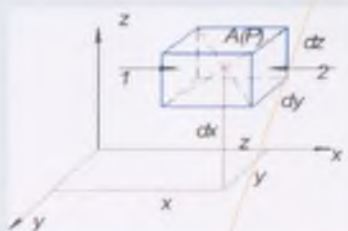
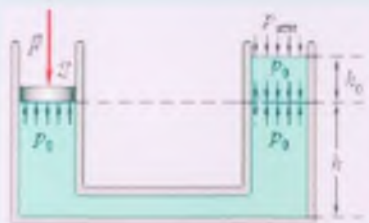


A.M. Arifjanov, L.N. Samiyev

# GIDRAVLIKA



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI  
TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI  
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI**

---

**Arifjanov Aybek Muhamedjanovich,  
Samiyev Luqmon Nayimovich**

# **GIDRAVLIKA**

**/ O'quv qo'llanma /**

**5630200-Suv xo'jaligida ekologiya xavfsizligi  
5450300-Suv xo'jaligi va meliorasiya ishlarini mexanizatsiyalashtirish**

**Toshkent 2018**

***Ushbu o'quv qo'llanma TIQXMMI Ilmiy Kengashining 26.10. 2018 yilda  
bo'lib o'tgan 3 - sonli majlisida ko'rib chiqildi va chop etishga tavsiya etildi.***

Ushbu o'quv qo'llanmada gidravlikaning Hidrostatika bo'limining barcha mavzulari qamrab olingan bo'lib, mavzuga doir ma'ruzalar, amaliy mashg'ulotlar va laboratoriya mashg'ulotlari bayon etilgan va ularning gidravlik hisobi informatsion texnologiyalardan (EHMDan) foydalangan holda bajarish uslublari keltirilgan. Har bir mavzuda yangi masalalar va ularning yechimi bilan boyitilgan.

O'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan tasdiqlangan «Gidravlika» fani o'quv dasturi asosida yozilgan bo'lib, o'quv qo'llanma Gidravlika kursi rejalashtirilgan Ekologiya va atrof muhit muhofazasi va Suv xo'jaligini mexanizatsiyashtirish bakalavriatlari yo'nalishlari talabalari foydalanishlari uchun mo'ljallangan. O'quv qo'llanmada sohada erishilgan yangi fan yutuqlari ham o'z aksini topgan. O'quv qo'llanmadan soha mutaxassislari ham keng foydalanishlari mumkin.

---

Это руководство охватывает все темы гидростатического гидротехнического департамента, описывает лекции, семинары и лабораторные занятия по этому предмету и их гидравлические расчеты с использованием технологий информационной технологии (ЕЭК) приведен ниже. Каждый предмет обогащен новыми проблемами и решениями.

Учебная программа была написана на основе учебной программы «Гидравлика», утвержденной Министерством высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан. Учебная программа была подготовлена по курсу «Гидравлика». Экологическая и экологическая защита и механизации водного хозяйства (BSc). Учебная программа также отражает новые достижения в области науки. Специалисты в этой области могут также использовать учебное пособие.

---

This manual covers all topics of the hydrostatic hydrotechnical department, describes the lectures, seminars and laboratory classes on this subject and their hydraulic calculations using information technology (ECE) technologies below. Each item is enriched with new problems and solutions.

The curriculum was written on the basis of the curriculum "Hydraulics", approved by the Ministry of Higher and Secondary Special Education of the Republic of Uzbekistan. The curriculum was prepared for the course "Hydraulics". Ecological and environmental protection and mechanization of water management (BSc). The curriculum also reflects new advances in science. Specialists in this field can also use the tutorial.

### **T a q r i z c h i l a r :**

**X. Fayziyev**

- Toshkent arxitektura va qurilish instituti Zamin  
poydevorlari kafedrası professorı, t.f.d.

**D.V. Nazaraliyev**

- TIQXMMI «Gidrologiya va Hidrogeologiya»  
kafedra mudiri, t.f.n., dos.

**©. TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI  
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI (TIQXMMI), 2018 y.**

## KIRISH

Suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlarini o'rganuvchi hamda bu qonunlarni texnikaning har xil sohalariga tadbqiq etish bilan shug'ullanuvchi fan gidravlika deb ataladi.

Gidravlika fanini o'rganish jarayonida talabalarning nazariy bilimlari amaliy mashg'ulotlarda tadbqiq etishda bir muncha qiyinchiliklarga uchramoqda. Bizning nazarimizda, bunga sabab davlat tilida amaliy mashg'ulotlarni bajarishga mo'ljallangan adabiyotlarning yetishmasligidir.

Ushbu o'quv qo'llanmada ma'ruza, nazariy mashg'ulotlar va laboratoriya mashg'ulotlarida keltirib chiqarilgan asosiy qonuniyatlarning keng doirada bayoni berilib, ulardan amaliyotda qanday foydalanish kerakligini bir necha misol va masalalar yechimida ko'rsatilgan.

O'quv qo'llanmada talabalarga o'qitilayotgan fanni ma'ruza amaliy mashg'ulotlar va laboratoriya mashg'ulotlarini birgalikda ko'rsatishga harakat qilindi.

O'quv qo'llanmada gidravlika fanini o'qitish dasturi asosida yozilgan bo'lib, gidrostatika bo'limini o'z ichiga oladi. O'quv qo'llanmada keltirilgan masalalarning har biri o'tiladigan mavzuga mos ravishda yechimi berilgan.

## I BOB. SUYUQLIKLARNING ASOSIY FIZIK XOSSALARI

### 1.1. Suyuqlik to'g'risida asosiy tushunchalar

Juda kichik miqdordagi kuchlar ta'sirida o'z shaklini o'zgartiruvchi, lekin siqilishga qattiq qarshilik ko'rsatuvchi fizik jismlar suyuqliklar deb ataladi. Ular qattiq jismlardan o'z zarrachalarining juda harakatchanligi bilan ajralib turadi va oquvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi. Shuning uchun ular qaysi idishga quyilsa, o'shaning shaklini oladi.

Gidravlikada suyuqliklar ikki gruppaga: tomchilanuvchi suyuqliklarga va gazsimon suyuqliklarga ajraladi. Suyuqlik deganda tomchilanuvchi suyuqlikni tuchunishga odatlanilgan bo'lib, ular suv, spirt, neft, simob, turli moylar va tabiatda hamda texnikada uchrab turuvchi boshqa har xil suyuqliklardir.

Tomchilanuvchi suyuqliklar bir qancha xususiyatlarga ega:

- 1) hajmi bosim ta'sirida juda kam o'zgaradi va siqilishga qarshiligi juda katta;
- 2) harorat o'zgarishi bilan hajmi oz miqdorda o'zgaradi; .
- 3) cho'zuvchi kuchlarga deyarli qarshilik ko'rsatmaydi;
- 4) sirtida molekulalararo o'zaro qovushqoqlik kuchi yuzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi.

Tomchilanuvchi suyuqliklarning boshqa xususiyatlari to'g'risida keyinchalik yana to'xtalib o'tamiz.

Gazlar tomchilanuvchi suyuqliklardagiga nisbatan ham tezroq harakatlanuvchi zarrachalardan tashkil topgan bo'lib, ular bosim va temperatura ta'sirida o'z hajmini tez o'zgartiradi. Ularda cho'zuvchi kuchga qarshilik va qovushqoqlik kuchi tomchilanuvchi suyuqliklarga nisbatan juda ham kam. Gazlar bilan gaz dinamikasi, termodinamika va aerodinamika fanlari shug'ullanadi.

Gidravlika kursi asosan tomchilanuvchi suyuqliklar bilan shug'ullanadi. Shuning uchun uni bundan buyon to'g'ridan-to'g'ri suyuqlik deb atayveramiz.

Suyuqliklar tutash jismlar qatoriga kiradi va muvozanat hamda harakat hollarida doimo qattiq jismlar (suyuqlik solingan idish tubi va devorlari, quvur va kanallarning devorlari va boshqalar) bilan chegaralangan bo'ladi. Suyuqliklar gazlar (havo) bilan ham ma'lum chegara bo'yicha ajralishi mumkin. Bu chegara erkin sirt deb ataladi.

Suyuqliklar siljituvchi kuchlarga sezilarli darajada qarshilik ko'rsatadi va bu qarshilik ichki kuchlar sifatida namoyon bo'ladi. Ularni aniqlash suyuqliklar harakatini tekshirishda muhim ahamiyatga egadir.

## 1.2. Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar

Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar qo'yilish usuliga qarab ichki va tashqi kuchlarga ajraladi:

*ichki kuchlar* - suyuqlik zarrachalarining o'zaro ta'siri natijasida vujudga keladi;

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

Ichki kuchlar siljituvchi kuchlarga qarshilik sifatida namoyon bo'ladi va *ichki ishqalanish* kuchi deyiladi. Tashqi kuchlarni yuza bo'yicha va hajm bo'yicha ta'sir qiluvchi kuchlar sifatida ko'rish mumkin. Shuning uchun suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar yuza bo'yicha yoki hajm bo'yicha ta'sir qilinishiga qarab yuzaki va massa kuchlarga bo'linadi.

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

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

## 1.3. Suyuqliklarning fizik xossalari

**1. Zichlik.** Suyuqlikning hajm birligiga to'g'ri kelgan tinch holatdagi massasi uning zichligi deb ataladi. Bu ta'rifga asosan

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1.5)$$

bunda  $M$  - suyuqlikning massasi (birligi  $\frac{Ns^2}{m}$ ).

Zichlikning o'lchov birligi quyidagicha aniqlanadi:

$$|\rho| = \frac{M}{L^3} = \frac{Ns^2}{m^4}.$$

Ba'zan nisbiy zichlik tushunchasi kiritiladi. Suyuqlik zichligining suvning 4°C issiqlikdagi zichligiga nisbati uning nisbiy zichligi bo'ladi. (1.5) va (1.1) lardan ko'rinib turibdiki, zichlik bilan solishtirma og'irlik o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad (1.6)$$

u holda nisbiy zichlik va nisbiy solishtirma og'irliklar o'zaro quyidagicha bog'lanadi:

$$\rho_{\text{nisb}} = \frac{M_{\text{suyuq}}}{M_{\text{suvi}}} = \frac{G_{\text{suyuq}}}{G_{\text{suvi}}} = \gamma_{\text{nisb}}. \quad (1.7)$$

Zichlik temperaturaga bog'liq bo'lib, odatda, temperatura ortishi bilan kamayadi. Bu o'zgarish neft mahsulotlari uchun quyidagi munosabat orqali ifodalanadi:

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta_t(t - 20)} \quad (1.8)$$

bunda  $t$  - temperatura (birligi  $^{\circ}\text{C}$ ),  $\beta_t$  - hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti;  $\rho_{20}$  - suyuqlikning  $20^{\circ}\text{C}$  dagi zichligi.

Suvning zichligi bu qonundan mustasno bo'lib, uning zichligi eng katta qiymatga  $4^{\circ}\text{C}$  (aniqrog'i  $3,98^{\circ}\text{C}$ ) da ega bo'ladi. Uning issiqligi bundan oshsa ham, kamaysa ham zichligi kamayib boradi.

**2. Solishtirma og'irlik.** Suyuqlikning hajm birligidagi og'irligi uning solishtirma og'irligi deb ataladi va grekcha  $\gamma$  harfi bilan belgilanadi. Yuqorida aytilgan ta'rifga asosan

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

bu yerda  $V$  - suyuqlik hajmi (birligi  $\text{m}^3$ ),  $G$  - og'irligi (birligi  $\text{N}$ ). Solishtirma og'irlikning o'lchov birligi SI sistemasida

$$|\gamma| = \frac{|G|}{|V|} = \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

texnik sistemada esa  $\frac{\text{kgk}}{\text{m}^3}$  - bo'lib, ular o'zaro quyidagicha begilangan:

$$1 \frac{\text{kgk}}{\text{m}^3} = 9,80665 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

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

Solishtirma og'irlik bosimga va temperaturaga bog'liq bo'lib, ular o'rtasidagi munosabat ideal gazlar uchun quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\frac{p}{\gamma} = RT \quad (1.2)$$

bu yerda  $p$  - bosim ( $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ ),  $T$  - absolyut temperatura,  $R$  - gaz doimiysi

$$(R_{\text{havo}} = 287 \frac{\text{J}}{\text{kg grad}}, R_{\text{neftan}} = 518 \frac{\text{J}}{\text{kg grad}}),$$

Suyuqlik solishtirma og'irligining 4°C dagi suvning solishtirma og'irligiga nisbati uning nisbiy solishtirma og'irligi bo'ladi.

**3. Suyuqliklarning temperaturadan kengayishi.** Yuqorida aytib o'tilganidek, zichlik issiqlik o'zgarishi bilan o'zgarib boradi. Bu esa o'z-o'zidan issiqlik o'zgarishi bilan hajmning o'zgarishini ko'rsatadi. Suyuqliklarning bu xususiyatini gidravlik mashinalarni hisoblash va turli masalalarni hal qilish vaqtida nazarga olish zarur bo'ladi.

Suyuqlikning issiqlikdan kengayishini kolbaga solingan suyuqlikning qizdirilganda hajmi ko'payishi, suyuqlik to'ldirilib germetik yopib qo'yilgan boshqa va sistemalarning quyosh nurida qolganda yorilib ketishi, to'ldirilgan idishdagi suyuqlikning sirtidan oqib tushishi kabi hodisalarda juda ko'p uchratish mumkin.

Suyuqliklarning bu xususiyatidan foydalanib suyuqlik termometrlari va boshqa turli sezgir o'lchov asboblari yaratiladi. Suyuqliklarning isitilganda kengayishini ifodalash uchun hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti degan tushuncha kiritilib, u  $\beta$ , bilan belgilangan.

**1.1-jadval.** Suvning hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti  $\beta$ , 1/grad

| Bosim, MN/m <sup>2</sup> | T °C     |          |          |          |          |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | 1-10     | 10-20    | 40-50    | 60-70    | 90-100   |
| 0,1                      | 0,000014 | 0,000150 | 0,000422 | 0,000556 | 0,000719 |
| 9,8                      | 0,000043 | 0,000165 | 0,000422 | 0,000548 | 0,000714 |
| 19,6                     | 0,000072 | 0,000183 | 0,000426 | 0,000539 | 0,000561 |
| 49,0                     | 0,000149 | 0,000236 | 0,000429 | 0,000523 | 0,000621 |
| 88,3                     | 0,000229 | 0,000294 | 0,000437 | 0,000514 |          |

Birlik hajmdagi suyuqlikning temperaturasi 1°C ga oshirilganda kengaygan miqdori uning *hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti* deyiladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\beta_t = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad (1.9)$$

bunda  $\Delta V = V - V_c$  – qizdirilgandan keyingi va boshlang'ich hajmlar farqi;  $\Delta t = t - t_0$  – temperaturalar farqi;

$$[\beta_t] = \frac{1}{grad};$$

$\beta_t$  juda kichik miqdor bo'lib, u suv uchun  $\beta_t = 210^{-4} \frac{1}{grad}$ , mineral moylar uchun

$\beta_t = 710^{-4}$  1/grad; simob uchun  $\beta_t = 18 \cdot 10^{-5}$  1/grad.



