



4.7- rasm.



4.8- rasm.

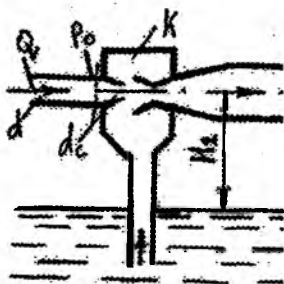
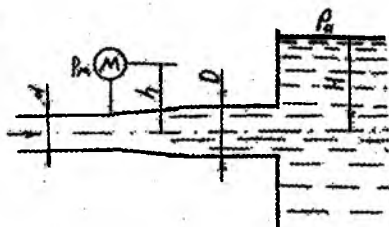
11. Damli (napor) rezervuardan suv diametri  $d = 0,2$  m bo'lgan quvurdan, damsiz rezervuarga uzatilmoqda. Quvurda o'rnatilgan jo'mrakning qarshilik koeffitsiyentini aniqlang.  $P_1 = 0,4$  MPa,  $H_1 = 1$  m,  $H_2 = 3$  m, quvurdan o'tayotgan suv sarfi  $Q = 10$  l/s va quvurning kirish qismidagi qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 0,5$  ga teng deb hisoblansin (4.5-rasm).

12. Suv yuqori rezervuardan pastki rezervuarga qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 0,4$  ga teng diffuzor orqali tushmoqda. Agar yuqori rezervuardagi suyuqlik sathi  $H_1 = 1,0$ ,  $H_2 = 1,2$  m, diametri  $d = 100$  mm bo'lsa, 1-1 kesimdagi bosim miqdori qanday aniqlanadi? (4.6-rasm).

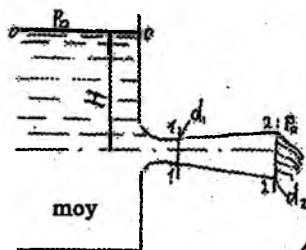
13. Benzin sisterna (idish)dan diametri  $d = 50$  mm bo'lgan quvur orqali rezervuarga tushmoqda. Quvurda o'rnatilgan jo'mrakning qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 0,3$ ; sarfi  $Q = 5$  l/s;  $H_2 = 1,2$  m, sisternadagi benzin sathidagi vakuummetrik bosim  $P_v = 0,4$  at bo'lsa,  $H_1$  ning qiymatini aniqlang (4.7-rasm).

14. Quvurning keskin kengayishida bosim  $P_2 = 0,26$  MPa gacha oshadi. Agar o'tayotgan sarf  $Q = 10$  l/s va  $d_2 = 200$  mm bo'lib, keskin kengayishdagi





4.10- rasm.



4.11- rasm.

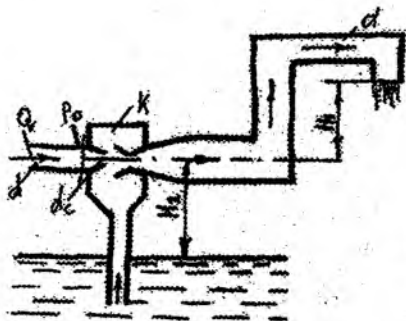
qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 1,2$  ga teng bo'lsa, 1—1 kesimdagi quvur diametrini va pezometrdagi suv sathini aniqlang (4.8-rasm).

15. Diametri  $d = 20$  mm bo'lgan quvurga o'rnatilgan manometr ko'rsatishini aniqlang. Suv  $d$  quvurdan diffuzor orqali  $D$  quvurga o'tib rezervuarga oqib kiradi. Quvurdagi suv sarfi  $Q = 2$  l/c,  $h = 0,3$  m,  $H = 5$  m, diffuzorning qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 0,2$ . Quvur uzunligi bo'ylab yo'qolgan dam hisobga olinmasin (4.9-rasm).

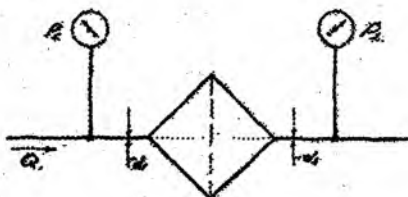
16. Struyali nasos yordamida tagxonadan suv tortib olinmoqda. Agar naycha va diffuzorning mos ravishda qarshilik koeffitsiyentlari  $\xi_s = 0,08$ ,  $\xi_2 = 0,03$  bo'lib,  $d = 60$  mm,  $d_1 = 30$  mm,  $H_1 = 1$  m bo'lsa,  $d_1$  quvurga o'rnatilgan manometr ko'rsatishi qanday aniqlanadi? (4.10-rasm).

17. Agar diffuzorning kengayish burchagi  $\alpha = 60^\circ$ , diametrlari  $d = 8$  mm,  $D = 16$  mm va sarf miqdori  $Q = 0,8$  l/s bo'lsa, diffuzordan o'tayotgan harorati  $t = 0^\circ\text{C}$  bo'lgan motor moyining bosimi qanchaga pasayadi? (4.11-rasm).

18. Rasmda struyali nasos-ejektorning tuzilishi sxemasi berilgan. Suv diametri  $d_1 = 30$  mm quvurda  $P_0 = 10$  kPa bosimda kameraga yuboriladi.



4.12- rasm.



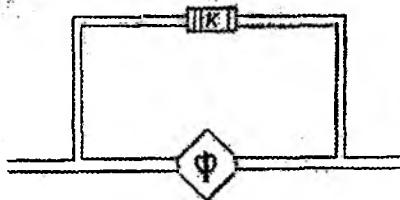
4.13- rasm.

Naychada ( $d_s = 15$  mm) oqim tezligi oshadi va bosimning kammyishi yuzaga keladi. So'ng suv diffuzor orqali quvurga uzatiladi va  $H_2 = 1$  m balandlikka ko'tarilib beriladi. Agar naychaning, diffuzorning va burilishlarning qarshilik koeffitsiyentlari mos ravishda  $\xi_1 = 0,06$ ,  $\xi_2 = 0,03$ ,  $\xi_3 = 0,25$  bo'lsa,  $H_1$  miqdorini aniqlang (4.12-rasm).

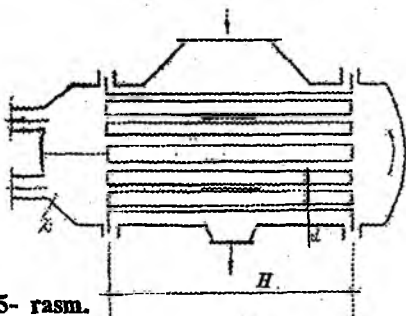
19. Motor moyini tozalash uchun filtrdan o'tkazadilar. Filtrning kirish va chiqish qismida o'rnatilgan manometrlarning ko'rsatishlari mos ravishda  $P_1 = 10$  kPa,  $P_2 = 12$  kPa va quvur diametri  $d_1 = 8$  mm,  $d_2 = 16$  mm bo'lib, moyning sarfi  $Q = 1$  l/c bo'lsa, filtrda yo'qolgan bosim miqdorini aniqlang (4.13-rasm).

20. Hidroyuritmada filtrga parallel klapan o'rnatilgan. Klapan filtrdagi bosimlar farqi  $0,3$  mPa bo'lganda ochiladi. Hidroyuritmadagi moyning sarfi  $Q = 0,6$  l/s va harorati  $t = 15^\circ\text{C}$  bo'lib, quvur diametri  $d = 20$  mm; filtrning qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = \frac{26,40}{\text{Re}}$  bo'lsa, klapan ochilish vaqtidagi moyning kinematik yopishqoqlik koeffitsiyentini aniqlang (4.14-rasm).

21. Avtomobil dvigatelining sovitish tizimini suv bilan ta'minlash uchun nasos qanday dam (napor) hosil qilishi kerak. Agar suvning sarfi  $Q = 4$  l/s, termostat, silindrlar bloki, radiator va naychaning ( $d = 40$  mm) mos ravishda qarshilik koeffitsiyentlari  $\xi_1 = 3,5$ ,  $\xi_2 = 2,5$ ,  $\xi_3 = 4,0$ ,  $\xi_4 = 2,0$  bo'lsa, nasos kirish qismidagi absolyut bosimini aniqlang. Radiatorning yuqori qismidagi vakuummetrik bosim  $P_v = 1$  kPa,  $H = 0,4$  m bo'lsin (4.15-rasm).



4.14- rasm.



4.15- rasm.