**4. Suyuqliklarning siqilishi.** Gidravlik hisoblash ishlarida suyuqliklarni siqilmaydi deb hisoblash kerak, deb aytib o'tgan edik (bu yerda tomchilanuvchi suyuqlik nazarda tutiladi).

Lekin texnikada va tabiatda ba'zi hollarda bosim juda katta bo'ladi. Bunda agar suyuqlikning umumiy hajmi ham katta bo'lsa, hajm o'zgarishi sezilarli miqdorda bo'ladi va uni hisobga olish kerak.

Suyuqliklarning siqilishini hisobga olish uchun *hajmiy siqilish koeffitsiyenti* degan tushuncha kiritiladi va u  $\beta_p$  bilan belgilanadi (ba'zida  $\beta_v$  bilan ham belgilanadi). Birlik hajmdagi suyuqlikning bosimini bir birlikka oshirganda kamaygan miqdori hajmiy siqilish koeffitsiyenti deyiladi va u quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\beta_p = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (1.10)$$

bunda  $\Delta p = p - p_0$  - o'zgargan va boshlang'ich bosimlar farqi;  $\beta_p$  ham  $\beta_v$  kabi juda kichik miqdor bo'lib, suv uchun  $\beta_p = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{MN}$  (MN - meganyuton =  $10^6 \text{ N} \approx 10 \text{ at}$ ), mineral moylar uchun  $\beta_p = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{MN}$ ; shuning uchun ham ko'p hollarda siqilishni hisobga olinmaydi.

**1.2-jadval.** Suvning hajmiy siqilish koeffitsiyenti  $\beta_p \cdot 10^4 \text{ m}^2/\text{N}$

| t, °C | Bosim, MN/m <sup>2</sup> |            |            |            |            |
|-------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
|       | 0,5                      | 1,0        | 2,0        | 3,9        | 7,9        |
| 0     | 0,00000540               | 0,00000537 | 0,00000531 | 0,00000523 | 0,00000515 |
| 5     | 0,00000529               | 0,00000523 | 0,00000518 | 0,00000508 | 0,00000493 |
| 10    | 0,00000523               | 0,00000518 | 0,00000508 | 0,00000498 | 0,00000481 |
| 15    | 0,00000518               | 0,00000510 | 0,00000503 | 0,00000488 | 0,00000470 |
| 20    | 0,00000515               | 0,00000505 | 0,00000495 | 0,00000481 | 0,00000460 |

**5. Solishtirma hajm.** Suyuqlikning og'irlik birligidagi miqdorining hajmi solishtirma hajm deyiladi va hajmni og'irlikka bo'lish yo'li bilan aniqlanadi:

$$\nu = \frac{V}{G} \quad (1.3)$$

(1.1) va (1.3) formulalardan ko'rinib turibdiki:

$$\gamma \nu = 1 \text{ yoki } \nu = \frac{1}{\gamma}$$

Solishtirma hajmning o'lchov birligi SI sistemasida:

$$|\nu| = \frac{|V|}{|G|} = \frac{\text{m}^3}{\text{N}}$$

Solishtirma hajm ham solishtirma og'irlik kabi bosim va temperaturaga bog'liq bo'lib, u (1.2) ning boshqa ko'rinishi

$$p\nu = RT \quad (1.4)$$

orqali ifodalanadi.

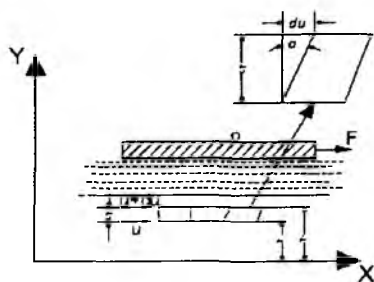
#### 1.4. Suyuqliklardagi ishqalanish uchun Nyuton qonuni. Qovushqoqlik

**Qovushqoqlik** hodisasi suyuqliklarning harakati vaqtida yuzaga keladi va harakatlanayotgan zarracha harakatiga qarshilik sifatida namoyon bo'ladi. Bu qarshilikni yengish uchun ma'lum miqdorda kuch sarflash kerak bo'lib, qovushqoqlik qancha kuchli bo'lsa, sarflash kerak bo'lgan kuch ham shuncha ko'p bo'ladi. Qovushqoqlik darajasini ikki xil, dinamik va kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentlari bilan ifodalanadi.

**Dinamik qovushqoqligi.** Suyuqlikni katta yuzaga ega bo'lgan idishga solib, uning yuziga biror plastinka qo'ysak va bu plastinkani ma'lum bir kuch bilan torta boshlasak, suyuqlik zarrachalari plastinka sirtiga yopishishi natijasida harakatga keladi (1.1 -rasm). Agar plastinkaning qo'yilgan  $F$  kuch ta'sirida olgan tezligi  $u$  bo'lsa, unga yopishib turgan zarrachalar ham  $u$  tezlikka ega bo'ladi. Idishning pastki devori harakatga kelmagani sababli uning sirtidagi zarrachalar harakat qilmaydi. Shunday qilib, suyuqlikning qalinligi bo'yicha xayolan bir qancha yupqa qatlamlar bor deb faraz qilsak, har bir qatlamda zarrachalar tezligi har xil bo'lib, u plastinkadan pastki devorga tomon kamayib boradi. Harakat ixtiyoriy qatlamga, uning ustida joylashgan boshqa qatlam zarrachalari orqali beriladi. Bu harakat suyuqlik qatlamlarining deformatsiyalanishiga olib keladi. Agar suyuqlik ichida pastki sirti idishning harakatsiz devoridan  $y_1$  masofada, ustki sirti esa  $y_2$  masofada bo'lgan qatlamni ko'z oldimizga keltirsak, yuqorida aytilgan sabablarga asosan uning pastki sirtida tezlik  $u_1$  yuqorigi sirtida esa  $u_2$  bo'ladi. Shunday qilib, olingan qatlamning qalinligi  $\Delta y = y_2 - y_1$  bo'yicha suyuqlik tezligi  $(u_2 - u_1) = \Delta u$  miqdorga o'zgaradi, ya'ni qatlamning yuqorigi sirti pastki sirtiga nisbatan siljib qoladi va qatlam 1.1- rasmda ko'rsatilgandek deformatsiyalanadi. Siljish burchagini  $\alpha$  deb belgilasak, siljish kattaligi  $\tan \alpha = \frac{\Delta u}{\Delta y}$  bo'ladi. Qatlam qalinligini cheksiz kichraytirib

differentsial belgilashga o'tsak, u holda yuqoridagi nisbat tezlik gradiyenti  $\left(\frac{du}{dy}\right)$  ni

beradi. Agar suyuqlik sirtidagi plastinkaga qancha ko'p kuch qo'ysak, siljish shuncha ko'p bo'ladi. Bu narsa qo'yilgan kuch bilan tezlik gradiyenti orasida qandaydir bog'lanish mavjudligini ko'rsatadi.



1.1- rasm. Qovushqoqlik tushunchasiga doir chizma

Shunday qilib, suyuqliklardagi ichki ishqalanish kuchi tezlik gradiyentiga bogʻliq ekanligini tushunish mumkin.

1686 y. I. Nyuton ana shu bogʻlanishni chiziqli bogʻlanishdan iborat degan gipotezani oldinga surdi. Bu gipotezaga asosan suyuqlikning ikki harakatlanuvchi qatlamlari orasidagi ishqalanish kuchi  $F$  qatlamlarning tegib turgan sirti ( $S$ ) ga va tezlik gradiyentiga toʻgʻri proporsional, ya'ni:

$$F = \pm \mu S \frac{du}{dy} \quad (1.11)$$

*Proportsionallik koeffitsiyenti*  $\mu$  Qovushqoqlik dinamik koeffitsiyenti deb qabul qilingan. Nyuton gipotezasi keyinchalik N. P. Petrov tomonidan nazariy asoslab berildi. Albatta, hisoblash ishlarini osonlashtirish uchun ishqalanish kuchining birlik yuzaga toʻgʻri kelgan miqdori yoki gidravlikada urinma zoʻriqish (ishqalanish kuchidan zoʻriqish) deb atalgan miqdorga oʻtish zarur boʻladi. Bu miqdorni grekcha  $\tau$  harfi bilan belgilanadi:

$$\tau = \frac{F}{S} = \pm \mu \frac{du}{dy} \quad (1.12)$$

bu yerda musbat va manfiy ishora tezlik gradiyentining yoʻnalishiga qarab tanlab olinadi.

Prof. K.Sh. Latipovning ishlarida urinma zoʻriqish ikki tashkil etuvchining yigʻindisidan iborat deb qarash zarurligi koʻrsatildi:

$$l_p = \mu \frac{du}{dy} - \int \lambda_p (1 - \varphi_2) u dy + B \quad (1.12a)$$

bu yerda  $\lambda_p = (1 - \varphi_2)$  – bir qavatdan ikkinchi qavatga molekulalarning oʻtishini bil-  
diruvchi koeffitsiyentdir.

(1.12) formuladan koʻrinadiki, ishqalanish kuchidan zoʻriqish tezlik gradiyentiga (yoki umumiyroq qilib aytganda tezlikning normal boʻyicha hosilasi) ga toʻgʻri proporsionaldir.

Qovushqoqlik koeffitsiyentining birligi SI da quyidagicha:

$$[\mu] = \left[ \frac{\tau}{du} \right] = \frac{N \cdot s}{m^2}$$

SGS sistemasida esa  $\frac{\text{dina} \cdot s}{m^2}$  bilan o'lanadi. Bu birlik Puaz (PZ) deb ham ataladi.

Koeffitsiyent juda kichik bo'lganda santipuaz (spz) va millipuaz (mpz) larda ham o'lanishi mumkin.

**Kinematik Qovushqoqlik koeffitsiyent.** Gidravlikadagi ko'pgina hisoblash ishlarida  $\mu$  ning  $\rho$  ga nisbati bilan ifodalanuvchi va kinematik Qovushqoqlik koeffitsiyenti deb ataluvchi miqdordan foydalanish qulaydir. Bu miqdor grekcha  $\nu$  harfi bilan belgilanadi:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.13)$$

$\nu$  ning SI dagi birligi  $\frac{m^2}{s}$ , SGS sistemasida  $\frac{sm^2}{s}$  yoki stoks (st) bilan ifodalanadi.

Mahsus adabiyotlarda va texnik adabiyotda uning kichik o'lchovlari ham (santistoks - sst) uchraydi.  $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ st} = 10^6 \text{ sst}$ .

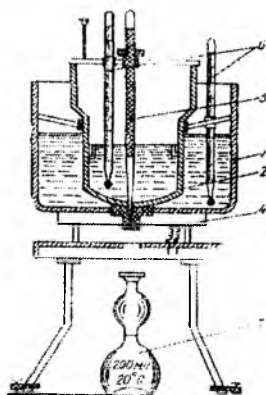
Qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlash uchun viskozimetr deb ataluvchi asbob qo'llaniladi. Suvga nisbatan yopishqoqligi katta bo'lgan suyuqliklar uchun Engler viskozimetri qo'llaniladi (1.2-rasm). U birining ichiga ikkinchisi joylashgan 1, 2 ikki idishdan iborat bo'lib, ular orasidagi bo'shliq, suv bilan, to'ldiriladi. Ichki idish 2 ning sferik tubiga diametri 3 mm li naycha kavsharlangan, u tiqin 5 bilan berkitilgan bo'ladi.

Ichki idishga tekshirilayotgan suyuqlik quyilib, uning temperaturasi ikki idish oralig'idagi suvni qizdirish yo'li bilan zarur bo'lgan temperaturagacha yetkaziladi. Tekshirilayotgan suyuqlik temperaturasi termometr 6 yordamida o'lchab turiladi. Suyuqlik zarur temperatura t' gacha qizigandan so'ng tiqin ochiladi va sekundomer yordamida 200 sm<sup>3</sup> suyuqlik 3 oqib chiqqan vaqt belgilanadi. Xuddi shunday tajriba  $t = 20^\circ\text{C}$  da distillangan suv bilan ham o'tkaziladi. Tekshirilayotgan suyuqlikning  $t = 20^\circ\text{C}$  dan oqib chiqqan vaqtlarining nisbati Qovushqoqlikning shartli graduslari yoki Engler graduslarini bildiradi:

$$^0E = \frac{T_{\text{suyuqlik}}}{T_{\text{suv } t=20^\circ\text{C}}}$$

Engler gradusidan m<sup>2</sup>/s ga o'tish uchun Ubbelode formulasi qo'llaniladi:

$$\nu = \left( 0,0731 ^0E - \frac{0,0631}{^0E} \right) 10^{-4} \quad (1.14)$$



1.2-rasm. Engler viskozimetri.

Qovushqoqlikni aniqlash uchun kapillyar viskozimetr, rotatsion viskozimetr, stoks viskozimetri va boshqa turli viskozimetrlar ham qo'llaniladi.

Qovushqoqlik suyuqliklarning turiga, temperaturasiga va bosimiga bog'liq. Jadvallarda har xil suyuqliklarning qovushqoqlik miqdori keltirilgan. Temperatura ortishi bilan tomchilanuvchi suyuqliklarning qovushqoqligi kamayadi, gazlarning qovushqoqligi ortadi. Suyuqliklar qovushqoqligining temperaturaga bog'liqligini umumiy tenglama bilan ifodalab bo'lmaydi.