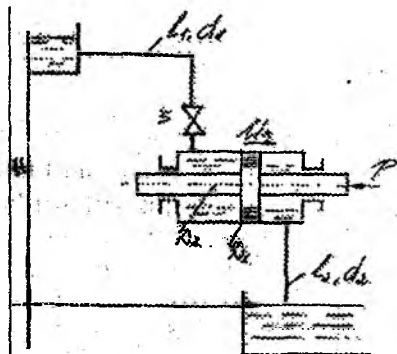
22. Quvurning diametri  $d = 1,0$  mm va uzunligi  $l = 15$  m. Agar po'lat quvurning uchlariidagi bosimlar farqi 30 kPa va harorati  $t = 20^\circ\text{C}$  bo'lsa, quvurdan o'tayotgan suv sarfini aniqlang.

23. Bog'bon sug'orish uchun diametri  $d = 1$  sm bo'lgan polietilen quvurdan foydalanadi. Agar bog'bon quvurni  $d = 2,0$  sm bo'lgan boshqa quvurga almashtirsa, sug'orish vaqti qancha o'zgaradi.

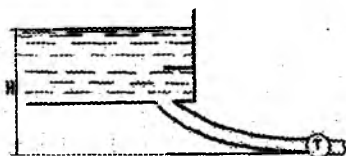
24. Kasalga minutiga  $4,0$  sm<sup>3</sup> qon quyish kerak. Agar tomirga yuborilgan ninaning diametri  $d = 0,5$  mm va uzunligi  $l = 4$  sm bo'lsa, maxsus idishni qancha balandlikka qo'yish lozim bo'ladi.

25. Suyuqlik quvvati ( $N = 300$  kvt) nasos orqali gidrodvigatelga uzunligi  $l = 500$  m, diametri  $D = 400$  mm, gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda = 0,03$  bo'lgan quvur orqali uzatiladi. Agar suyuqlik sarfi  $Q = 0,2$  m<sup>3</sup>/s bo'lsa, nasosning chiqish qismidagi ( $P_1$ ) va gidrodvigatelning kirish qismidagi ( $P_2$ ) bosimlarini aniqlang (4.16-rasm).

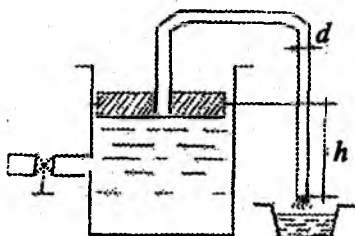
26. Chorvoq GESning turbinasiga suv  $H = 150$  m balandlikdan



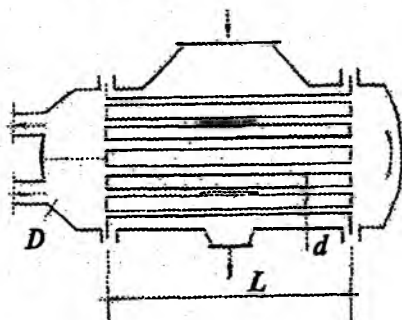
4.16- rasm.



4.17- rasm.



4.18- rasm.



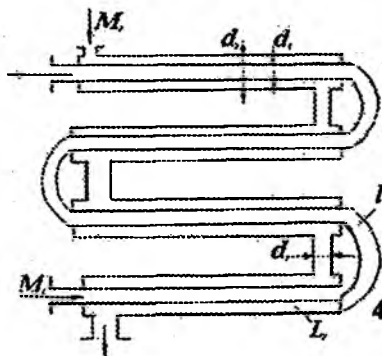
4.19- rasm.

uzunligi  $l = 300$  sm quvur orqali uzatiladi. Agar quvurning gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda = 0,02$ , diametri  $D = 1,5$  m bo'lsa, gidrotrubina kelayotgan suv sarfini va trubinada hosil bo'ladigan quvvatni aniqlang (4.17-rasm).

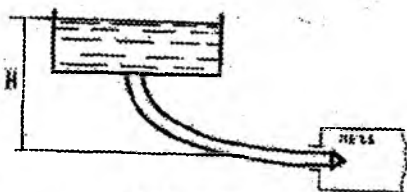
27. Sug'orish maydoniga suyultirilgan mineral o'g'itni ( $\nu = 0,05 \text{ sm}^2/\text{s}$ ) bir xil miqdorda uzatish uchun sifonli dozimetr ishlatiladi. Sifonli nayning diametri  $d = 5$  mm, uzunligi  $l = 600$  mm, gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[5]{Re}}$  bo'lsa, sifondan o'tayotgan sarfni aniqlang (4.18-rasm).

28. Bug' mashinasini sovitish uchun suv 100 ta parallel va har birining uzunligi  $l = 5$  m, diametri  $d = 16$  mm bo'lgan cho'yan naychalardan o'tadi. Kondensatorning kirish va chiqish qismidagi quvur diametri  $D = 300$  mm; suvning sarfi  $Q = 5 \text{ l/s}$  va harorati  $t = 15^\circ\text{C}$  bo'lsa, kondensatorda quvur uzunligi bo'ylab yo'qolgan damni aniqlang (4.19-rasm).

29. Auditoriyani isitish uchun ketma-ket ulangan to'rt qismdan iborat qurilmadan foydalaniladi. Agar quvurning diametri  $d = 50$  mm va har bir



4.20- rasm.



4.21- rasm.

qismning uzunligi  $l = 5 \text{ m}$  dan bo'lib, qurilmada yo'qolgan dam (napor)  $h = 1,8 \text{ m}$  bo'lsa, qurilmaga yuboriladigan harorati  $t = 70^\circ\text{C}$  li suvning sarfini aniqlang. Mahalliy qarshiliklar koeffitsiyenti  $\xi = 1,5$  va gidravlik

ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}}$  (4.20-rasm).

30. Isitish pechiga mazut ( $\nu = 0,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ;  $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ ) diametri  $d = 20 \text{ mm}$  va uzunligi  $l = 25 \text{ m}$  bo'lgan quvurda uzatiladi. Agar quvurning chiqish joyidagi bosim  $P = 50 \text{ kPa}$  bo'lsa, mazut baki quvur oxiridan qaysi balandlikda joylanishi kerak (4.21-rasm).

## 5. KALTA QUVYRLARNING GIDRAVLIK HISOBI

Quvurlar deb har xil suyuqliklar (suv, neft, benzin, qorishmalar va h.k.) uzatishga mo'ljallangan o'tkazgich — quvurlarga aytamiz.

Quvurlarning gidravlik hisobida ularning suyuqlik uzatishi bilan bog'liq bo'lgan gidravlik jarayonlar o'rganiladi va gidravlik kattaliklar aniqlanadi.

Quvurdagi damning yo'qolishiga qarab, ular ikki turga bo'linadi: kalta va uzun quvurlar.

Quvurlarni gidravlik hisoblashda damning yo'qolishi ham quvur uzunligi bo'ylab va ham mahalliy qarshiliklarda inobatga olinsa, bunday quvurga kalta quvurlar deymiz.

Nasoslarning so'ruvchi quvuri, sifon, gidroyuritmalar quvurlari, moylash, avtomobil yog'i uzatish tarmoqlari va h.k.lar kalta quvurlarga misol bo'ladi.

Quvurlarni gidravlik hisoblashda damning faqat uzunlik bo'yicha yo'qolishi inobatga olinsa, bunday quvurlarga **uzun quvurlar** deyiladi.

Uzun quvurlarda mahalliy qarshiliklarda yo'qolgan damning miqdori uzunlik bo'yicha yo'qolgan damning 10% dan kamini tashkil qiladi. Suv, neft va boshqa suyuqliklarni uzatish quvurlari uzun quvurlarga misol bo'ladi.

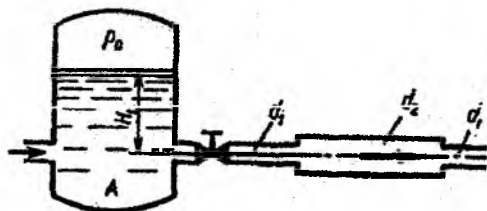
Quvurlar ishlash sxemasiga qarab: sodda va murakkab quvurlarga bo'linadi. Tarmoqlarga ega bo'lmagan quvurlar **sodda quvurlar** deyiladi.

Bir necha tarmoqlarga bo'linadigan quvurlar — **murakkab quvurlar** deyiladi.

### Mavzuga doir masalalarni yechish uchun ko'rsatma

**Masala.** Berilgan quvurlar tizimi orqali, rezervuardan atmosfera oqib chiqayotgan suv sarfining miqdorini aniqlash lozim bo'lsin (1-rasm).

Quvurlarning diametrlari, uzunligi va materiali ( $\Delta$ ;  $\lambda$ ) ma'lum bo'lib, quyidagi qiymatlarga ega bo'lsin:



1- rasm.

$$d_1 = 150 \text{ mm}; \quad d_2 = 200 \text{ mm}; \quad d_3 = 250 \text{ mm};$$

$$l_1 = 20 \text{ m}; \quad l_2 = l_3 = 15 \text{ m};$$

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0,02 \quad N = 3,0 \text{ m};$$

Jumrakning qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 0,4$ ;

**Yechimi:** Masalani yechish uchun Bernulli

tenglamasidan foydalanamiz. Bernulli tenglamasidan foydalanish quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

1) Kesimlarni tanlaymiz:

I-I va II-II

2) Taqqoslash tekisligini o'tkazamiz:

0-0,

3) Oqim uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_f$$

4) Tenglamalardagi hadlarni aniqlaymiz:

$$z_1 = H; P_1 = P_a; V_1 = 0; \alpha_1 = \alpha_2 = 1$$

$$z_2 = 0; P_2 = P_a; V_2 = ?$$

5) Aniqlangan hadlarni tenglamaga qo'yamiz:

$$H + \frac{P_a}{\gamma} + 0 = 0 + \frac{P_a}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

bu erdan:

$$H = \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

Endi quvurlar tizimida yo'qolgan dam —  $h_f$  miqdorini aniqlaymiz:  
Ma'lumki,

$$h_f = \sum h_e + \sum h_m$$

Quvur uzunligi bo'ylab yo'qolgan dam Darsi-Veychax formulasi bo'yicha:

$$\sum h_e = h_{11} + h_{12} + h_{13} = \frac{\lambda_1 l_1}{d_1} \frac{V_1^2}{2g} + \frac{\lambda_2 l_2}{d_2} \frac{V_2^2}{2g} + \frac{\lambda_3 l_3}{d_3} \frac{V_3^2}{2g}$$

Uzilmaslik tenglamasidan

$$V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2 = V_3 \omega_3$$

$$V_1 = \frac{\omega_3}{\omega_1} V_3; V_2 = \frac{\omega_3}{\omega_2} V_3 \text{ ekanligidan foydalanib, hamda } V_3 = V_2$$

$$\sum h_e = \left[ \frac{\lambda_1 l_1}{d_1} \left( \frac{\omega_3}{\omega_1} \right)^2 + \frac{\lambda_2 l_2}{d_2} \left( \frac{\omega_3}{\omega_2} \right)^2 + \frac{\lambda_3 l_3}{d_3} \right] \frac{V_2^2}{2g} \quad (3)$$

$$\text{yoki } \sum h_f = \xi_1 \frac{V_2^2}{2g}$$

Mahalliy qarshiliklarda damning yo'qolishi ko'rilayotgan misolda, quyidagi joylarda sodir bo'ladi: quvurning kirish qismida — ( $\xi_1$ ); keskin kengayishda — ( $\xi_2$ ); keskin torayishda — ( $\xi_3$ ); berkitgichda — ( $\xi_4$ ).

U holda

$$\sum h_m = \xi_1 \frac{V_1^2}{2g} + \xi_2 \frac{V_2^2}{2g} + \xi_3 \frac{V_3^2}{2g} + \xi_4 \frac{V_4^2}{2g}$$

Uzilmaslik tenglamasidan va  $V_3 = V_2$  ekanligidan foydalanib

$$\sum h_M = \xi_1 \frac{V_1^2}{2g} + \xi_2 \frac{V_2^2}{2g} + \xi_3 \frac{V_3^2}{2g} + \xi_4 \frac{V_4^2}{2g} \quad (4)$$

yoki

$$\sum_1 h_M = \xi_M \frac{V_2^2}{2g}$$

Jadvaldan mahalliy qarshilik qiymatlarini olib,  $\xi_M$  ni hisoblaymiz. (3) va (4) tenglamalarini (2) qo'yib tizimda yo'qolgan dam uchun quyidagi ifodani olamiz

$$h_f = \xi_M \frac{V_2^2}{2g} + \xi_1 \frac{V_2^2}{2g} = (\xi_M + \xi_1) \frac{V_2^2}{2g}$$

yoki

$$h_f = \xi_s \frac{V_2^2}{2g} \quad (5)$$

bu yerda:  $\xi_s$  – tizimning qarshilik koeffitsiyenti.

(5) ifodani (2) ga qo'yib

$$H = \frac{V_2^2}{2g} + \xi_s \frac{V_2^2}{2g}$$

bu erdan

$$V_2 = \frac{1}{\sqrt{1+\xi_s}} \sqrt{2gH}$$

yoki

$$V_2 = \varphi \sqrt{2gH};$$

bu yerda  $\varphi$  – tezlik koeffitsiyenti.

U holda quvurlar tizimi orqali oqib chiqayotgan sarf

$$Q = \mu \omega_3 \sqrt{2gH} = 0,17 \cdot \frac{\pi d_3^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3} = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

bu yerda  $\mu$  – sarf koeffitsiyenti.

## MASALALAR

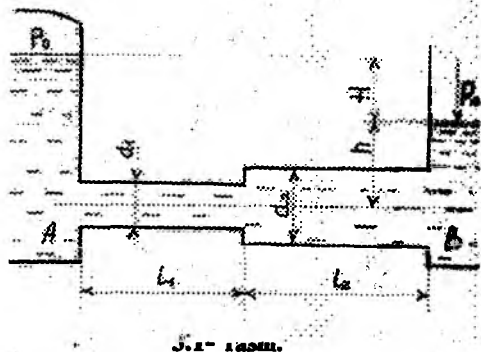
1. Suv bir rezervuardan ikkinchisiga ketma-ket ulangan ikkita quvurlar orqali uzatiladi. Quvurlarning diametri va uzunligi mos ravishda  $d_1 = 150 \text{ mm}$ ;



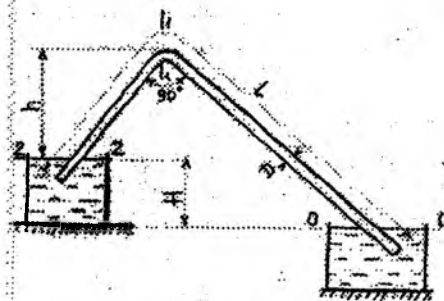
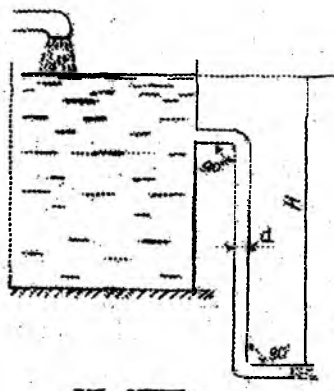
$l = 25 \text{ m}$ ;  $d_2 = 200 \text{ mm}$ ;  $l_2 = 35 \text{ m}$ ; gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,03$ . Agar  $H_1 = 3,0 \text{ m}$ ;  $H_2 = 10 \text{ m}$ ;  $P_M = 20 \text{ kPa}$  bo'lsa, quvurdagi suv sarfi —  $Q$  ni aniqlang. Pezometrik va dam (napor) chiziqlarini chizing (5.1-rasm).

2. Rezervuarga quyilayotgan sarf  $Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ . Rezervuarda o'zgarmas suv sathini aniqlash uchun quvur orqali suv atmosfera oqib chiqadi. Agar quvur uzunligi  $\lambda = 0,025$  bo'lib, rezervuarga kelayotgan va chiqayotgan sarf bir xil bo'lishi uchun  $N$ -miqdorni aniqlang (5.2-rasm).

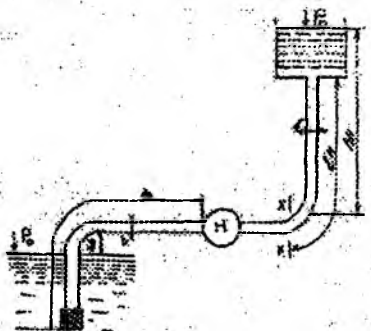
3. Magistral kanaldan novga harorati  $t = 20^\circ\text{C}$  suv po'lat sifon orqali uzatiladi. Sifonning diametri  $D = 30 \text{ mm}$ ; uzunligi  $l = 18 \text{ m}$ , sarfi  $Q = 0,5 \text{ l/s}$ ,  $h = 4,0 \text{ m}$  bo'lsa, kanal va novdagi suvlar sathining farqini aniqlang (5.3-rasm).



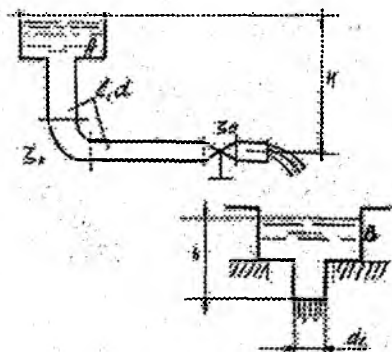
5.1- rasm.