Har xil hisoblash ishlari bajarilganda, ko'pincha, quyidagi formulalardan foydalaniladi.

$$\text{Havo uchun } \nu_t = (0,132 + 0,000918 t + 0,00000066 t^2) \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \quad (1.15)$$

$$\text{Suv uchun } \nu_t = \frac{0,0177}{1 + 0,0337t + 0,000221t^2} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \quad (1.16)$$

Gidroyuritmalarda qo'llanuvchi turli mineral moylar uchun temperatura 30°C dan 150°C gacha (°E 10 gacha) bo'lganda

$$\nu_t = \nu_{50} \left( \frac{50}{t} \right)^n \quad (1.17)$$

Bu yerda  $\nu_t, \nu_{50}$  – tegishli temperaturada va 50°C da kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti;  $t$  – temperatura, °C da;  $n$  – daraja ko'rsatkichi; uning miqdori quyidagi jadvalda  $^{\circ}E_{50}$  ning turli miqdorlari uchun keltirilgan:

1.3- j a d v a l

| $^{\circ}E_{50}$ | 1,2  | 1,5  | 1,8  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $n$              | 1,39 | 1,59 | 1,72 | 1,79 | 1,99 | 2,13 | 2,24 | 2,32 | 2,42 | 2,49 | 2,52 | 2,56 |

Turli suyuqliklarning qovushoqligi boshlang'ich qovushqoqlik va temperaturasiga qarab turlicha o'zgaradi. Ko'pchilik suyuqliklarning qovushoqligi bosim ko'tarilishi bilan ortadi. Mineral moylarning qovushoqligi bosimning 0-50 MN/m<sup>2</sup> chegarasida taxminan chiziqli o'zgaradi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\nu_p = \nu_0 (1 + k_p p), \quad (1.18)$$

bu yerda  $\nu_p$  va  $\nu_0$  – tegishli bosimda va atmosfera bosimida kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti,  $p$  – qovushqoqlik o'lgangan bosim, MN/m<sup>2</sup>;  $k_p$  – eksperimental koeffitsiyent, uning miqdori gidroyuritmalarini hisoblashda yuqorida aytilgan chegarada 0,03 ga teng deb qabul qilinadi.

### 1.5. Sirt tarangligi (kapillyarlik)

Suyuqlik sirtidagi molekullarning o'zaro tortishish kuchi ma'lum bir kuchlanish holatini vujudga keltiradi. Bu hodisa *sirt tarangligi* deb ataladi va kapillyar idishlarda egri mensk vujudga keltiradi. Sirt egriligi botiq, yoki qavariq shaklda bo'ladi, bu shakl esa idish devori bilan suyuqlik molekullari orasidagi o'zaro ta'sir kuchiga bog'liq.

Sirt taranglik kuchi Laplas formulasi bilan ifodalanadi:

$$P = \sigma \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right), \quad (1.19)$$

bu yerda  $\sigma$  – sirt taranglik koeffitsiyenti;  $r_1, r_2$  – bosh egrilik radiuslari.

O'xshash kapillyar idishlar uchun:

$$P = \frac{2\sigma}{r} \quad (1.20)$$

Suyuqliklar sirtining (ko'tarilish va pasayish) balandligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$h = \frac{k}{d}, \text{ mm} \quad (1.21)$$

bu yerda  $d$  – idish diametri;  $k$  – o'zgarmas kattalik bo'lib, suv uchun +30, spirt uchun +10, simob uchun -10.

#### 1.4- j a d v a l. Ba'zi suyuqliklari uchun sirt taranglik koeffitsiyenti

| Suyuqliklarning nomi | $\sigma, \frac{N}{m}$ |
|----------------------|-----------------------|
| Suv                  | 0,073                 |
| Spirt                | 0,0225                |
| Benzin               | 0,029                 |
| Glitserin            | 0,065                 |
| Simob                | 0,490                 |

Sirt taranglik kuchi aniq o'lov asboblarning kapillyar naychalarini, filtratsiyani hisoblash masalalarida va boshqa gidravlik hisoblashlarda kerak bo'ladi. Ko'pchilik gidravlik masalalarda esa uning qiymati juda kichik bo'lgani uchun hisobga olinmaydi.

### **1.6. Suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi**

Suyuqlikning berilgan temperaturada erkin bug'lanishi va uning bug'lari yopiq idishdagi bo'shliqni to'yinish holatigacha to'ldirish uchun kerak bo'lgan bosim suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi deb ataladi.

Shunga asosan suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi bug'ning yopiq idish ichida suyuqlik bilan muvozanatlashgan holatiga tegishli barqarorlashgan bosimdir. Bu bosim suyuqliklardan yuqori temperaturada foydalanish mumkinligini va ularning turli gidravlik qurilmalar, gidrosistemalardagi kavitatsiya xossasini aniqlash uchun foydalaniladi. Suyuqliklarning bug'lanishi sirt bo'yicha ham, uning butun hajmi bo'yicha bug' pufakchalari hosil bo'lishi (qaynashi) yo'li bilan ham yuz berishi mumkin. Bunda ikkinchi hol, xohlagan temperaturada yuz beradigan sirt bo'yicha bug'lanishdan farqli ravishda, faqat ma'lum temperaturada, ya'ni to'yingan bug' bosimi suyuqlik sirtidagi bosimga teng bo'ladigan temperaturada yuz beradi. Bosim ortishi bilan qaynash temperaturasi ortadi, kamayishi bilan esa kamayadi.

Bir jinsli suyuqliklarda to'yingan bug' bosimi har bir temperatura uchun bir xil miqdorga ega bo'ladi, suyuqlik va bug'ning miqdoriy nisbatiga bog'liq bo'lmaydi.

Suyuqlik aralashmalarida esa suyuqlik tarkibidagi turli molekullarning o'zaro ta'siri bug'lanishni qiyinlashtiradi. Bu holda aralashma bug'larida yengil bug'lanuvchi suyuqlik bug'larining nisbati, uning ayrim holatidagi bug'lariga qaraganda ko'proq bo'ladi. Bu holda umumiy bug' bosimi partial bug' bosimlar yig'indisiga teng.

Shunday qilib, aralashmalar bug'langanda suyuq fazada yengil komponent kamayib boradi, ya'ni yengil komponent suyuq fazadagiga nisbatan bug' fazada ko'proq nisbatda bo'ladi.

### **1.7. Gazlarning suyuqlikda erishi. Kavitatsiya hodisasi haqida tushuncha**

Tabiatda va texnikada suyuqlik unda havoning tarkibidagi gazlar oz miqdorda erigan holda uchraydi. Bosim ortishi yoki temperatura kamayishi bilan erigan gazlar miqdori ortadi va aksincha, bosim kamayganda yoki temperatura ortganda ularning miqdori kamayadi. Shuning uchun bosim kamayishi yoki

temperatura ortishi bilan suyuqlikdagi erigan gazlarning bir qismi ajralib chiqib, pufakchalar hosil qiladi, ya'ni yuqorida aytilganga ko'ra bosim kamayganda suv ham bug'lanadi lekin yengil komponent sifatida erigan gazlar tezroq ajralib chiqib, pufakchalar hosil qiladi. Boshqacha aytganda - bu holat suyuqlikdagi bosimning undagi gazning to'yingan bug'lari bosimiga teng bo'lganida vujudga keladi. Gaz pufakchalari paydo bo'lishi bilan suyuqlikning tutashligi buziladi va tutash muhitlarga taalluqli qonunlar o'z kuchini yo'qotadi. Bu hodisa kavitatsiya deyiladi. Pufakchalar suyuqlik ichida past temperaturali yoki yuqori bosimli sohalar tomonga qarab harakat qiladi. Agar u yetarli darajadagi bosimga ega bo'lgan sohaga kelib qolsa, yana erib ketadi (agar bug' bo'lsa, kondensatsiyalanadi). Erigan gaz o'rinda paydo bo'lgan bo'shliqqa suyuqlik zarrachalari intiladi va bo'shliq keskin yopiladi. Bu esa hozirgina bo'shliq bo'lgan yerda gidravlik zarbani vujudga keltiradi va natijada bu yerda bosim keskin ortib, temperatura keskin kamayadi.

Bunday gidravlik zarba va uni vujudga keltirgan kavitatsiya hodisasi quvur devorlari va mashinalarning suyuqlik harakat qiluvchi qismlarining buzilishiga olib keladi (kavitatsiyaga qarshi kurash usullari to'g'risida keyinchalik to'xtalamiz).

### **1.8. Ideal suyuqlik modeli**

Suyuqliklarning harakati tekshirilganda, odatda, hamma kuchlarni hisobga olib bo'lmagani uchun, ularning suyuqlik muvozanati yoki harakati holatiga ta'siri katta bo'lganlarini saqlab qolib, ta'siri kichiklarini tashlab yuboramiz. Shu usul bilan suyuqliklar uchun ideal va real suyuqliklar modeli tuziladi. Hozirgi vaqtda suyuqlik harakatini ifodalovchi umumiy tenglamalar juda murakkab bo'lib, uni yechishni osonlashtirish uchun yuqorida aytilgandek soddalashtirishlar kiritiladi. Bunday soddalashtirishlar esa suyuqliklarning fizik xossalariga chegara qo'yadi va bu suyuqliklar ideal suyuqliklar deyiladi. Ideal suyuqliklar absolyut siqilmaydigan, issiqlikdan hajmi o'zgarmaydigan, cho'zuvchi va siljituvchi kuchlarga qarshilik ko'rsatmaydigan abstrakt tushunchadagi suyuqliklardir.

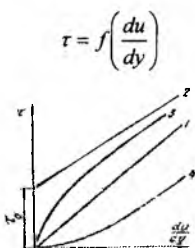
Real suyuqliklarda esa yuqorida aytilgan xossalar mavjud bo'lib, odatda siqilishi, issiqlikdan kengayishi va hajm o'zgarishi juda kichik miqdorga ega. Shuning uchun bu soddalashtirishlar hisoblashda unchalik ko'p xato bermaydi. Ideal suyuqliklarning real suyuqliklardan katta farq qilishiga olib keladigan asosiy sabab, bu – siljituvchi kuchga qarshilik ko'rsatish xossasi, ya'ni ichki ishqalanish kuchi bo'lib, uning bu xususiyatini qovushqoqlik degan tushuncha orqali ifodalaniladi. Shunga asosan ideal suyuqliklarni noqovushoq (nevyazkiy), real suyuqliklarni esa qovushoq suyuqlik deyiladi.



### 1.9. Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar

Yuqorida aytilganidek, suyuqliklarga ta'sir qiluvchi qovushqoqlik zo'riqish kuchi tezlik gradiyentiga bog'liq bo'lib, Nyuton qonuni (1.14) bo'yicha bu bog'lanish chiziqli bo'ladi. Shuning uchun agar abstsissa o'qiga  $\frac{du}{dy}$  ni, ordinata o'qiga  $\tau$  ni qo'yib grafik chizsak, u holda bu grafikni ifodalovchi 1.4-rasmdagi 1 - chiziq (1.12) formulani ifodalaydi. Bu grafik bilan ifodalanuvchi, ya'ni Nyuton qonuniga bo'ysunuvchi suyuqliklar Nyuton suyuqliklari deyiladi.

Hozir suyuqliklarning xossalarini chuqurroq o'rganish va texnikada ishlatiladigan suyuqliklar turining ko'payishi natijasida Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan ko'pgina suyuqliklar mavjud ekanligi aniqlandi. Bunday suyuqliklarda qovushqoqlik zo'riqish kuchi  $\tau$  umumiy holda tezlik gradiyenti  $\frac{du}{dy}$  ning funktsiyasi sifatida qaraladi:



1.3- rasm. Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklarga doir chizma.

Ular Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar deb ataladi. Bu suyuqliklar quyidagi guruhlariga ajratiladi.

**1. Bingham suyuqliklari (plastik yopishqoq suyuqliklar).** Bu suyuqliklar kichik zo'riqishlarda ozgina deformatsiyalanib, zo'riqish yo'qolsa, yana avvalgi holiga qaytadi. Zo'riqish kuchi  $\tau$  biror  $\tau_0$  qiymatdan oshsa, harakat boshlanadi. Bingham suyuqliklari xuddi Nyuton suyuqliklari kabi harakatlanadi. Bu suyuqliklar uchun Nyuton qonuni o'rnida quyidagi qonun qo'llaniladi.

$$\tau = \tau_p + \eta \frac{du}{dy} \quad (1.22)$$

bu yerda  $\eta$  – struktura yopishqoqligi deb ataladi.

(1.22) formula bilan ifodalanuvchi qonun 1.3-rasmdagi 2-chiziqqa ega bo'ladi.

Quyuq suspenziyalar, pastalar, shlam va boshqalar plastik yopishqoq suyuqliklarga kiradi.

**2. Soxta plastik suyuqliklar.** Bular Nyuton suyuqliklari kabi zo'riqishning eng kichik qiymatlarida ham harakatga keladi. Lekin u tezlik gradiyenti ortishi bilan kamayib borib, sekin-asta o'zgarmas qiymatga intiladi (1.3-rasmda, 3-chiziq).

Uning grafigi logarifmik masshtabda to'g'ri chiziqqa yaqin bo'lganligi uchun ko'rsatkichli funktsiya ko'rinishida ifodalanadi:

$$\tau = k \left( \frac{du}{dy} \right)^m \quad (1.23)$$

bu yerda  $k, m$  – tajribadan aniqlanuvchi o'zgarmas miqdorlardir (o'zgarmas  $m$ , odatda, 0 bilan 1 orasidagi qiymatlarni qabul qiladi). Bu suyuqliklarga siljituvchi zo'riqishning tezlik gradiyentiga nisbati  $\mu_k$  o'xshash yopishqoqlik deb ataladi.

**3. Dilatant suyuqliklar** soxta plastik suyuqliklarga o'xshash bo'lib, ulardan tezlik gradiyenti ortganida  $\mu_k$  o'sib borishi bilan farqlanadi (1.3-rasm, 4-chiziq), siljituvchi zo'riqish (1.23) formula bilan ifodalanadi. Dilatant suyuqliklarning soxta plastik suyuqliklardan farqi shundaki, ularda  $m$  doimo 1 dan katta bo'ladi. Dilatant suyuqliklar bingam va soxta plastik suyuqliklarga nisbatan kam uchraydi.

Bundan tashqari,  $\tau$  va  $\frac{du}{dy}$  o'rtasidagi bog'lanish vaqtga bog'liq bo'lgan

suyuqliklar ham tabiatda uchray turadi. Ularning yopishqoqlik koeffitsiyenti zo'riqishning qancha vaqt ta'sir qilganiga qarab o'zgarib boradi. Bunday suyuqliklarga ko'pgina bo'yoqlar, sut mahsulotlarining ko'p turlari, turli smolalar misol bo'ladi. Ular tiksotrop suyuqliklar, reopektant suyuqliklar va maksvell suyuqliklari deb ataluvchi guruhlariga bo'linadi. Bu suyuqliklarning yana bir xususiyatlari shundan iboratki, ularning ba'zi turlari (maksvell suyuqliklari) qo'yilgan zo'riqish kuchi olinishi bilan avvalgi holatiga qisman qaytadi (ya'ni hozirgi zamon fanining tili bilan aytganda xotirlash xususiyatiga ega bo'ladi).

### I bob bo'yicha nazorat savollari

1. Ichki ishqalanish kuchi deb qanday kuchga aytiladi?
2. Sirt taranglik kuchi qanday formula bilan ifodalanadi?
3. Ideal suyuqliklarning real suyuqliklardan katta farq qilishiga olib keluvchi sabab?
4. Suyuqliklardagi ishqalanish uchun Nyuton qonuni. Qovushqoqlik.
5. Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar.
6. Suv nima?

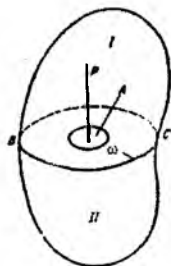
## II BOB. GIDROSTATIKA

Gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini o'rganib, ularni texnikaga tadbqiq qilish bilan shug'illanuvchi bo'limi gidrostatika deb yuritiladi. Bu qonunlarni tekshirish suyuqliklar orqali kuchlarni uzatish bilan bog'liq masalalarni hal qilishda muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, gidrostatika suyuqliklarga to'liq yoki qisman botirilgan qattiq jismlarning muvozanat qonunlarini ham o'rganadi.

Odatda, suyuqliklar muvozanat holatda bo'lganda uning ayrim bo'laklarining boshqa bo'laklariga bo'lgan ta'siri, suyuqlik saqlanayotgan idish devorlariga va unga botirilgan jismga ta'siri bosim orqali ifodalanadi.

### 2.1.Suyuqliklarda bosim

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



2.1-rasm. Suyuqliklarda bosim tushunchasiga doir chizma.

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

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

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

Agar  $\omega$  yuzani kichraytira borib, nuqtaga intiltirsak ( $\omega \rightarrow 0$ ),  $p_o$ , biror chegaraviy qiymatga intiladi:

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

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

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

## 2.2. Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari

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

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

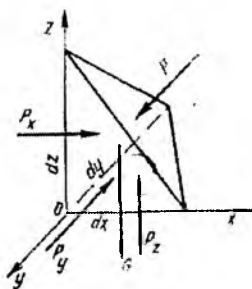
Urinma yo'nalishidagi proektsiya I va II qismlarining bir-biriga nisbatan siljishiga olib keladi (2.1-rasm). Suyuqlik muvozanatda bo'lgani uchun bu hol yuz berishi mumkin emas. Bundan  $p$  normal bo'yicha yo'nalmagan degan fikr noto'g'ri ekanligi kelib chiqadi.

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

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

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

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



2.2-rasm. Bosimlarning xossalari ga doir chizma.

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

Oy o'qi bo'yicha

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

Oz o'qi bo'yicha

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

$d\omega$  yuzaning proyeksiyalari quyidagilarga teng:

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

Yuqoridagi tenglamalar qisqartirilgandan keyin quyidagicha yoziladi:

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

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

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

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

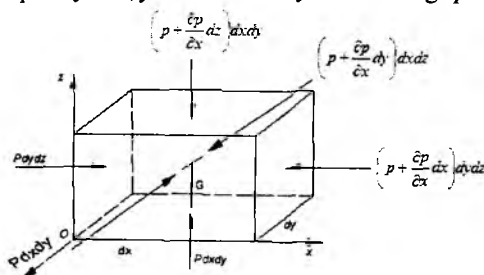
### 2.3. Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi (Eylar differentsial tenglamasi)

Muvozanat holatidagi suyuqliklarga bosim va og'irlik kuchlari ta'sir qiladi. Bosim suyuqlik egallagan hajmning har xil nuqtasida har xil qiymatga ega. Shuning

uchun bosimni koordinata o'qlari  $x, y, z$  larning funktsiyasi deb qarash kerak. Ko'rilayotgan suyuqlikda tomonlari  $dx, dy, dz$  ga teng bo'lgan parallelopipedga teng elementar hajm ajratib olamiz (2.3- rasm). Endi suyuqlikka ta'sir qiluvchi kuchlarning muvozanat holatini tekshiramiz. Og'irlik kuchining proyeksiyalari  $\rho X dV; \rho Y dV; \rho Z dV$  bo'lsin; ya'ni  $G\{\rho X dV, \rho Y dV, \rho Z dV\}$ . Elementar hajmning  $yOz$  tekislikda yotgan sirtiga  $Ox$  o'qi yo'nalishida  $p$  ga teng, unga parallel bo'lgan sirtiga esa  $p + \frac{\partial p}{\partial x}$  ga teng bosimlar ta'sir qiladi (2.3-rasm). Bu sirlarga ta'sir qiluvchi bosim kuchlari esa tegishli  $p dy dz$  va  $\left(p + \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dy dz$  larga teng. Olingan elementar hajm  $Ox$  o'qi bo'yicha muvozanatda bo'lishi uchun bu o'q bo'yicha yo'nalgan kuchlar yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak:

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

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



2.3-rasm. Suyuqliklar muvozanatining (Eyer) tenglamasiga doir chizma.

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

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

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

Shuningdek,  $Oz$  o'qi bo'yicha

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

kuchlar ta'sir qiladi hamda ularning muvozanat sharti quyidagicha bo'ladi:

$$pdx dy - \left( p + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) dx dy + \rho Z dx dy dz = 0$$

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

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

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

## 2.4. Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt

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

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

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

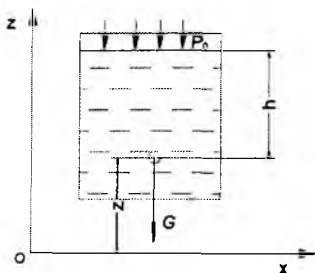
$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz) \quad (2.3)$$

Hosil bo'lgan tenglama bosimning suyuqlik turiga va fazoning nuqtalari koordinatalariga bog'liqligini ko'rsatadi hamda bosimning ixtiyoriy nuqtadagi miqdorini topishga yordam beradi. Bu tenglama tomchilanuvchi suyuqliklar uchun ham, gazlar uchun ham o'rinli bo'lib, gazlar uchun qo'llanganda gaz holati tenglamalari bilan birgalikda ishlatiladi. (2.3) dan hamma nuqtalarida bir xil bosimga ega bo'lgan ( $p = \text{const}$ ) sirtlarni topish mumkin. Bunday tekisliklar bosimi teng sirtlar deb ataladi.  $p = \text{sonst}$  bo'lganda  $dp = 0$  bo'ladi,  $\rho$  esa nolga teng

bo'lishi mumkin emas. Shuning uchun bosimi teng sirtlar tenglamasi quyidagicha yoziladi:

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

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



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

## 2.5. Eyler tenglamasining integrallari

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

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

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

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

bo'ladi. Bu qiymatlarni (2.4) ga qo'ysak,  $gdz = 0$  ga ega bo'lamiz. Uni integrallasak,  $z = const$  bo'ladi. Bu esa gorizont tekislikning tenglamasidir. Shunday qilib, tinch turgan suyuqliklar uchun har qanday gorizont tekislik bosimi teng sirt dan iborat. Uning havo bilan chegaralangan sirti ham gorizont bo'lib, u



erkin sirt bo`ladi. Erkin sirtida bosim  $p_0$  ekanligini hisobga olsak, (2.3) tenglamadan quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$p = \rho h + p_0$$

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

### b) Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik

Suyuqlik  $a$  tezlanish bilan harakat qilayotgan idishda muvozanat holatida bo`lsin (2.4-rasm), bu holda suyuqlik zarralari tezlanish  $a$  va og`irlik ta'sirida bo`ladi, ular uchun birlik massa kuchlar esa quyidagicha bo`ladi:

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

Bu qiymatlarni (2.4) ga qo`ysak,  $-a dx - g dz = 0$  tenglamani olamiz. Uni integrallab quyidagi tenglamaga ega bo`lamiz:

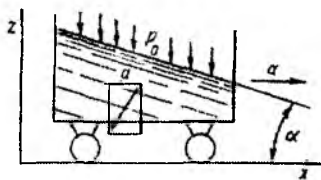
$$ax + gz = \text{const} \quad (2.6)$$

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

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

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

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



## 2.4 -pasm Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik.

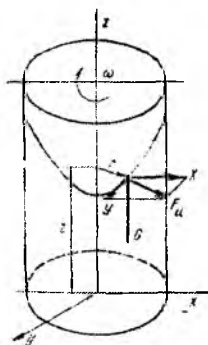
### v) Aylanayotgan idishdagi suyuqlik.

Suyuqlik vertikal o`q atrofida  $\omega$  burchak tezlik bilan aylanayotgan idish ichida muvozanat holatida bo`lsin (2.5- rasm). Bu holda suyuqlik zarralari markazdan qochma kuch va og`irlik kuchlari ta'sirida bo`ladi. Markazdan qochma kuch quyidagiga teng:

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

Uning proyeksiyalari esa quyidagicha topiladi:

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



### 2.5-rasm Aylanayotgan jism ichidagi suyuqlik.

Shuning uchun birlik massa kuchlar quyidagilarga teng:

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

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

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

Uni integrallasak

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

bo'ladi.

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

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

Bu bosimi teng sirtning tenglamasidir. Bu sirt aylanma paraboloid ekanligi ko'rinib turibdi. Shunday qilib, bosimi teng sirtlar o'qi vertikal bo'lgan aylanma paraboloidlar oilasidan iborat. Bu sirtlar vertikal tekislik bilan kesishganda o'qi  $Oz$  da bo'lgan parabolalar, gorizontall tekisliklar bilan kesishganda esa markazi  $Oz$  da bo'lgan konsentrik aylanalar hosil qiladi.

## 2.6. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi

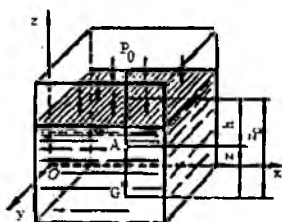
Tinch turgan idishdagi suyuqlikni qaraymiz. Bu suyuqlikka og'irlik kuchi ta'sir etadi. Koordinata o'qlarini  $Oz$  o'qi vertikal yuqoriga yo'naladigan qilib yo'naltiramiz (2.6-rasm).

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

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

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

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



2.6-rasm. Hidrostatikaning tenglamasiga doir chizma.

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

$$dp = -\rho g dz$$

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

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

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

$$p = p_0 + \rho gh$$

yoki

$$p = p_0 + \rho gh \quad (2.8)$$

Bu gidrostatikaning asosiy tenglamasi deb ataladi va suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosimni, suyuqlik turi va olingan nuqtaning erkin sirtidan qanday masofada ekanligiga qarab aniqlaydi. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagi qonuniyatni ifodalaydi: *suyuqlik ichidagi ixtiyoriy nuqtadagi bosim suyuqlik erkin*

*sirtidagi, bosim  $p_0$  va shu nuqtadagi suyuqlik ustunining bosimi ( $h$ ) yig'indisiga teng.*

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

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

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

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

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

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

Manometrik bosim absolyut bosimning miqdoriga qarab har xil qiymatga ega bo'lishi mumkin, masalan,  $p = p_0$  bo'lganda  $p_m = 0$ ;  $p \rightarrow \infty$  bo'lganda  $p_m \rightarrow \infty$ , ya'ni manometrik bosim 0 bilan  $\infty$  o'rtasidagi barcha qiymatlarini qabul qilishi mumkin.

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

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

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

Bosimni o'lchash uchun texnikada turli birliklar ishlatiladi:

1. Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati, masalan,

$$N/m^2; \text{ kgK}/m^2; \text{ kgK}/sm^2.$$

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

3. Birlik yuzaga to'g'ri kelgan berilgan kuch miqdoriga nisbati yoki suyuqlik ustunining berilgan balandligi miqdorlari, masalan, texnik atmosfera (*atm*) (1

$atm=1 \text{ kgK/sm}^2 = 10^4 \text{ kgK/m}^2 = 735,6 \text{ mm sim. ust.}) \text{ bar} (1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2) \text{ va hokazo.}$

## 2.8. Bosim o'lash asboblari

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

### I. Suyuqlik asboblari:

a) *pezometrlar* - idishdagi bosim unga ulangan shisha naychada tekshirilayotgan suyuqlikning ko'tarilishiga qarab aniqlanadi (2.7- rasm). Idishdagi bosimning katta yoki kichikligiga qarab pezometr (shisha naycha) da suvning sathi  $h_n$  balandlikka ko'tariladi. Tekshirilayotgan A nuqtadagi bosim  $p_a$  idishdagi erkin sathdagi bosim bilan undagi suv ustunining bosimi yig'indisiga teng. Pezometr orqali aniqlanganda u gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida quyidagicha aniqlanadi:

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

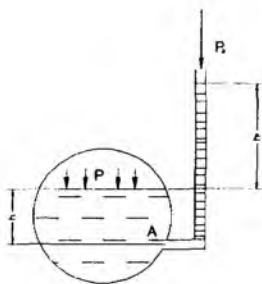
U holda pezometrda suyuqlik erkin sathining balandligi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

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

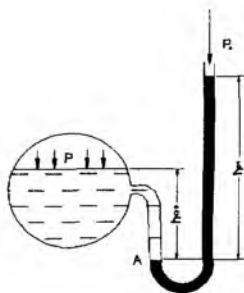
va idishdagi chegirma bosimga to'g'ri keladigan suyuqlik ustunining balandligini ko'rsatadi. Bunday asboblarda 0,5 atm dan yuqori bo'lmagan kichik chegirma bosimlarni o'lchashda ishlatiladi. Haqiqatda ham 1 atm ga teng bo'lgan bosim 10 m suv ustunining balandligiga teng bo'lgani uchun yuqori bosimlarni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

b) *Suyuqlik U-simon manometrlari* - bosim tekshirilayotgan suyuqlik bilan emas, simob ustuni yordamida o'lchanadi (2.8-rasm). Bu holda simobli shisha naycha idishga U-simon naycha orqali ulanadi. Bunda simobning bosimi o'lchanayotgan idishga oqib o'tishiga U- simon naychadagi qarshilik to'sqinlik qiladi. U holda A nuqtadagi bosim idish tomondagi qiymatlar orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p_A = p + \gamma h_1$$



2.7- rasm. Pezometr.



2.8-rasm. U-simon manometr.

Simobli naychadagi qiymatlari orqali esa

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

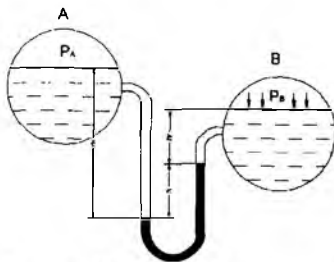
Bu ikki tenglikdan  $p$  ni topamiz:

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

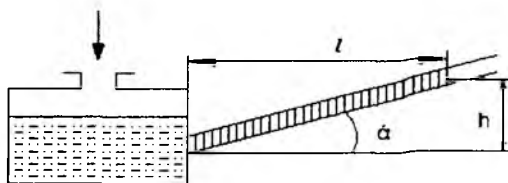
Bunday manometrlar ham bir necha atmosferadan ortiq bosimni o'lchashga yaramaydi.

v) **Differentsial manometrlar** - ikki idishdagi bosimlar farqini o'lchash uchun ishlatiladi (2.9- rasm). Bosimlarni  $p_A$  va  $p_B$  ga teng bo'lgan ikki idish simobli U-simon naycha orqali tutashtirilgan. Bu holda C nuqtadagi bosim birinchi idishdan bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$p_c = p_a + \gamma_1 h_1$$



2.9-rasm. Differentsial manometr.