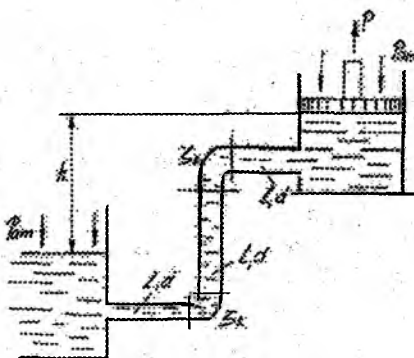
5.3- rasm.



5.4- rasm.



5.5- rasm.



5.6- rasm.

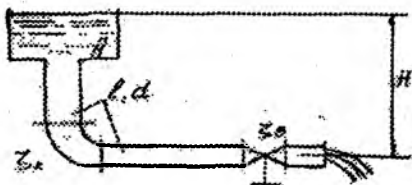
4. Markazdan qochma nasos harorati  $t = 20^\circ\text{C}$  suvni diametri  $d = 100$  mm va uzunligi  $l = 30$  m li po'lat quvur orqali  $N = 30$  m balandlikka uzatmoqda. Agar x-x kesimdagi bosim  $P_x = 0,2$  mPa bo'lsa quvurdagi suv sarfini aniqlang (5.4-rasm).

5. Suv A-rezervuardan B-rezervuarga diametri  $d = 80$  mm va uzunligi  $l = 10$  m quvur orqali uzatiladi. B-rezervuardan suv naycha orqali (sarf koeffitsiyenti  $\mu = 0,82$ ) atmosferaga oqib chiqmoqda. Agar B-rezervuardagi suyuqlik sathi  $h = 2,0$  m bo'lsa, gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda = 0,03$ ; burilish va jo'mrakning qarshilik koeffitsiyentlari:  $\xi_1 = 0,4$ ;  $\xi_2 = 3,0$  bo'lsa, A-rezervuarda qanday dam (napor)  $H$  bo'lishi kerak (5.5-rasm).

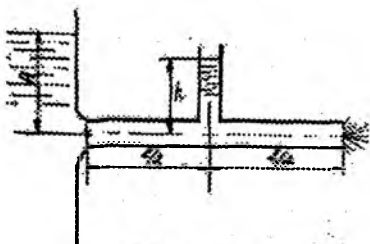
6. O'zgarmas sathli rezervuardan suv diametri  $D = 300$  mm li porshen yordamida ko'tariladi. Agar quvurning diametri  $d = 50$  mm va har bir qismining uzunligi  $l = 5,0$  m,  $h = 7,0$  m bo'lib, burilishlarning qarshilik koeffitsiyentlari  $\xi = 0,5$ ; gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda = 0,02$  bo'lsa, porshenning siljish tezligini aniqlang (5.6-rasm).

7. Suv rezervuardan atmosferaga diametri  $d_1 = 150$  mm,  $d_2 = 100$  mm li ikki qismdan iborat quvurdan oqib chiqmoqda. Quvur har bir qismining uzunligi  $30$  m;  $H = 4,0$  m bo'lsa, quvurdan oqib chiqayotgan sarf miqdorini aniqlang. Gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda = 0,035$ , jo'mrakning qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 10$  (5.7-rasm).

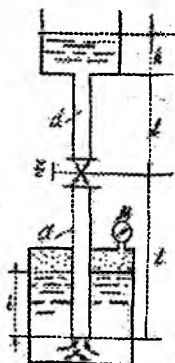
8. Rezervuardan suv atmosferaga diametri  $d = 50$  mm va uzunligi  $l = 40$  m bo'lgan quvur orqali oqib chiqmoqda. Agar rezervuardagi suv



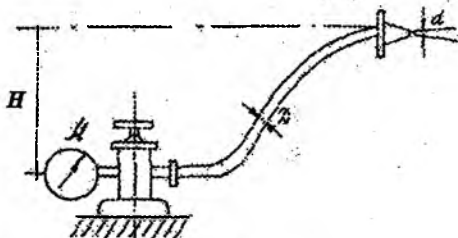
5.7- rasm.



5.8- rasm.



5.9- rasm.



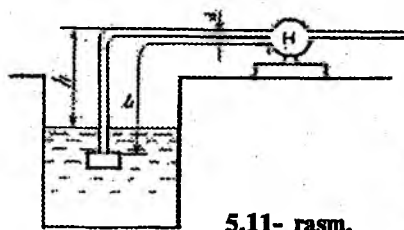
5.10- rasm.

sathi  $H = 10$  m va quvur o'rtasiga o'rnatilgan pezometrdagi suv sathining balandligi  $h = 4,0$  m bo'lsa, suv sarfi  $Q$  va gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda$  ni aniqlang (5.8-rasm).

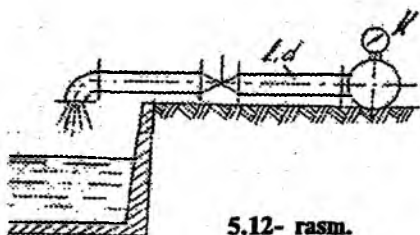
9. Suv yuqoridagi rezervuargacha vertikal quvur orqali uzatilmoqda ( $d = 30$  mm;  $l = 3$  m;  $h = 0,5$  m). Agar uzatilayotgan suv sarfi  $Q = 2$  l/s bo'lsa, pastki rezervuardagi suv sathidagi bosimni aniqlang. Quvurning g'adirbudirligi  $\Delta = 0,2$  mm; jo'mrakning qarshiligi  $\xi = 8,0$  (5.9-rasm).

10.  $H = 10$  m balandlikka suv ko'tarib berish uchun yong'in quvuri-ning uzunligi  $- L$  qancha bo'lishi kerak. Quvurning diametri  $d = 60$  mm; gidraktdagi suv bosimi  $P = 0,6$  mPa bo'lib, suv sarfi  $Q = 0,025$  m<sup>3</sup>/s bo'lsa, quvurning qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 1,0$  (5.10-rasm).

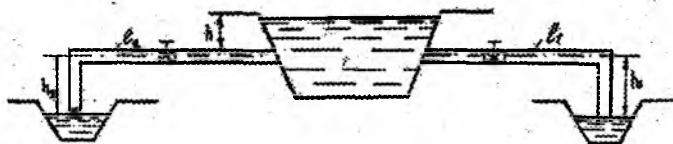
11. Nasos so'ruvchi quvurining uzunligi  $l = 2,0$  m, diametri  $d = 300$  mm, suyuqlik sarfi  $Q = 0,4$  l/s. Rezervuardagi suv sathida bosim  $P_0 = 100$  kPa,  $H = 1,5$  m. Nasosning kirish qismidagi absolyut bosimni aniqlang. Suyuqlik



5.11- rasm.



5.12- rasm.



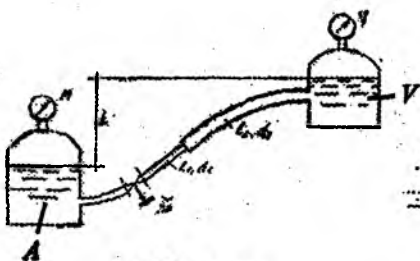
5.13- rasm.

harorati  $t = 35^{\circ}\text{C}$  ( $\nu = 0,2$  St). Qish faslida suyuqlik harorati  $t = 2^{\circ}\text{C}$  ( $\nu = 1,0$  St) tushsa, bosim miqdori qancha bo'ladi (5.11-rasm).

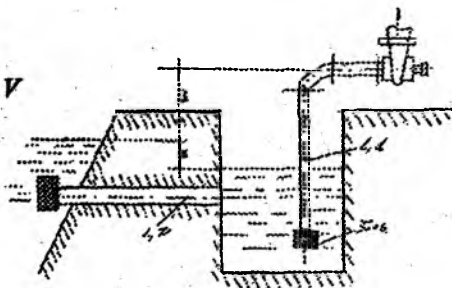
12. Ikkita fermer xo'jaligi magistral kanaldan bir xil diametrli va bir xil o'lchamlardagi quvurlar yordamida suv oladi. Agar birinchi xo'jalik po'lat quvur orqali ikkinchi xo'jalik cho'yan quvur orqali suv olsa, olayotgan suv sarflarining nisbati qanday bo'ladi  $\frac{Q_1}{Q_2} = ?$  (5.12-rasm).

13. Yuqoridagi masalada quvurlar quyidagi o'lchamlarga ega bo'lsa:  $d_1 = d_2 = 200$  mm;  $l_1 = l_2 = 40$  m;  $\xi_1 = 1,5$ ;  $\xi_2 = 1,6$ ;  $h_1 = 1,5h_2$ ;  $h = 2,0$  m;  $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,03$  bo'lsa, sarflar nisbatini aniqlang (5.12-rasm).