2.10- rasm. Mikromanometr

Ikkinchi idishdagi bosim orqali esa

$$p_c = p_v + \gamma_1 h_2 + \gamma_m h.$$

U holda idishlardagi bosimlar farqi

$$p_a - p_v = \gamma_1 (h_2 - h_1) + \gamma_m h. \quad (2.14)$$

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

$$p_a - p_v = (\gamma_m - \gamma_1)h$$

**g) Mikromanometrlar** - juda kichik bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi va suyuqlik sathining o'zgarishi sezilarli bo'lishi uchun suyuqlik to'ldirilgan idishga shisha naycha qiya burchak ostida ulanadi (2.10-rasm). U holda idishdagi chegirma bosim quyidagicha aniqlanadi:  $p = \gamma h$  bo'lgani uchun

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

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

**d) Vakuummetrlar.** Tuzilishi xuddi suyuqlik U-simon manometrlariga o'xshash bo'lib, idishdagi siyraklanish darajasini aniqlaydi (2.11-rasm). Hidrostatik bosim tenglamasiga asosan

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

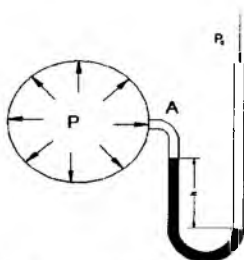
u holda

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

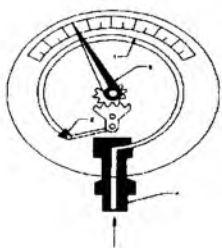
simob ustunining pasayishi idishdagi bosim va  $p_a$  orqali quyidagicha ifodalanadi:

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

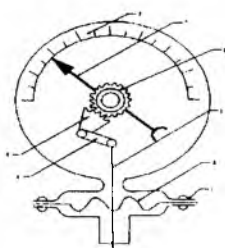
**II. Mexanik asboblari** (katta bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi va buning uchun turli mexanik sistemalardan foydalaniladi):



2.11- rasm. Vakuummeter



2.12-rasm Prujinali manometr.



2.13-rasm. Membranali manometr.

**a) Prujinali manometr** (2.12-rasm) ishi bo'sh yupqa egik latun 1 naychadan iborat bo'lib, uning bir uchi kavsharlangan. Shu uchi zanjir 2 bilan tishli uzatma 3 ga ilashtirilgan bo'ladi.

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

**b) Membranali manometr** (2.13-rasm) - yupqa metall plastinka yoki rezina shimdirilgan materialdan tayyorlangan plastinkaga ega bo'lib, u membrana deyiladi. Suyuqlik bosimi idish bilan tutashtiruvchi bo'yincha orqali o'tib, membranani egadi. Bu egilish natijasida richaglar sistemasi orqali strelka harakatga keladi va shkala bo'yicha surilib, bosimni ko'rsatadi.

## 2.9. Paskal qonuni

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

$$p_A = p_0 + \gamma h_A$$



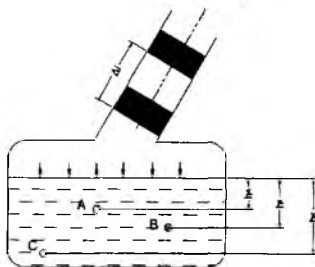
B va C nuqtalarda esa

$$p_B = p_0 + \gamma H_B$$

$$p_C = p_0 + \gamma H_C$$

Agar porshenni  $\Delta l$  masofaga (2.14-rasm) siljitsak, u holda suyuqlik erkin sirtidagi bosim  $\Delta p$  ga o'zgaradi. Suyuqlikning solishtirma og'irligi bosim o'zgarishi bilan deyarli o'zgarmaydi. Shuning uchun A, B va C nuqtalardagi bosim quyidagicha bo'ladi:

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



**2.14-rasm. Paskal qonunini tushuntirishga doir chizma.**

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

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

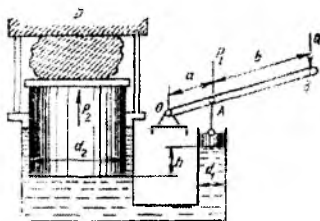
Bundan quyidagicha xulosa kelib chiqadi: *yopiq idishdagi suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil miqdorda (o'zgarishsiz) tarqaladi.* Bu Paskal qonuni sifatida ma'lum. Ko'pgina gidromashinalarning tuzilishi ana shu qonunga asoslangan (masalan, gidroress, domkratlar,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

## 2.10. Hidrostatik mashinalar

Gidrostatikaning asosiy qonunlari asosida ishlaydigan mashinalar gidrostatik mashinalar deb ataladi. Ularga gidroresslar, gidroakkumulyatorlar, domkratlar (gidroko'targichlar) va boshqalar kiradi. Quyida ularning ishlash printsiplari haqida qisqacha ma'lumot beramiz.

**a) Gidroresslardan** (2.15-rasm) gidrostatik qonunlar asosida katta kuchlar hosil qilish uchun foydalaniladi. Bu narsa presslash, shtamplash, toblash,

materiallarni sinash va boshqa ishlar uchun kerak. Ular ikki xil diametrli o'zaro tutashtirilgan ikki silindrdan iborat bo'lib, birinchi silindrda diametri  $d_1$ , katta silindrda esa diametri  $d_2$  ga teng bo'lgan ikki porshen harakatlanadi. Kichik porshenga OAB richag orqali kuch qo'yiladi. Katta porshen bilan D devor o'rtasiga presslanuvchi buyum qo'yiladi. Richag qo'l bilan yoki dvigatel yordamida harakatga keltiriladi. Kichik porshen kuch ta'sirida pastga qarab siljiydi va suyuqlikka bosim beradi. Bu bosim katta silindrga ham tarqaladi va natijada katta porshen harakatga keladi. Bunday harakat katta porshen ustidagi buyum devor D ga taqalguncha davom etadi. Porshenning bundan so'nggi ko'tarilishi natijasida buyum siqila boradi va u presslanadi.



2.15-rasm. Hidropressning sxemasi.

Aytilgan usuldan faqat jismlarni ko'tarishda foydalanilsa, u holda konstruktiv sxemada D devor bo'lmaydi. Bu holda bizning mashina gidrostatik ko'targichga aylanadi. Endi, gidropresslarda kuchlarning munosabatini topamiz. OAB richagining B uchiga  $Q$  kuch qo'yilgan bo'lsin. U holda kuch momenti uchun quyidagi tenglamani olamiz:

$$Q(a+b) = P_1 a.$$

Bu tenglamadan kichik porshenga ta'sir qiluvchi kuchni topamiz:

$$P_1 = \frac{a+b}{a} Q$$

u holda kichik porshen ostidagi suyuqlik bosimi

$$p = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{a+b}{a} \frac{4Q}{\pi d_1^2}$$

ga teng bo'ladi. Katta porshen ostidagi bosim esa

$$p + \gamma h = \frac{a+b}{a} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h. \quad (2.20)$$

Bu yerda  $h$  porshenlarning ostki sirtlari orasidagi geometrik masofa.

Natijada katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch quyidagicha topiladi:

$$P_2 = (p + \gamma h) \omega_2 = \left( \frac{a+b}{b} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h \right) \frac{\pi d_2^2}{4}. \quad (2.21)$$

Ko'pgina hollarda gidroresslarda gidrostatik bosim juda katta bo'lgani uchun  $\gamma h$  ni tashlab yuborsa ham bo'ladi, ya'ni:

$$P_2 = \frac{a+b}{b} \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 Q \quad (2.22)$$

Biz keltirgan sxema soddalashtirilgan bo'lib, gidroresslarda juda ko'p yordamchi qismlar bo'ladi. Amalda gidroresslarda suyuqlikni porshen va silindrlar orasidan sizib o'tishi, tutashtiruvchi quvurlardagi qarshilik kuchi hisobiga katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch yuqorida keltirilgan nazariy hisobdan farq qiladi va quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$P_2^1 = \frac{a+b}{b} \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 Q \eta. \quad (2.23)$$

Bu yerda  $\eta$  yuqorida aytilgan xatoliklarni o'z ichiga oluvchi koeffitsiyent bo'lib, uni foydali ish koeffitsiyenti deb ataladi. Amalda bu koeffitsiyent qiymati 0,75 bilan 0,85 o'rtasida bo'ladi. Keltirilgan hisobdan ko'rinib turibdiki, silindrlarning diametrlari va richagning yelkasini tanlab olish yo'li bilan presslovchi kuchni istagancha katta qilish mumkin. Amalda esa juda katta kuchlar paydo bo'lganda silindrlar devori deformatsiyalanishi va hatto buzilishi mumkin. Bu esa qo'shimcha qiyinchiliklar tug'diradi. Hozirgi vaqtda mavjud gidroresslarda 500 t gacha kuch hosil qilish mumkin, ayrim hollarda esa (mustahkam materiallarni presslashda) kuch 4000-8000 t ga ham yetadi.

**b) Gidroakkumulyatorlar.** Gidravlik sistemalarda bosim va suyuqlik sarfi-ning ortib ketish yoki kamayish hollari bo'ladi. Bosim va sarfning normallashtirilishi uchun mana shu hollarda gidroakkumulyatorlardan foydalaniladi. Ular suyuqlik sarfi yoki bosim ortib ketganda yuqori bosimli suyuqlikning bir qismini o'z ichiga olib, sistemada bosim va sarfni kamaytirilsa, teskari holda o'zidagi suyuqlikni sistemaga berish yo'li bilan bosimni va sarfni oshiradi. Gidroakkumulyatorlar gidrotormozlarda, ko'targichlar, presslar, shig'irlar va boshqa gidromashinalarda qo'llaniladi.

Potentsial energiyaning qaysi usul bilan to'planishi va qaytarib berilishiga qarab pnevmatik, prujinali va yukli gidroakkumulyatorlarga bo'linadi. Yukli gidroakkumulyatorlar silindr, uning ichida harakatlanuvchi va yuk ortilgan yelka (obkash) li plunjerdan iborat bo'lib, silindrga gidrosistemaning suyuqlik harakat qiluvchi qismlari quvur orqali tutashtirilgan bo'ladi. Sistemada bosim ortib ketsa, suyuqlik silindrga o'tib yukli plunjerni ko'taradi, bosim kamayganda esa plunjer

pastga tushib suyuqlik silindrdan sistemaga qarab oqadi. Natijada bosimning o'zgarishi tekislanadi.

2.16-rasmda pnevmatik gidroakkumulyator tasvirlangan. U korpus 1, diafragma 2 dan tuzilgan bo'lib, shtutser 4 orqali gidrosistemaga ulangan bo'ladi. Shtutser 5 gidroakkumulyatorni gaz bilan to'ldirish uchun xizmat qiladi. Shayba 3 esa gazning rezina diafragmani korpusga bosib (akkumulyatorida bosim kamayganda) ezib qo'yishidan saqlaydi.

Diafragmani harakatga keltiruvchi kuch:

$$F_1 = (p_1 - p_2) \omega. \quad (2.24)$$

Suyuqlikda ishqalanish kuchi  $F_2$  mavjud. U holda diafragмага ta'sir etuvchi kuch orqali haqiqiy bosim quyidagicha aniqlanadi:

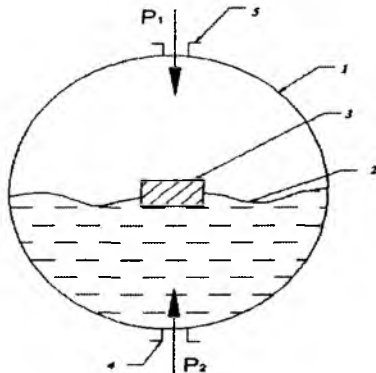
$$p = \frac{(p_1 - p_2) \omega + F_2}{\omega}. \quad (2.25)$$

Bu holda haqiqiy bajarilgan ish

$$A_x = \eta A = \eta \int p \, sh \, dh \quad (2.26)$$

bu yerda  $\eta$  – gidroakkumulyatorning foydali ish koeffitsiyenti.

Gidrosistemadan gidroressga suyuqlik oqib o'tganida yuz beradigan qarshilikni hisobga olish mumkin edi. Bu gidroakkumulyatorga suyuqlik o'tishi tamomlanmagan taqdirdagina kerak. Boshqa hamma hollarda yuqoridagi formula gidroakkumulyatorlarni hisoblash uchun o'rinni bo'ladi.



2.16- rasm. Pnevmatik gidroakkumulyatorning sxemasi.

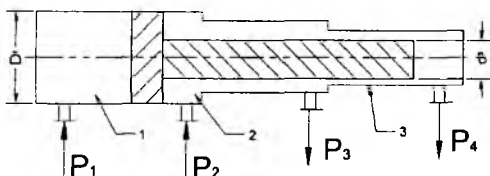
v) **Gidromultiplikatorlar** gidrosistemadagi bosimni, uning biror qismida oshirib berish uchun foydalaniladi. Bu vazifa ko'p hollarda xususan gidroakkumulyatorlar yetarli bosimni ta'minlab berolmaganda muhim ahamiyatga ega. 2.17-rasmda gidromultiplikatorning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan. U

differentzial silindrda harakatlanuvchi differentzial porshendan tashkil topgan. Bo'shliq 1 gidrosistemaga ulangan, bo'shliq 2 ortiqcha suyuqlikning oqib ketishi uchun, bo'shliq 3 esa suyuqlikning - gidrosistemaning ish bajaruvchi organiga bog'langan. Bo'shliq 2 dagi chegirma bosimni hisobga olmaganimizda uchinchi bo'shliqdagi bosim quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$p_3 = p_1 \left( \frac{D_1}{d_3} \right)^2 \eta_g \eta_{mex} \quad (2.27)$$

bu yerda  $\eta_g$  – gidravlik qarshiliklarini hisobga oluvchi koeffitsiyent;  $\eta_{mex}$  – mexanik qarshiliklarni hisobga oluvchi koeffitsiyent.

Gidromultiplikatorlarning sarfi suyuqlik sarfining miqdoriga qarab hisobga olinadi va ular suyuqlik sarfining kichik qiymatlari uchun ishlatiladi. Suyuqlik sarfi katta o'zgarishlarga to'g'ri kelganda bunga qaraganda boshqacharoq sxemalar ishlatiladi.



**2.17- rasm. Hidromultiplikatorning chizmasi.**  
**Amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir ko'rsatma:**

**1- masala.** Benzin bilan to'ldirilgan bak, quyoshda 50°C gacha harorati ko'tariladi. Agar bak absolyut qattiq deb qaralsa benzinning bosimi qanchaga o'zgaradi? Benzinning boshlang'ich harorati 20°C, hajmiy siqilish koeffitsiyenti

$$\beta_w = \frac{1}{1300} \frac{1}{\text{MPa}};$$

issiqlikdan kengayish harorat koeffitsiyenti.

$$\beta_t = 8 \cdot 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

*Yechimi:*

Siqilish va haroratdan kengayish formulalaridan foydalanib quyidagilarni yozamiz:

$$\beta_w = \frac{W_1}{W} \cdot \frac{1}{P_1} \rightarrow \frac{W_1}{W} = \beta_w P_1$$

$$\beta_t = \frac{W_1}{W} \cdot \frac{1}{t_1} \rightarrow \frac{W_1}{W} = \beta_t t_1$$

Tenglamaning 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.** Sisterna suyuqlik bilan to'ldirilgan. Agar sistema  $x=3t^2+2t$  tenglama bilan harakatlanayotgan bo'lsa,  $t=20$  sekunddan keyin oqim sathining gorizont bilan tashkil etgan burchakni aniqlang.

**Yechish:**

1. Sathining gorizont bilan tashkil etgan burchakni quyidagi formula bilan aniqlanadi:

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

2. Sistemaning tezlanishini aniqlaymiz. Buning uchun yo'ldan xarakat tenglamasidan ikkinchi tartibli hosila olish kerak.

$$a = (x)'' = (3t^2 + 2t)'' = 6 \frac{m}{s^2}$$

Yuqoridagi formulaga olib borsak, burchak quyidagiga teng bo'ladi:

$$\alpha = \arctg \frac{a}{g} = \arctg \frac{6}{9.81} \approx 31^\circ$$

**3- masala.** Diametri  $D = 2,0$  m ga teng bo'lgan silindrsimon bakka  $H = 1,5$  m gacha suv va benzin quyilgan. Pezometrdagi suv sathi benzin sathidan  $h = 300$  mm past. Bakdagi benzin og'irligini aniqlang, benzin zichligi  $\rho_6 = 700 \text{ kg/m}^3$

**Yechimi:**

1. Hidrostatikaning asosiy tenglamasiga asosan  $A$  nuqtadagi bosim

$$P_A = P_a + \rho_6 g h_1 + \rho g h_2$$

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

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

$$\rho_6 g h_1 + \rho g h_2 = \rho g (H - h)$$

Ma'lumki,

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

u holda

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

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

2. Bakdagi benzin og'irligi:

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

**4- masala.** Agar simobli asbobning ko'rsatishi  $h = 363 \text{ mm}$ , balandligi  $h = 1,0 \text{ m}$  bo'lsa idishdagi havoning absolyut bosimini aniqlash kerak. Simobning zichligi  $\rho_s = 13600 \text{ kg/m}^3$ . Atmosfera bosimi  $736 \text{ mm}$  simob ustuniga teng

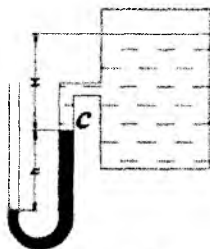
*Yechimi:*

1. (1.2) formuladan C nuqtadagi bosim

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

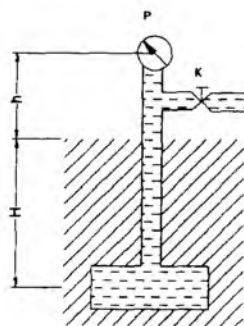
2. Suyuqlik sathidagi bosim

$$P_0 = P_C - \rho g H = P_a - \rho g h - \rho g H = 39952 \text{ kH/m}^2 \approx 40 \text{ kPa}$$



2.18-rasm

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



2.19- rasm.

**Yechimi:**

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

$$p_A = p_a - p_v$$

$$p_A = p_a - p_v = 0,8 \text{ at} = 0,08 \text{ MPa}$$

2. C nuqtadagi absolyut bosimni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

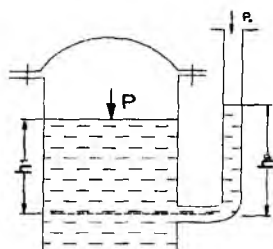
$$p_C = p_A + \rho g(H + h) = 1,26 \text{ at.}$$

**Mustaqil yechishga doir masalalar:**

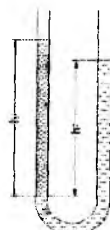
1. Idish tubidagi to'la gidrostatik bosimni toping. Idishning usti ochiq bo'lib, uning erkin sirtidagi bosim atmosfera bosimiga teng.

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:  $p = 1,06 \text{ at}$ ;  $h_1 = 60 \text{ sm}$ ;  $p_a = 760 \text{ mm}$  simob ustuniga teng. (2.21-rasm).



2.21-rasm.



2.22-rasm.

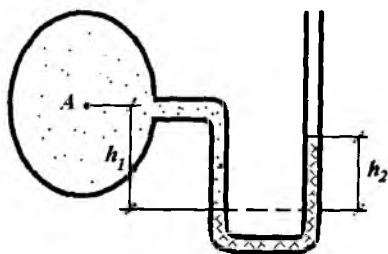


3. Idishdagi suv sathidagi bosimni aniqlang. Pezometrdagi suyuqlik balandligi  $h_p = 70$  sm,  $h_1 = 40$  sm,  $P_a = 100$  kPa (2.21-rasm).

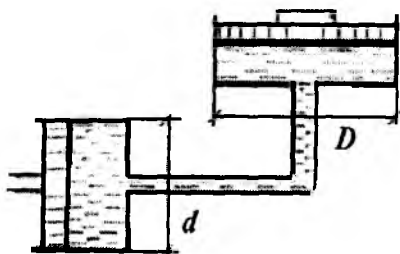
4. U – shakldagi idishga benzin va suv quyilgan. Agar  $h_1 = 70$  sm;  $h_2 = 50$  sm bo'lsa, benzin zichligini aniqlang (2.22-rasm).

5. A quvurdagi suvning manometrik bosimini toping. Pezometrdagi simob ustuni balandligi  $h_2 = 25$  sm va  $h_1 = 40$  sm. (2.23- rasm).

6. Agar katta porshenga qo'yilgan kuch  $F_2 = 50$  kN, kichik porshenga qo'yilgan kuch  $F_1 = 20$  kN bo'lsa, tizim muvozanatda bo'lishi uchun  $h$  ni aniqlang. Naylar suv bilan to'ldirilgan (2.24- rasm).



2.23-rasm



2.24-rasm

## 2.11. Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim kuchi

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

Ihtiyoriy qiya tekislikka bo'lgan bosim kuchini aniqlash kerak bo'ladi. Xususiyl holda shitlarga ta'sir qiluvchi kuchlarni aniqlash xuddi shunday masalaga olib keladi. Shitlardagi gidrostatik bosim kuchini hisoblash uchun quyidagi masalani ko'ramiz. Suyuqlik bilan to'ldirilgan idish olaylik. Uning gorizont bilan  $\alpha$  burchak tashkil etgan qiya sirtida  $\omega$  yuzaga tushadigan bosim kuchini aniqlaymiz. Oy o'qini qiya sirt yo'nalishi bo'yicha,  $Ox$  o'qini esa unga tik yo'nalishda deb qabul qilamiz (2.25-rasm). Bu holda  $\omega$  sirtidagi kichik  $d\omega$  sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$dP = d\omega(\gamma h + p_0). \quad (2.29)$$

Bu yerda  $\gamma h$  - suyuqlik ustunining bosimi;  $p_0$  - erkin sirtidagi bosim. U holda  $\omega$  yuzaga ta'sir qilayotgan to'la bosim quyidagi formula bilan aniqlanadi:

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

agar

$$h = y \sin \alpha$$

ekanligini hisobga olsak:

$$P_{\omega} = \gamma \sin \alpha \int_{(\omega)} y d\omega + p_0 \int_{(\omega)} d\omega, \quad (2.30)$$

bu yerda  $\int_{(\omega)} y d\omega$  – sirtning  $Ox$  o'qiga nisbatan statik momenti.

### Statik moment haqidagi tushunchaga asosan

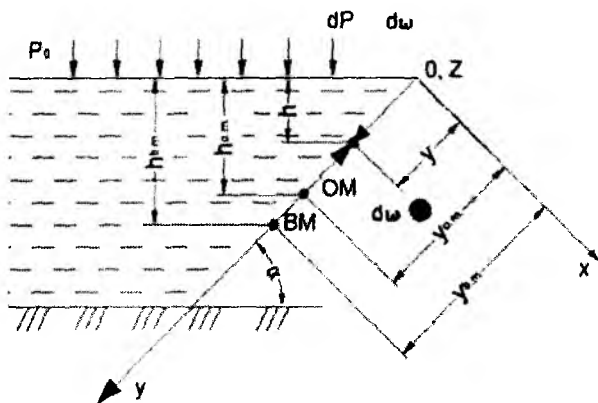
$$\int_{(\omega)} y d\omega = \omega y_{O.M.},$$

bu yerda  $y$  – og'irlik markazining koordinatasi. Rasmdan ko'rinib turibdiki,

$$y_{OM} \sin \alpha = h_{OM},$$

demak,

$$P_\omega = \omega(\gamma \hbar_{QM} + p_0). \quad (2.31)$$



**2.25-rasm. Qiya sirtga tushadigan bosimni hisoblashga doir chizma.**

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

$$P_{\theta} = P_u + P_{\theta}$$

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

$$P_q = \gamma \hbar_{\text{av}} \omega \quad (2.32)$$

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

$$P_a = p_0 \omega$$

va chegirma bosim kuchi

$$P_y = \gamma \hbar \omega_M \omega$$

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

### b) Bosim markazini topish

Chegirma bosim teng ta'sir etuvchisining qo'yilish nuqtasi bosim markazi deb ataladi. Bu nuqtani topish shitlarning o'lchamlarini aniqlash uchun kerak bo'ladi. Shuning uchun bosim markazi koordinatasini topish shitlarni hisoblashda juda zarur. 2.25-rasmdan bosim markazining koordinatasi  $y_{b.m}$  ga teng deb hisoblab,  $\omega$  sirtga ta'sir qilayotgan momentni aniqlaymiz:

$$P \cdot y_c = \int_{(\omega)} dPy = \int_{(\omega)} y d\omega y \quad (2.33)$$

Rasmdan

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

ekanligi ko'rinib turibdi. U holda (2.33) munosabatdan quyidagi kelib chiqadi:

$$\omega \cdot y_{o.m} \cdot y_{b.m} = \int_{(\omega)} y^2 d\omega = I_x \quad (2.34)$$

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

U holda (2.34) dan bosim markazini topamiz:

$$y_{b.m} = \frac{I_x}{\omega \cdot y_{o.m}}. \quad (2.35)$$

Inertsia momentini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I_x = I_{o.m.} + \omega \cdot y_{o.m}^2, \quad (2.36)$$

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

U holda (2.36) ni (2.35) ga qo'yib, bosim markazini quyidagicha topamiz:

$$y_{b.m} = y_{o.m} + \frac{I_{o.m.}}{\omega \cdot y_{o.m}} \quad (2.37)$$

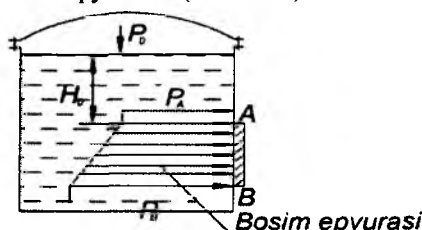
Bu tenglamadan ko'rinadiki, bosim markazi ko'rilyotgan qiya sirt og'irlik markazidan  $\frac{I_{o.m.}}{\omega \cdot y_{o.m.}}$  miqdorda pastda joylashgan bo'lib, sirt gorizont bo'lgan

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

## 2.12. Grafoanalitik usul

Bu usulni yuqoridagi masala asosida tushuntiramiz:

1. Masshtab bilan bosim epyurasini (2.26-rasm) chizamiz. A nuqtadagi bosim:



2.26-rasm.

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

B nuqtadagi bosim

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

2. Hidrostatik bosim kuchi bosim epyurasining hajmiga teng:

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

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

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

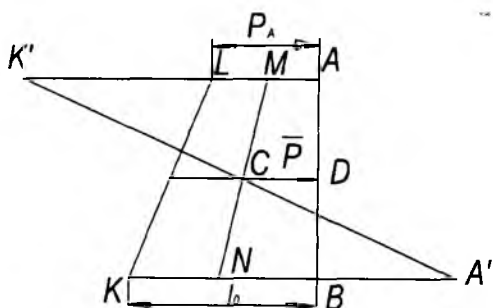
u holda hidrostatik bosim kuchi

$$P = \left( \frac{P_A + P_B}{2} \right) \cdot a \cdot b = \left( \frac{190.5 \cdot 10^3 + 198.9 \cdot 10^3}{2} \right) \cdot 1.2 \cdot 1 = 233 \text{ kN}$$

### 1.1 Bosim markazini aniqlash.

Grafoanalitik usulda bosim markazini aniqlashda bir qulaylik bor.

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



2.27-rasm.

1. Masshtab bilan bosim epyurasi chiziladi (2.27-rasm).
2. BK –kesmasini olib, AL – kesmasini to'ldiramiz. AL –kesmasini olib, BK – kesmasini to'ldiramiz. Natijada AK' va KA' kesmalarini hosil qilamiz.
3. A' va K' nuqtalarni tutashtiramiz.
4. AL –kesmasining o'rtasi M

nuqtani BK –kesmaning o'rtasi N – nuqtani aniqlab, bu nuqtalarni tutashtiramiz.