14. Basseyn (hovuz)ni to'ldirish uchun suv magistral quvurdan olinadi. Magistral quvurdagi suv bosimi  $P_M = 240$  kPa bo'lib, basseynga keladigan quvur uzunligi  $l = 50$  m; quvurdagi mahalliy qarshiliklar: jo'mrak ( $\xi = 3,0$ ), burilish ( $\xi = 0,4$ ) bo'lib, quvurning g'adir-budirliigi  $\Delta = 0,2$  mm, suv harakat rejimi kvadrat qarshilik sohasida deb qabul qilinsin. Quvurning diametri  $d$  ni aniqlang, agar basseyn hajmi  $W = 60$  m<sup>3</sup> bo'lib,  $T = 20$  minutda to'lsa (5.13-rasm).



5.14- rasm.

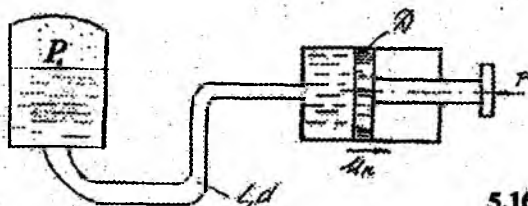


5.15- rasm.

15. Benzin A-rezervuardan V-rezervuarga uzunliklari  $l_1 = 40$  m;  $l_2 = 20$  m; diametrlari  $d_1 = 30$  mm,  $d_2 = 40$  mm li quvurlar orqali uzatilmoqda. A-rezervuardagi manometrning ko'rsatishi —  $P_M = 120$  kPa va V-rezervuardagi vakuummetr ko'rsatishi —  $P_V = 30$  kPa. Rezervuarlardagi suyuqliklar sathining farqi  $h = 5,0$  m; quvurning g'adir-budirli  $\Delta = 0,2$  mm, jo'mrakning qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 3,0$  m. Quvurdan o'tayotgan benzin sarfini aniqlang (5.14-rasm).

16. Tindirgichga suv kanaldan uzunligi  $l = 20$  m, diametri  $D = 150$  mm bo'lgan quvur bilan uzatiladi. Tindirgichdan suv markazdan qochma nasos orqali olinadi. Nasosning kanaldagi suv sathiga nisbatan o'rnatilgan balandligi  $h = 5,0$  m, nasos so'ruvchi quvurining diametri  $d = 100$  mm, uzunligi  $l = 10$  m bo'lib, nasos kamerasida hosil bo'lgan vakuum miqdori  $h_v = 6$  m, burilish va to'siqlarning qarshilik koeffitsiyentlari:  $\xi_1 = 0,4$ ;  $\xi_2 = 6$ ;  $\xi_3 = 2,0$  bo'lsa, nasos uzatayotgan suyuqlik sarfini aniqlang. Shu sarfda kanal va quduqdagi suv sathining farqi —  $z$  qancha bo'ladi? Quvurlarning gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda = 0,03$  (5.15-rasm).

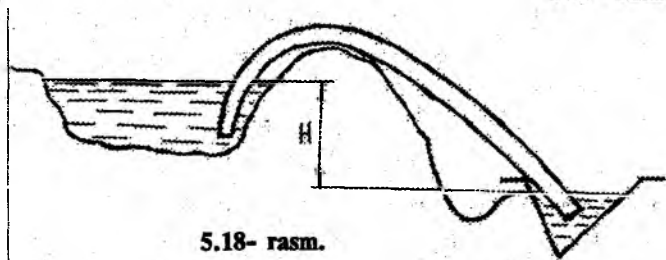
17. Hajmiy gidroyuritmadagi gidravlik akkumulyator sathidagi bosim  $P_0 = 100$  kPa bo'lib, gidrosilindrga ( $D = 60$  mm) quvurning uzunligi  $l = 12$  m va diametri  $d = 15$  mm, g'adir-budirli  $\Delta = 0,02$  mm. Porshenning harakat tezligini aniqlang. Porshen shtokiga quyilgan kuch  $R = 12$  kn. Mahalliy qarshiliklar hisobga olinmasin (5.16-rasm).



5.16- rasm.



5.17- rasm.



5.18- rasm.

18. Toshkent kichik xalqa yo'lining ostidan Salar kanali dyuker orqali o'tadi. Dyuker to'g'ri to'rtburchak shaklida temir-betondan yasalgan bo'lib, quyidagi o'lchamlarga ega:  $a = 1,6$  m;  $b = 2,2$  m;  $l = 30$  m, burilish burchaklari  $\alpha = 30^\circ$ . Beflardagi suv sathining farqi  $H = 0,5$ ; suvning harorati  $t = 20^\circ\text{C}$ ; dyuker-quvur g'adir-budirliigi  $\Delta = 1$  mm bo'lsa, suv sarfini aniqlang. Yuqori va pastki befdagi suv tezligi:  $V_1 = 0,5$  m/s;  $V_2 = 0,6$  m/s (5.17-rasm).

19. To'rtinchi qavatda joylashgan gidravlika laboratoriyasiga suv birinchi qavatdan po'lat quvur orqali uzatiladi. Agar har bir etajda bir xil jo'mrak o'rnatilgan bo'lib, jo'mrakning qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 0,5$ ; quvur uzunligi  $l = 20$  m; diametri  $d = 100$  mm bo'lsa, suvni (sarf  $Q = 5$  l/s) to'rtinchi qavatga chiqarish uchun nasosning chiqish qismidagi manometrik bosim qanday bo'lishi kerak. Suvning harorati  $t = 15^\circ\text{C}$ .

20. Tog'dagi daryodan suv po'lat sifon orqali olinadi. Sifonning diametri  $d = 200$  mm, uzunligi  $l = 40$  m, beflardagi suv sathining farqi  $H = 20$  m, suvning harorati  $t = 10^\circ\text{C}$  bo'lsa, sifondan tushayotgan suv sarfini aniqlang. Mahalliy qarshiliklarda yo'qolgan dam (napor) hisobga olinmasin. (5.18-rasm).

## 2. SUYUQLIKNING TESHİK VA NAYCHALARDAN OQIB CHIQISHI

**Mavzuga doir masalalarni yechish uchun ko'rsatma:**

**Masala:** Yuqoridagi idishdan tushayotgan suv (sarfi  $Q = 0,6$  l/s), idish tubidagi teshik orqali ( $d = 30 - 15$  mm) pastki idishga tushmoqda va pastki idish tubidagi teshik orqali ( $d = 25$  mm) atmosferaga oqib chiqmoqda. Idishlardagi suv damlarini aniqlang.

**Yechimi:** Idishlardagi suv sathi o'zgarmasligini inobatga olib, har bir idishlardan tushayotgan suv sarfi bir xil bo'lishini hisobga olib, idishlardagi suv damlarini quyidagicha aniqlaymiz:

$$Q = \mu\omega_1 \sqrt{2gH_1};$$

$$Q = \mu\omega_2 \sqrt{2gH_2};$$

bu yerdan

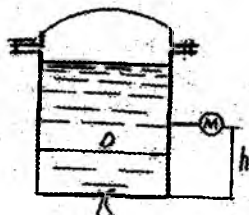
$$H_1 = \frac{Q^2}{(\mu\omega_1)^2 2g} = 2,13 \text{ m};$$

$$H_2 = \frac{Q^2}{(\mu\omega_2)^2 2g} = 0,76 \text{ m};$$

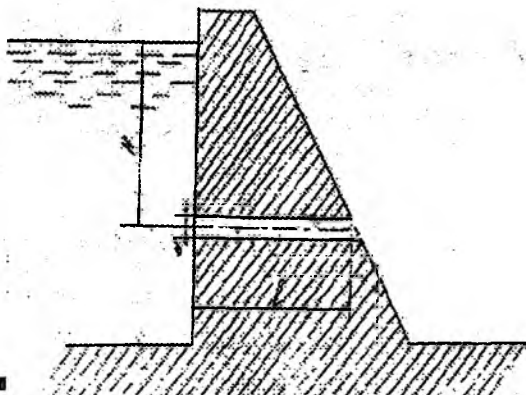
## MASALALAR

1. Suyuqlik diametri  $d = 10$  mm teshik orqali  $H = 3$  m dam (napor) ostida atmosferaga oqib chiqmoqda. Teshikdan oqib chiqayotgan suv sarfini aniqlang, agar siqilish, tezlik va qarshilik koeffitsiyentlari quyidagicha bo'lsa:  $\epsilon = 0,62$ ;  $\varphi = 0,97$   $\xi = 0,06$ .