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

### 2.13. Hidrostatik g'ayritabiiylik (paradoks).

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

$$P_A = \gamma h_A; P_B = \gamma h_B; P_C = \gamma h_C.$$

Suyuqlik tubidagi bosim kuchi esa

$$P = \gamma h \omega$$

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

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

Bu holda idish tubiga bo'lgan bosim kuchi idishlarda

$$P_a = \gamma h \omega; P_b = \gamma h \omega; P_c = \gamma h \omega; P_e = \gamma h \omega \quad (2.28)$$

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

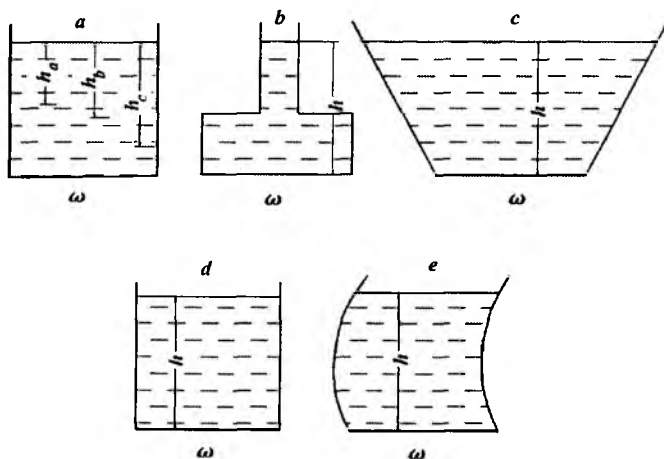
$$P = \gamma h \omega$$

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

Gidravlika qonunlari bo'yicha suyuqlikdagi bosim uning shakliga bog'liq bo'lmay, uning chuqurligiga bog'liq.

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

Ana shu hodisalar gidrostatik g'ayritabiiylikning mohiyatini ochib beradi.

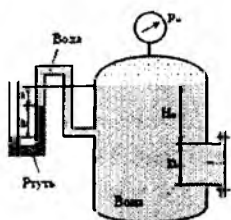


2.28-rasm. Gidrostatik paradoksga doir chizma.

**Amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir ko'rsatma:**

**1 – Masala.** Rezervuar qopqog'iga ta'sir etayotgan *GBK* ni va bosim markazini quyidagi holatlarda aniqlang.

1. Diametri  $D = 1m$ . Manometr ko'rsatgichi  $P_m = 0.08 MPa$   $H_0 = 15m$ .



2.29-rasm

### Berilgan

$$H_0 = 1.5 \text{ m}$$

$$D = 1 \text{ m}$$

$$P_M = 80 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

### Yechish:

*Birinchi holat uchun.*

- 1) Qopqoqning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = P_M + \gamma \cdot h_c = P_M + \gamma \cdot \left( H_0 + \frac{D}{2} \right) = 80 + 10 \cdot \left( 1.5 + \frac{1}{2} \right) = 80 + 10 \cdot 2 = \frac{100 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

- 2) Qopqoq yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0.785 \cdot 1^2 = 0.785 \text{ m}^2$$

- 3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

$$F = P_c \cdot \omega = 100 \cdot 0.785 = 78.5 \text{ kN}$$

2. Qopqoq o'lchamlari  $a = 1,0 \text{ m}$ ;  $b = 1,2 \text{ m}$ ; suyuqlik zichligi  $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$  va rezervuarga o'rnatilgan manometrning ko'rsatishi  $p_m = 0,08 \text{ MPa}$ ;  $H_0 = 1,5 \text{ m}$ .

### Yeshimi:

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

Formuladan ixtiyoriy nuqtadagi bosim:

$$p_c = p_0 + \rho g h_c$$

bu yerda:  $p_0$  – tashqi bosim,  $p_0 = p_m + p_a$

U holda

$$p_c = p_m + p_a + \rho g \left( H_0 + \frac{a}{2} \right)$$

2. Tekis shakl yuzasini aniqlaymiz:

$$\omega = ba$$

3. Hidrostatik bosim kuchini aniqlaymiz:

$$P = p_c \omega = \left[ p_m + p_a + \rho g \left( H_0 + \frac{a}{2} \right) \right] ab$$

Berilgan qiymatlarni qo'yib, gidrostatik bosim kuchini hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} P = p_c \omega &= \left[ 0.08 * 10^6 \frac{N}{m^2} + 10^5 \frac{N}{m^2} + 700 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} (1.5m + 0.5m) \right] * 1.2m^2 \\ &= 232800N \approx 233kN \end{aligned}$$

4. Bosim markazini aniqlaymiz:

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

Bu yerda:

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

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

$$h_d = \left( H_0 + \frac{a}{2} \right) + \frac{\frac{ba^3}{12}}{\left( H_0 + \frac{a}{2} \right) 12ba} = 2 + \frac{1}{24} = 2.06m$$

Endi bosim markazini aniqlashni boshqa hollarda ham ko'ramiz.

3. Yuqoridagi masalada 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

$$h_d = z_d \sin \alpha = 2.17m$$



Bunday hollarda bosim markazini aniqlashning bir qulay usuli bor (Mazkur usul mualliflar tomonidan taklif qilingan). Burchak ostida joylashgan tekis shakl vertikal tekislikka proyeksiyalanib, bosim markazi (2.37) formula bilan hisoblanadi:

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

Bu yerda:  $J_0^1$  – tekis shakl proyeksiyasining inertsia momenti;  
 $\omega^1$  – tekis shaklning vertikal tekislikka proyeksiyasi.

U holda,

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

2– **Masala.** O'lchamlari  $L=2.5$ ;  $B = 10 \text{ m}$  bo'lgan darvoza (zatvor ) chuqurligi  $H = 2.3 \text{ m}$  bo'lgan suvni to'sib turibdi.

Aniqlansin:

- Trossdagi kuchlanish (zatvor og'irligi hisobga olinmasin)
- Sharnirdagi reyaktsiya kuchi  $R$ .

**Berilgan:**

$$L = 2.5 \text{ m}$$

$$B = 10 \text{ m}$$

$$H = 2.3 \text{ m}$$

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

---


$$T = ? \quad R = ?$$

**Yechish:**

- Zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{H}{2} = 10 \cdot \frac{2.3}{2} = 10 \cdot 1.15 = 11.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- Yuzani aniqlaymiz.

$$\omega = L \cdot B = 2.5 \cdot 10 = 25 \text{ m}^2$$

- Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P = p_c \cdot \omega = 11.5 \cdot 25 = 287.5 \text{ kN}$$

- Bosim markazini aniqlaymiz

$$Z_a = Z_c + \frac{J}{Z_c \cdot \omega}$$

$$Z_c = \frac{H}{2} \cdot \frac{L}{H} = \frac{2.5}{2} = 1.25 \text{ m}$$

$$\omega = 2.5 \text{ m}^2$$

$$J = \frac{B \cdot L^2}{12} = \frac{10 \cdot 2.5^3}{12} = 13$$

5) Trossdagi kuchlanish  $T$  ni aniqlaymiz.  $\Sigma M_0 = 0$

$$T \cdot L - P \cdot (L - Z_d) = 0$$

$$T = \frac{P \cdot (L - Z_d)}{L} = \frac{287.5 \cdot (2.5 - 1.66)}{2.5} = 96.6 \text{ kN}$$

6) Sharmirdagi  $R$  reaksiya kuchini aniqlaymiz.

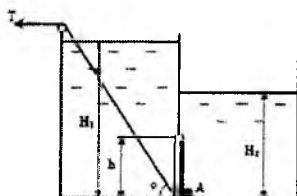
$$\Sigma M_A = 0$$

$$R \cdot L - F \cdot Z_d = 0$$

$$R = \frac{P \cdot Z_d}{L} = \frac{287.5 \cdot 1.66}{2.5} = 191 \text{ kN}$$

**Javob:**  $T = 96.6 \text{ kN}$   $R = 191 \text{ kN}$

**3 – Masala.** Ikki qismga ajratilgan rezervuar o'rtasiga bo'yi  $h = 0.4 \text{ m}$ , eni  $b = 0.8 \text{ m}$  bo'lgan shit o'rnatilgan. Suvning chuqurliklari  $H_1 = 1.6 \text{ m}$ ,  $H_2 = 1.0 \text{ m}$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ . Shitni ochish uchun kerak bo'lgan  $T$  kuchi va  $A$  tayanchdagi reaksiya kuchini aniqlang.



**Berilgan:**

$$H_1 = 1.6 \text{ m}$$

$$H_2 = 1 \text{ m}$$

$$\alpha = 60$$

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$h = 0.4 \text{ m}$$

$$b = 0.8 \text{ m}$$

---


$$T = ? \quad R_A = ?$$

**Yechish:**

1) Chap tomondan shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_{c1} = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \left( H_1 - \frac{h}{2} \right) = 10 \cdot \left( 1.6 - \frac{0.4}{2} \right) = 10 \cdot 1.4 = 14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_1 = h \cdot b = 0.4 \cdot 0.8 = 0.32 \text{ m}^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_1 = p_{c1} \cdot \omega_1 = 14 \cdot 0.32 = 4.48 \text{ kN}$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_{d1} = h_{c1} + \frac{J_1}{h_{c1} \cdot \omega_1}$$

$$h_{c1} = 1.4 \text{ m} \quad \omega_1 = 0.32 \text{ m}^2$$

$$J_1 = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0.8 \cdot 0.4^3}{12} = 0.0042$$

$$h_{d1} = 1.4 + \frac{0.0042}{1.4 \cdot 0.32} = 1.409 \text{ m}$$

5) O'ng tomondan shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_{c2} = \gamma \cdot h_{c2} = \gamma \cdot \left( H_2 - \frac{h}{2} \right) = 10 \cdot \left( 1 - \frac{0.4}{2} \right) = 10 \cdot 0.8 = 8 \text{ kN/m}^2$$

6) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_2 = h \cdot b = 0.4 \cdot 0.8 = 0.32 \text{ m}^2$$

7) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_2 = p_{c2} \cdot \omega_2 = 8 \cdot 0.32 = 2.56 \text{ kN}$$

8) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_{d2} = h_{c2} + \frac{J}{h_{c2} \cdot \omega_2}$$

$$h_{c2} = 0.8 \text{ m} \quad \omega_2 = 0.32 \text{ m}^2$$

$$J_2 = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0.8 \cdot 0.4^3}{12} = 0.0042$$

$$h_{d2} = 0.8 + \frac{0.0042}{0.8 \cdot 0.32} = 0.816 \text{ m}$$

9) T kuchini aniqlash uchun sharnir turgan nuqtani 0 deb belgilab moment olamiz.

$$T \cdot h \cdot \cos \alpha - P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 - h)] + P_2 \cdot [h_{d2} - (H_2 - h)] = 0$$

$$T = \frac{P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 - h)] + P_2 \cdot [h_{d2} - (H_2 - h)]}{h \cdot \cos \alpha}$$

$$= \frac{14 \cdot [1.409 - (1.6 - 0.4)] - 8 \cdot [0.816 - (1 - 0.4)]}{0.4 \cdot 0.5}$$

$$= \frac{14 \cdot 0.209 - 8 \cdot 0.216}{0.2} = \frac{2.926 - 1.728}{0.2} = \frac{1.198}{0.2} = 6 \text{ kN}$$

10) A nuqtadagi reaksiya kuchini aniqlaymiz.

$$\sum M_0 = 0$$

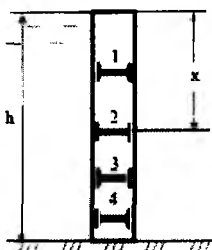
$$R_A \cdot h - P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 h)] + P_2 \cdot [h_{d2} - (H_2 - h)] = 0$$

$$R_A = \frac{P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 h)] - P_2 \cdot [h_{d2} - (H_2 - h)]}{h} = \frac{2.926 - 1.728}{0.4} = \frac{1.198}{0.4}$$

$$= 4.95 \text{ kN}$$

**Javob:**  $T = 6 \text{ kN}$   $R_A = 4.95 \text{ kN}$

**4 – Masala.** Eni  $b = 6 \text{ m}$  bo'lgan ikki qavat shit orasiga balkalar joylashtirilgan. Suvning chuqurligi va shitning balandligi  $h = 4 \text{ m}$ . Zo'riqish bir xilda taqsimlanishi uchun  $x$  qanday masofada bo'lishi kerak?



**Berilgan:**

$$h = 4 \text{ m}$$

$$b = 6 \text{ m}$$

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$x = ?$$

**Yechish:**

- 1) Shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz

$$p_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{h}{2} = 10 \cdot \frac{4}{2} = 20 \text{ kN/m}^2$$

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = h \cdot b = 4 \cdot 6 = 24 \text{ m}^2$$

- 3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P = p_c \cdot \omega = 20 \cdot 24 = 480 \text{ kN}$$

- 4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_d = h_c + \frac{J}{h_c \cdot \omega}$$

$$h_c = 2 \text{ m} \quad \omega = 24 \text{ m}^2$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{6 \cdot 2^3}{12} = 4$$

$$h_d = 2 + \frac{4}{2 \cdot 24} = 2.083 \text{ m} \rightarrow h_d = X = 2.083 \text{ m}$$

**Javob:**  $X = 2.083 \text{ m}$

**5 – Masala.** To'g'onning suv chiqish qismida eni  $b = 6 \text{ m}$  bo'lgan shit o'rnatilgan. Yuqori b'efda suv chuqurligi  $h_1 = 23 \text{ m}$ , pastki b'efda esa  $h_2 = 11.5 \text{ m}$ , chiqish qismi balandligi  $t = 17.25 \text{ m}$ . Qiyalik  $\alpha = 45^\circ$ . Shit A o'qi atrofida aylanadi. Shitning og'irligi  $G = 100 \text{ kH}$ .

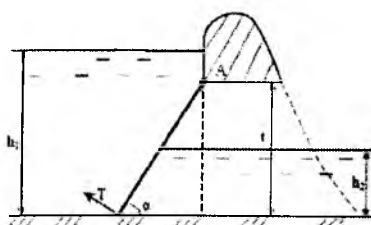
Aniqlanishi kerak .

a) Shitga ta'sir etayotgan GBK  $P_1$  va  $P_2$

b) Umumiy GBK  $P_{um}$

c) Umumiy kuch bosim markazi.

d) Shitni qo'zg'atuvchi  $T$  kuchi.