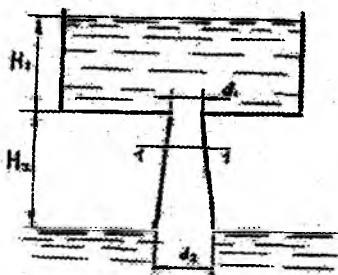
2. Sisternadan diametri  $d = 100$  mm bo'lgan teshikdan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarfini aniqlang. Agar sisterna diametri  $D = 250$  mm,



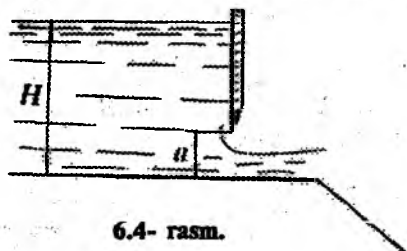
6.1- rasm.



6.2- rasm



6.3- rasm.



6.4- rasm.

sisternaga o'rnatilgan manometrning ko'rsatishi  $R_m = 0,2 \text{ MPa}$  va manometrning o'rnatish balandligi  $h = 1,3 \text{ m}$  bo'lsa.

Agar teshikka xuddi shu diametrdagi naycha ulansa suyuqlik sarfi qanday o'zgaradi? Teshikning qarshilik koeffitsiyenti  $\xi = 0,04$  (6.1-rasm).

3. To'g'on devoriga o'rnatilgan silindrik naycha orqali  $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  sarfni pastki b'efga o'tkazish kerak. B'eflardagi suyuqliklar sathining farqi  $H = 10 \text{ m}$ , naychanning sarf koeffitsiyenti  $\mu = 0,82$ . Naycha diametrini aniqlang (6.2-rasm).

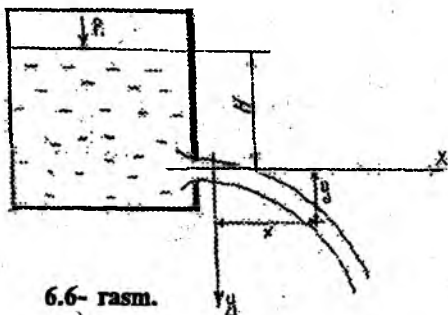
4. Suv yuqori rezervuardan pastki rezervuarga diametrlari  $d_1 = 150 \text{ mm}$  va  $d_2 = 200 \text{ mm}$  li diffuzor orqali oqib o'tmoqda. Teshik va diffuzorning qarshilik koeffitsiyentlari:  $\xi_1 = 0,06$ ;  $\xi_2 = 0,03$ .

Agar 1-1 kesimdagi absolyut bosim nolga teng bo'lib,  $H_2 = 1.5 \text{ m}$

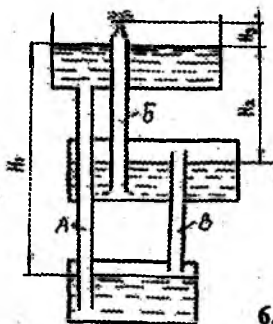




6.5- rasm.



6.6- rasm.



6.7- rasm.

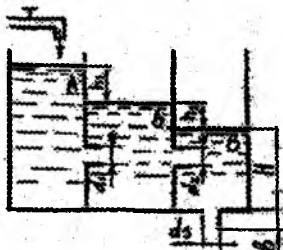
bo'lsa, yuqori rezervuardagi suv sathining balandligi —  $H_1$  nimaga teng bo'ladi. (6.3- rasm).

5. Eni  $b = 2,6$  m li tarnovdagi darvoza tagidan oqib chiqayotgan suv sarfini aniqlang. Darvozaning ko'tarilish balandligi  $a = 0,7$  m yuqori b'efdagi suv dami (napori)  $H = 6,0$  m. Siqilish va tezlik koeffitsiyentlari:  $\epsilon = 0,67$ ;  $\varphi = 0,97$  (6.4-rasm)

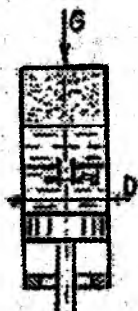
6. Yupqa devorli uchburchak ( $\alpha = 90^\circ$ ) tarnov (suv o'tkazgichdan) o'tayotgan suv sarfi  $Q = 40$  l/s;  $m = 0,32$  bo'lsa, suv o'tkazgichdagi suv damini (napori) —  $H$  ni aniqlang. (6.5-rasm).

7. Diametri  $d_0 = 10$  mm li teshikdan oqib chiqayotgan suv oqimi o'lchamlari quyidagicha:  $X = 5,5$  m,  $Y = 4$  m. Teshik ustidagi suyuqlik dami (napori)  $H = 2$  m va sarfi  $0,3$  l/s. Teshikning qarshilik —  $\xi$ , siqilish —  $\epsilon$ , tezlik —  $\varphi$ , sarf —  $\mu$  koeffitsiyentlarini aniqlang (6.6-rasm).

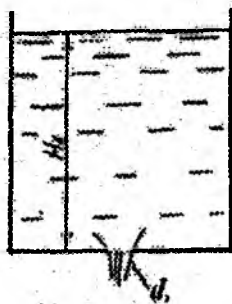
8. Rasmda «Geron fontani» nomli qurilma sxemasi keltirilgan. A va B quvurlar suv bilan to'ldirilgan, V quvur havo bilan. Qurilmaning ishlash prinsipini tushuntiring. Naychadan oqib chiqayotgan suv tezligini aniqlang, agar  $H_1 = 24$  m;  $H_2 = 4$  m;  $H_3 = 0,4$  m. Damning yo'qolishini hisobga olmang. (6.7-rasm).



6.8- rasm.



6.9- rasm.



6.10- rasm.

9. Suv A rezervuardan B rezervuarga  $d_1 = 10$  mm teshik orqali o'tadi. B rezervuardan V rezervuarga  $d_2 = 12$  mm naycha orqali o'tadi va V rezervuardan  $d_3 = 8$  mm li naycha orqali atmosferaga oqib chiqib ketadi. Agar  $H = 1,2$  m va sarf koeffitsiyentlari  $\mu_1 = 0,64$ ;  $\mu_2 = \mu_3 = 0,82$ , bo'lsa rezervuardan o'tayotgan sarf miqdorini va  $h_1$ ,  $h_2$  ni aniqlang (6.8-rasm)

10. Rasmda gidropnevmoamortizator sxemasi berilgan. Amortizasiya jarayonida suyuqlik ( $\rho = 900$  kg/m<sup>3</sup>) teshik orqali ( $d = 8$  mm) o'tadi va havo siqiladi. Porshen  $D = 100$  mm, silindr ustiga qo'yilgan kuch  $G = 50$  kN; havoning bosimi  $P_1 = 0,2$  MPa va teshikning sarf koeffitsiyent  $\mu = 0,75$  bo'lsa silindrning siljish tezligini aniqlang (6.9-rasm)

11. Suyuqlik idish tubidagi kichik teshikdan ( $d = 12$  mm) o'zgarmas dam ( $H = 2,0$  m) ostida oqib chiqmoqda. Agar xajmi  $2$  m<sup>3</sup> idish  $t = 2$  minutda suvga to'lsa, teshikning qarshilik, sarf va siqilish koeffitsiyentlarini aniqlang (6.10-rasm).

12. Neft tashuvchi yuk kemasining yonida (bortida) teshik hosil bo'ldi. Agar yukxonashakli to'g'ri parallelepiped bo'lib, eni  $B = 6$  m; uzunligi  $L = 30$  m; balandligi  $H = 4,0$  m bo'lib, teshikning diametri  $d = 10$  mm va sarf koeffitsiyenti  $\mu = 0,6$  bo'lsa, yukxonadagi neft qancha vaqtda dengizga oqib tushadi.

13. Yopiq rezervuardan suv atmosferaga teshikdan ( $d_1 = 10$  mm) va silindrik naycha ( $d_2 = 20$  mm) orqali oqib chiqmoqda. Agar rezervuardagi suv nabori (dami)  $H = 2$  m, teshik va naychadan oqib chiqayotgan sarflar farqi  $Q = 10$  l/s bo'lsa, rezervuardagi suv sathidagi manometrik bosimni aniqlang.

14. Suv ombordan suv to'g'on devoriga o'rnatilgan naycha orqali ( $d = 0,5$  m) oqib chiqmoqda. Agar to'gonning uzunligi  $L = 10$  m; suv

ombordagi suv satxining yuzasi  $S = 0,224 \text{ km}^2$  bo'lsa suvning sathi  $H = 6,5 \text{ m}$  dan  $H = 0,5 \text{ m}$  gacha qancha vaqtda tushadi.

15. Rezervuarga nasos orqali benzin uzatilmoqda (sarfi  $Q = 10 \text{ l/s}$ ). Rezervuardagi boshlang'ich napor (dam)  $H = 1,0 \text{ m}$ . Rezervuarga o'rnatilgan teshikdan (diametri  $d = 20 \text{ mm}$ ; sarf koeffitsiyenti  $\mu = 0,65$ ) benzin atmosferaga oqib chiqmoqda. Rezervuardagi benzin sathi o'zgaradimi?

## 7. GIDRAVLIK MODELLASHTIRISH

Loyihalanayotgan yoki ishlab chiqarishga joriy etilayotgan qurilmalarni sinash uchun ma'lum sharoitda ularning modeli tuziladi.

Modellashda o'xshashlik nazariyasiga asoslanadi.

**Geometrik o'xshashlik.** Bunday o'xshashlikda asl nusxa (natura) va model o'lchamlari bir xil nisbatda bo'ladi, ya'ni:

$$\frac{d_H}{d_M} = \frac{b_H}{b_M} = \alpha = \text{const}$$

bu yerda:  $d_H, d_M$  — mos ravishda natura va modelning diametrlari;  
 $b_H, b_M$  — mos ravishda natura va model geometrik o'lchamlari.

**Kinematik o'xshashlik.** Bunday o'xshashlikda suyuqlik zarrachalarining tezliklari nisbatlari teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$\frac{V_H}{V_M} = \frac{U_H}{U_M} = \text{const}$$

**Dinamik o'xshashlik.** Bunday o'xshashlikda geometrik, kinematik o'xshashlik shartlari bajarilgan holda, oqimga ta'sir etayotgan kuchlar nisbati hisobga olinadi. Dinamik o'xshashliklar quyidagi sonlar orqali belgilanadi:

Eyler soni:  $E_u = \frac{P}{\rho V^2}$

Reynolds soni:  $Re = \frac{Vd}{\nu}$

Frud soni:  $F = \frac{V^2}{gl}$

Struxal soni:  $S_l = \frac{l}{tV}$

Bu yerda:  $l$  — uzunlik birligi;  $t$  — vaqt.

## Mavzuga doir masalalarni echishga ko'rsatma

**1-masala:** Diametri  $d = 300$  mm bo'lgan po'lat quvurda ( $\Delta = 0,1$  mm) ikkita mahalliy qarshilik: burilish va jumrakning bir-biriga ta'siri o'rganilmoqda. Mahalliy qarshiliklar bir-biriga ta'sir qilmagan holda ishlashlari uchun ular orasidagi masofa modelda va naturada qanday bo'lishi kerak. Quvur kvadrat qarshilik sohasida ishlab, modelning masshtabi 1:10 bo'lsin.

**Yechimi:** Mahalliy qarshiliklarning bir-biriga ta'siri bo'lishi uchun, ular orasidagi masofa quyidagidan kam bo'lishi kerak:

$$L = \left( \frac{12}{\lambda} - 50 \right) d.$$

Modeldagi va naturadagi quvurning gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti Shifrinson yoki K.Sh.Latipov formulasi bilan aniqlanadi:

Geometrik o'lchamlar o'xshashlik nazariyasidan quyidagi ifodalarni olamiz:

$$\lambda_M = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d_M} \right)^{0,25} = 0,11 \left( \frac{10^{-4}}{0,03} \right)^{0,25} = 0,024$$

$$\lambda_H = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d_H} \right)^{0,25} = 0,11 \left( \frac{10^{-4}}{0,3} \right)^{0,25} = 0,014$$

U holda burilish va jumrak orasidagi masofa naturada:

$$L_H = \left( \frac{12}{\sqrt{0,014}} - 50 \right) \cdot 0,3 = 15,4 \text{ m}$$

Modelda:

$$L_M = \left( \frac{12}{\sqrt{0,014}} - 50 \right) \cdot 0,03 = 0,81 \text{ m dan kam bo'lmashligi lozim.}$$

**2-masala:** Kanaldagi suv harakatini (harorati  $t = 20^\circ\text{C}$ ) modellashgiris uchun modeldagi suyuqlikning kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti qanday bo'lishi kerak. Agar ham og'irlik va ham ishqalanish kuchlari ta'siri inobatga olinsa. Modelning geometrik masshtabi 1:100.

**Yechimi:** O'xshashlik nazariyasidan ishqalanish kuchlarining modelda va naturada ta'sirining bir xilligini inobatga olish uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:  $Re = idem$ , ya'ni  $Re_N = Re_M$   $Re$  — Reynolds soni.

Bu shartdan quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{V_H \cdot L_H}{v_H} = \frac{V_M \cdot L_M}{v_M}, \quad \frac{V_M}{V_H} = \frac{L_H}{L_M} \cdot \frac{v_M}{v_H}. \quad (1)$$

Og'irlik kuchining modeldagi va naturadagi ta'sirini bir xilligini inobatga olish uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$Fr = idem$ , ya'ni  $Fr_H = Fr_M$   $Fr - Frud$  soni.

Bu shartdan quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{V_H^2}{gL_H} = \frac{V_M^2}{gL_M}, \quad \frac{V_M^2}{V^2} = \sqrt{\frac{L_M}{L_H}} \quad (2)$$

(1) va (2) ifodani tenglashtirib, quyidagini olamiz:

$$\frac{v_M}{v_H} = \left( \frac{L_M}{L_H} \right)^{3/2} = \left( \frac{1}{100} \right)^{3/2} = \frac{1}{1000}.$$

Bu yerdan modeldagi suyuqlikning kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti:

$$v_M = v_H : \frac{1}{1000} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \frac{1}{1000} = 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$$

teng bo'ladi, ammo tabiatda bunday suyuqlik yo'q.

Olingan natijadan shunday xulosa qilish mumkinki gidravlik modellashtrishda quyidagi shartlarni:  $Re = idem$  va  $Fr = idem$  ni bir holatda bajarish imkoniyati yo'q ekan.

## MASALALAR

1. Quvurda suv harakatini modellashtrish uchun tajriba qurilmadagi suvning harorati qanday bo'lishi kerak. Suv harakatining rejimini ifodalovchi Reynolds soni  $Re = 35 \cdot 10^4$  bo'lib, tajriba qurilmasiga suv o'tkazayotgan nasos sarfi  $Q = 16$  l/s va quvur diametri  $d = 150$  mm bo'lsin.

2. Kema harakatini o'rganish uchun, suv basseyni qurish kerak. Agar kemaning uzunligi  $l = 60$  m, Frud soni  $Fr = 0,30$  va basseyndagi suv tezligi  $V = 2,5$  m/s bo'lsa, modelning masshtabini aniqlang.

3. Suv o'tkazgichning (tarnov) suv o'tkazish qobiliyatini o'rganish uchun 1:50 masshtabda model qurilgan. Agar haqiqiy (natura) oqimning

sarfi  $Q_N = 160 \text{ m}^3/\text{s}$  bo'lsa, modeldagi suv sarfini aniqlang. Faqat gravitasion kuchlar ta'siri hisobga olinsin.

4. Beton kanalning modeldagi chuqurligi va suv sarfini aniqlang. Kanaldagi suv sarfi  $Q = 250 \text{ m}^3/\text{s}$ , suvning harakat tezligi  $V = 1,2 \text{ m/s}$  kanal chuqurligi  $h = 3,6 \text{ m}$ , gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti  $\lambda = 0,012$ ; modeldagi g'adir-budurlik  $\Delta = 0,1 \text{ sm}$ , suvning harorati  $t = 20^\circ\text{C}$  bo'lsin.

5. Benzinni ( $\nu = 0,027 \text{ sm}^2/\text{s}$ ) o'lchashga mo'ljallangan Venturi naychasini modelda suv ( $\nu = 0,01 \text{ sm}^2/\text{s}$ ) bilan tekshirib ko'radilar. Agar naturadagi benzin sarfi  $Q = 30 \text{ l/s}$  va o'lchamlari  $D_N = 60 \text{ mm}$ ,  $d_N = 150 \text{ mm}$ , modelning geometrik masshtabi  $\alpha = 30$  bo'lsa, modeldagi suv sarfini va pezometrlar farqini aniqlang. Naturadagi pezometrlar farqi  $h = 1,0 \text{ m}$ .

6. Suv quvurining bir qismini tekshirish uchun, laboratoriya sharoitida havo ( $S = 1,3 \text{ kg/m}^3$ ,  $\nu = 0,1 \text{ sm}^2/\text{s}$ ) yuborib tekshirib ko'radilar. Quvurdagi havo tezligini aniqlang. Suvning harakat tezligi  $V_N = 1,5 \text{ m/s}$ ; harorati  $t = 20^\circ\text{S}$ .

7. Diametri  $d = 25 \text{ mm}$  li quvurda suv  $V = 0,5 \text{ m/s}$  tezlik bilan harakat qilmoqda. Diametri  $D = 60 \text{ mm}$  li quvurdagi havo tezligini aniqlang. Har ikkala quvurda ham harakat rejimlari bir xil bo'lib suvning harorati  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , havo harorati  $t_2 = 50^\circ\text{C}$  bo'lsin.

8. Harorati  $t = 50^\circ\text{S}$  bo'lgan suv diametri  $d = 250 \text{ mm}$  li quvurda  $V = 1 \text{ m/s}$  tezlik bilan harakat qilmoqda. Modeldagi quvur diametrini aniqlang. Modeldagi suvning harakat tezligi  $V = 5 \text{ m/s}$  bo'lib, modeldagi suv harorati  $t = 50^\circ\text{S}$  bo'lsa.

9. Neftni cho'yan quvur orqali uzatish uchun avval uni laboratoriya sharoitida havo yuborib ( $\nu_h = 0,15 \text{ sm}^2/\text{s}$ ) tekshirib ko'radilar. Agar cho'yan quvurning naturadgi diametri  $d_1 = 500 \text{ mm}$ , harakat tezligi  $V_1 = 1,2 \text{ m/s}$  bo'lsa, modeldagi havo harakat tezligini aniqlang. Modeldagi quvur diametri  $d_2 = 50 \text{ mm}$ .

10. Mahalliy qarshiliklarni aniqlashda o'tkazilgan tajribalarda olingan Eyler soni  $E_u = 8$  teng. Qarshilik koeffitsiyentini aniqlang.

11. 1:100 geometrik masshtabda yasalgan to'gon modelini o'rganishda, to'gon pastki befida o'lchangan oqim tezligi  $V_M = 0,8$  m/s. Naturada to'gon pastki befidagi oqim tezligi qancha bo'ladi.

12. Gazni pechlarda yoqishdan oldin, 1:10 masshtabda bajarilgan modelda suv bilan tekshirib ko'radilar. Agar suvning harorati  $t = 10^\circ\text{C}$ , gazning harakat tezligi  $V_2 = 12$  m/s va kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti  $\nu = 0,9 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s bo'lsa, modeldagi suv harakati tezligini aniqlang.

13. Quvurda  $V_1 = 1,5$  m/s tezlikda harakatlanayotgan suv damining (napor) yo'qolishi nimaga teng bo'ladi. Havo bilan o'tkazilgan modeldagi havo bosimining kamayishi  $\Delta P = 10$  kPa bo'lsa.

14. Suv nasosining so'ruvchi quvurini laboratoriyada tekshirish uchun, tajribalar modelda havo bilan ( $\rho_h = 1,2$  kg/m<sup>3</sup>;  $\nu = 0,15$  sm<sup>2</sup>/s) o'tkazildi. Modeldagi bosimning yo'qolishi  $\Delta P = 1,2$  kPa bo'lsa, quvurdagi bosimning yo'qolishini aniqlang. Suvning harorati  $t = 20^\circ\text{C}$  va modelning chiziqli masshgabi  $\alpha_7 = 3$  bo'lsa.

15. Suv naychasining eng qulay kesimini aniqlash uchun gidravlik laboratoriyada tajribalar havo (kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti  $\nu = 0,15 \cdot 10^{-4}$  sm<sup>2</sup>/s) o'tkaziladi. Naychadagi suv va havo tezliklari bir xil bo'lishi uchun, modelning chiziqli masshtabi qanday bo'lishi kerak. Suv harorati  $t = 20^\circ\text{C}$ .

## ADABIYOTLAR

1. Latipov K.Sh. Gidravlika, gidromashinalar, gidroyuritmalar, Toshkent, «O'qituvchi», 1992 — 401 s.
2. Некрасов Б.Б. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу - М. «Высшая школа». 1995 г.
3. Тогунова Н.П. Методические указание и задачи для самостоятельной работы студентов по курсу «Гидравлика», Ташкент. 1982 г — 40 с.
4. Eshmurodov Yu.E., Arifjanov A.M. Gidravlika fanidan amaliy mashg'ulotlar uchun qo'llanma - Toshkent. 1991 y - 70 b.
5. Arifjanov A.M., Gidravlika va gidromashinalar fanidan hisoblash ishlari uchun uslubiy ko'rsatma — Toshkent, 1993 y - 32 b.
6. Arifjanov A.M., Vafojev S.T, Zulunov M. Hajmiy gidroyuritmalarning gidravlik hisobi-o'quv qo'llanma, 1994 y, 110 6.
7. Латипов К.Ш., Арифжанов А.М. Вопросы движения взвешенного потока в открытых руслах, Ташкент, 1994 й —110 с.
8. Арифжанов А.М. Распределение взвешенных частиц наносов в стационарном потоке, Водные ресурсы, №:2, 2001г 184-189 с.
9. Arifjanov A.M. «Gidravlika va gidromashinalar» fanidan ma'ruzalar matni - Toshkent, 2001 y — 102 b.



## MUNDARIJA

<i>Kirish</i> .....	3
<b>GIDROSTATIKA</b> .....	5
1. Hidrostatik bosim .....	5
2. Ixtiyoriy tekis shaklga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi .....	15
3. Egri sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi .....	24
4. Jismlarning suyuqlikdagi muvozanati .....	28
<b>GIDRODINAMIKA</b> .....	31
1. Suyuqlik kinematikasi .....	31
2. Ideal suyuqliklar .....	35
3. Suyuqlikning harakat rejimlari .....	43
4. Gidravlik qarshiliklar .....	48
5. Kalta quvurlarning gidravlik hisobi .....	61
6. Suyuqlikning teshik va naychalardan oqib chiqishi .....	71
7. Gidravlik modelashtirish .....	75
<i>Adabiyotlar</i> .....	80

## CONTENT

<i>Preface</i> .....	3
<b>HYDROSTATICS</b> .....	5
1. Hydrostatic head .....	5
2. Hydrostatic power on plane surface .....	15
3. Hydrostatic power on curved surface .....	24
4. Archimed's Law .....	28
<b>HYDRODYNAMICS</b> .....	31
1. Kinematics of flow .....	31
2. Problems solving without energy loss .....	35
3. Flow motion regimes .....	43
4. Hydraulic resistance .....	48
5. Hydraulic design of short pipes .....	61
6. Discharge of flow from fices and nozzles .....	71
7. Hydraulic modelling .....	75
Literature .....	80

This problems set is designed according to the curriculum for undergradnate students of «Melloration and water resources» and «Agricultural Engineering» disciples.

Each chapter contains a short theoretical information on the topic and methods for solving the problems.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i> .....	3
<b>ГИДРОСТАТИКА</b> .....	5
1. Гидростатическое давление .....	5
2. Сила гидростатического давления на плоскую поверхность .....	15
3. Сила гидростатического давления на криволинейную поверхность .....	24
4. Плавание тел .....	28
<b>ГИДРОДИНАМИКА</b> .....	31
1. Основы кинематики потока жидкости .....	31
2. Решения задач без учета потерь энергии .....	35
3. Режимы движения жидкости .....	43
4. Гидравлические сопротивления .....	48
5. Расчет коротких трубопроводов .....	61
6. Истечения жидкости из отверстий и насадков .....	71
7. Основы гидравлического моделирования .....	75
<i>Список литературы</i> .....	80

Сборник задач составлен как пособие в соответствии с учебными программами для бакалавров по направлению «Мелиорация и водное хозяйство» и «Агроинженерия».

В начале каждой главы даются краткие сведения из теории по данному вопросу и приведены общие методические указания по решению задач данной главы.

**OYBEK ORIFJONOV**

## **GIDRAVLIKA**

*(Masalalar to'plami)*

**Muharrir A.Savonov**  
**Texnik muharrir H.Saidov**  
**Sahifalovchi S.Po'latov**

Bosishga ruxsat etildi 05.08.2005 y. Bichimi 60x84  $\frac{1}{16}$ . Tayms garn.  
Kagiti 10 shponli. Offset qog'ozi. Shartli b.t. 5,25. Adadi 500 nusxa.

«Istiqlol» nashriyoti. Toshkent, 700129, Navoiy ko'chasi, 30-uy.  
Shartnoma № T-28.

«Razzoqov O.J.» XT bosmaxonasida chop etildi. Buyurtma № 63.  
Toshkent, 700129, Navoiy ko'chasi, 30-uy.