**Berilgan**

$$h_1 = 23 \text{ m}$$

$$h_2 = 11.5 \text{ m}$$

$$t = 17.25 \text{ m}$$

$$b = 6 \text{ m}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$G = 100 \text{ kN}$$

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

**Yechish:**

1) Yuqori b'efdan shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_{c1} = \gamma \cdot h_{c1} = \gamma \cdot \left[ (h_1 - t) + \frac{t}{2} \right] = 10 \cdot \left[ (23 - 17.25) + \frac{17.25}{2} \right] = 10 \cdot 14.25 = 142.5 \text{ kN/m}^2$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_1 = \frac{t}{\sin \alpha} \cdot b = \frac{17.5}{0.707} \cdot 6 = 148.5 \text{ m}^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_1 = p_{c1} \cdot \omega_1 = 142.5 \cdot 148.5 = 21161.25 \text{ kN}$$

4) Pastki b'efdan shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_{c2} = \gamma \cdot h_{c2} = \gamma \cdot \frac{h_2}{2} = 10 \cdot \frac{11.5}{2} = 57.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

5) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha} \cdot b = \frac{11.5}{0.707} \cdot 6 = 97.9 \text{ m}^2$$

6) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_2 = p_{c2} \cdot \omega_2 = 57.5 \cdot 97.6 = 5612 \text{ kN}$$

7) Shitga ta'sir etayotgan umumiy GBK ni aniqlaymiz.

$$\Sigma_x = P_{um} = P_1 - P_2 = 21161.25 - 5612 = 15549.25 \text{ kN}$$

8) Yuqori b'efdagi bosim markazini aniqlaymiz.

$$Z_{d1} = Z_{c1} + \frac{J_1}{Z_{c1} \cdot \omega_1}$$

$$Z_{c1} = \frac{h_{c1}}{\sin \alpha} = \frac{14.25}{0.707} = 20.15 \text{ m}$$

$$\omega_1 = 148.5 \text{ m}^2$$

$$J_1 = \frac{b}{12} \cdot \left( \frac{t}{\sin \alpha} \right)^3 = \frac{6}{12} \cdot \left( \frac{17.25}{0.707} \right)^3 = 0.5 \cdot 14524.7 = 7262.38$$

$$Z_{d1} = 20.15 + \frac{7262.38}{20.15 \cdot 148.5} = 22.57 \text{ m}$$

9) Pastki b'efdagi bosim markazini aniqlaymiz.

$$Z_{d2} = Z_{c2} + \frac{J}{Z_{c2} \cdot \omega_2} = 8.13 + \frac{2151.8}{8.13 \cdot 97.6} = 10.84 \text{ m}$$

$$Z_{c2} = \frac{h_{c2}}{\sin \alpha} = \frac{5.75}{0.707} = 8.13 \text{ m}$$

$$\omega_2 = 97.6 \text{ m}^2$$

$$J = \frac{b}{12} \cdot \left( \frac{h_2}{\sin \alpha} \right)^3 = \frac{6}{12} \cdot \left( \frac{11.5}{0.707} \right)^3 = 0.5 \cdot 4303.6 = 2151.8 \text{ m}$$

10) Umumiy ta'sir etayotgan GBK ning qo'yilish nuqtasini aniqlash uchun A nuqtaga nisbatan moment olamiz.

$$\Sigma M_0 = 0$$

$$P_{um} l = P_1 \cdot \left[ Z_{d1} - \left( \frac{h_1 - t}{\sin \alpha} \right) \right] - P_2 \cdot \left[ Z_{d2} + \left( \frac{t - h_2}{\sin \alpha} \right) \right]$$

$$l = \frac{F_1 \cdot \left[ Z_{d1} - \left( \frac{h_1 - t}{\sin \alpha} \right) \right] - F_2 \cdot \left[ Z_{d2} + \left( \frac{t - h_2}{\sin \alpha} \right) \right]}{F_{um}}$$

$$= \frac{21161.25 \cdot \left[ 22.57 - \left( \frac{23.5 - 17.25}{0.707} \right) \right] - 5612 \cdot \left[ 10.84 + \left( \frac{17.25 - 11.5}{0.707} \right) \right]}{15549.25}$$

$$= \frac{21161.25 \cdot 13.73 - 5612 \cdot 18.97}{15549.25} = \frac{184084.32}{15549.25} = 11.83 \text{ m}$$

$$l = 11.83 \text{ m}$$

11) Shitni qo'zg'atuvchi T kuchni aniqlash uchun A nuqtaga nisbatan moment olamiz.

$$\Sigma M_0 = 0$$

$$T \cdot \frac{t}{\sin \alpha} - P_{um} \cdot l - G \cdot \frac{t}{2 \cdot \sin \alpha} = 0$$

$$T = \frac{P_{um} \cdot l + G \cdot \frac{t}{2 \cdot \sin \alpha}}{\frac{t}{\sin \alpha}} = \frac{15549.25 \cdot 11.83 + 100 \cdot \frac{17.25}{2 \cdot 0.707}}{\frac{17.25}{0.707}}$$

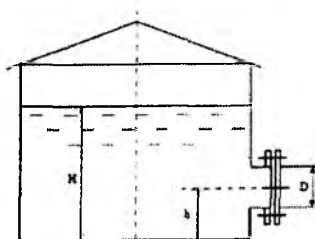
$$= \frac{183947.62 - 1219.94}{24.398} = 7489.4 \text{ kN}$$

Javob:  $P_1 = 21161.25 \text{ kN}$

$P_2 = 5612 \text{ kN}$

6 – Masala. Rezervuarga zichligi  $\rho = 860 \text{ kg/m}^3$  bo'lgan kerosin quyilgan. Kerosin chuqurligi  $H = 8 \text{ m}$  rezervuar tubigacha.  $h = 0.5 \text{ m}$ . Qopqoq diametri

$D = 0.75 \text{ m}$ , va u  $n = 12$  dona bolt bilan qotirilgan. Ruxsat etilgan kuchlanish  $\sigma = 700 \text{ kg/m}^2 = 70 \text{ MPa}$  boltlar diametrini aniqlang.



**Berilgan:**

$$H = 8 \text{ m}$$

$$h = 0.5 \text{ m}$$

$$\gamma = 8.6 \text{ kN/m}^3$$

$$D = 0.75 \text{ m}$$

$$n = 12$$

$$\sigma = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = ?$$

- 1) Qopqoqning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot (H - h) = 8.6 \cdot (8 - 0.5) = 0.86 \cdot 7.5 = 64.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = 0.785 \cdot 0.75^2 = 0.44 \text{ m}^2$$

- 3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P = p_c \cdot \omega = 64.5 \cdot 0.44 = 28.48 \text{ kN}$$

- 4) Kuchni boltlarga taqsimlaymiz.

$$Q = \frac{P}{n} = \frac{28.48}{12} = 2.37 \text{ kN} = 237 \text{ kgk}$$

- 5) Cho'zilish va siqilish defarmatsiyasiga asosan, ruxsat etilgan kuchdan foydalanib boltlar diametrini aniqlaymiz.

$$\sigma = \frac{Q}{\omega_\sigma} \leq [\sigma]$$

$$\omega_\sigma = \frac{Q}{[\sigma]} \quad \omega_\sigma = \frac{\pi d^2}{4}$$

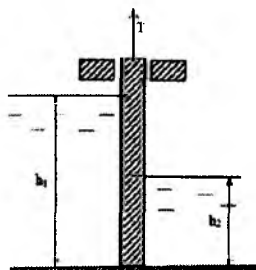
$$d = \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]} \cdot \frac{4}{\pi}} = \sqrt{\frac{237}{700} \cdot \frac{4}{3.14}} = 0.65 \text{ sm}$$

$$d \geq 0.65 \text{ sm} = 6.5 \text{ mm}$$

**7 – Masala.** Suvni to'sib turgan zatvorning o'lchamlari: bo'yi  $a = 4 \text{ m}$ , eni  $b = 2 \text{ m}$  va qalinligi  $c = 0.2 \text{ m}$  chap tomonidagi suvning chuqurligi  $h_1 = 3 \text{ m}$ , o'ng tomonidagi suvning chuqurligi  $h_2 = 1.5 \text{ m}$ . Zatvor metaldan tayyorlangan  $\gamma_m = 75$

$kN/m^3$ . Ishqalanish koeffitsiyenti  $f = 0.4$ . Suvning solishtirma og'irligi og'irligi  $\gamma = 10 \text{ kg/m}^3$  bo'lsa zatvorni ko'taruvchi dastlabki kuch  $T$  ni aniqlang?

**Berilgan:**



$$a = 4 \text{ m}, b = 2 \text{ m}, c = 0.2b$$

$$h_1 = 3 \text{ m}, h_2 = 1.5,$$

$$\gamma_m = 75 \text{ kN/m}^3$$

$$f = 0.4$$

$$T = ?$$

- 1) Chap tomondan zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_{c1} = \gamma \cdot h_{c1} = \gamma \cdot \frac{h_1}{2} = 10 \cdot \frac{3}{2} = 10 \cdot 1.5 = 15 \frac{kN}{m^2}$$

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_1 = h_1 \cdot b = 3 \cdot 2 = 6 \text{ m}^2$$

- 3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_1 = p_{c1} \cdot \omega_1 = 15 \cdot 6 = 90 \text{ kN}$$

- 4) O'ng tomondan shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz,

$$P_{c2} = \gamma \cdot h_{c2} = \gamma \cdot \frac{h_2}{2} = 10 \cdot \frac{1.5}{2} = 10 \cdot 0.75 = 7.5 \frac{kN}{m^2}$$

- 5) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_2 = h_2 \cdot b = 1.5 \cdot 2 = 3 \text{ m}^2$$

- 6) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_2 = p_{c2} \cdot \omega_2 = 7.5 \cdot 3 = 22.5 \text{ kN}$$

- 7) Zatvorning og'irlik kuchini aniqlaymiz.

$$G = \gamma_m \cdot W = \gamma_m \cdot a \cdot b \cdot 0.2b = 75 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0.2 \cdot 2 = 75 \cdot 3.2 = 240 \text{ kN}$$

- 8) Zatvorni ko'taruvchi  $T$  kuchni aniqlaymiz.

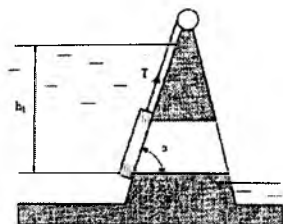
$$T \geq G + (F_1 + F_2) \cdot f = 240 + (90 + 22.5) \cdot 0.4 = 240 + 45 = 285$$

**Javob :**  $T \geq 285 \text{ kN} = 25.5 \text{ Tk}$

**8 – Masala.** To'g'onda suvning chiqish qismini to'sib turuvchi shitning balandligi  $a = 2 \text{ m}$ , eni  $B = 1.6 \text{ m}$ , qalinligi  $c = 0.25b$ ,  $\alpha = 60^\circ$ . Shitning pastki



qismigacha bo'lgan chuqurlik  $h_1 = 10\text{ m}$ , shitning massasi  $m = 2\text{ t}$ , ishqalanish  $f = 0.3$  suvning solishtirma og'irligi  $\gamma = 10\text{ kH/m}^3$  bo'lsa shitni ko'taruvchi  $T$  kuchni aniqlang?



**Berilgan:**

$$h_1 = 10\text{ m}, \quad a = 2\text{ m}, \quad b = 1.6\text{ m}, \quad c = 0.25b$$

$$\alpha = 60^\circ \quad m = 2T \quad f = 0.3 \quad \gamma = 10$$

$$\text{kN/m}^3 = 1\text{ Tk/m}^3$$

$$T = ?$$

**Yechish:**

- 1) Shitning 0 og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \left(h_1 - \frac{a}{2}\right) = 1 \cdot \left(10 - \frac{3}{2}\right) = 1 \cdot 9 = 9 \cdot \frac{\text{Tk}}{\text{m}^2}$$

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{a}{\sin \alpha} \cdot b = \frac{2}{0.866} \cdot 1.6 = 3.7\text{ m}^2$$

- 3) Shitga ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega = 9 \cdot 3.7 = 33.25\text{ Tk}$$

- 4) Shitni ko'taruvchi kuch Arximed kuchini aniqlaymiz.

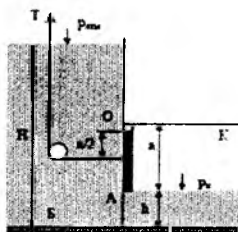
$$P_A = \gamma \cdot W = \gamma \cdot a \cdot b \cdot 0.25b = 1 \cdot 2 \cdot 1.6 \cdot 0.4 = 1.28\text{ Tk}$$

- 5) Shitni yuqoriga ko'taruvchi  $T$  kuchni aniqlaymiz.

$$T \geq m \cdot \cos \alpha + F \cdot f - P_A = 2 \cdot 0.5 + 33.25 \cdot 0.3 - 1.28 = 1 + 9.975 - 1.28 = 9.7\text{ Tk}$$

**Javob:**  $T \geq 9.7\text{ Tk} = 97\text{ kN} = 97000\text{ N}$

**9 – Masala.** B Rezervuardan suvni chiqarish uchun A zatvorni ochish uchun kerak bo'lgan  $T$  kuchni aniqlang. O'lchamlari: eni  $b = 0.6\text{ m}$ , balandligi  $a = 1.2\text{ m}$ . Suvning chuqurligi  $H = 10\text{ m}$ . Kameradagi bosim  $P_K = 0.01\text{ at} = 1000\text{ Па}$ ,  $h = 0.8\text{ m}$



**Berilgan**

$$a = 1.2\text{ m}$$

$$b = 0.6\text{ m}$$

$$H = 10\text{ m}$$

$$h = 0.8\text{ m}$$

$$P_K = 0.01\text{ at} = 1\text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = 10\text{ kN/m}^3$$

$$T = ?$$

### Yechish:

- 1) Zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = P_{at} + \gamma \cdot h_c = P_{at} + \gamma \cdot \left( H - h - \frac{a}{2} \right) = 100 + \left( 10 - 0.8 - \frac{1.2}{2} \right) \\ = 100 + 10 \cdot 8.6 = 186 \frac{kN}{m^2}$$

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = ab = 1.2 \cdot 0.6 = 0.72 m^2$$

- 3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega - P_K \cdot \omega = (P_c - P_K) \cdot \omega = (186 - 1) \cdot 0.72 = 185 \cdot 0.72 \\ = 133.2 kN$$

- 4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_d = h_c + \frac{J}{h_c \cdot \omega} \\ J = \frac{b \cdot a^3}{12} = \frac{0.6 \cdot 1.2^3}{12} = 0.0864 \\ h_c = 8.6 m \quad \omega = 0.72 m^2 \\ h_d = 8.6 + \frac{0.0864}{8.6 \cdot 0.72} = 8.61 m$$

- 5) T kuchini aniqlash uchun 0 nuqtaga nisbatan moment olamiz.

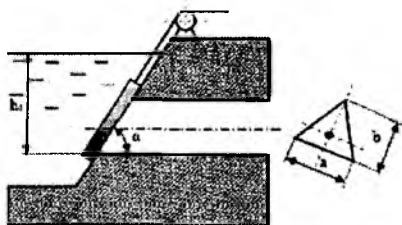
$$\Sigma M_0 = 0$$

$$T \cdot \frac{a}{2} - F \cdot (h_d - H - h - a) = 0$$

$$T = \frac{F \cdot (h_d - H - h - a) \cdot 2}{a} = \frac{133.2 \cdot (8.61 - 8) \cdot 2}{1.2} \\ = \frac{133.2 \cdot 1.22}{1.2} = 135.42 kN$$

**Javob:**  $T \geq 135.4 kN = 13.54 TK$

**10 – Masala.** Uchburchak shaklidagi suv tashlama zatvorning asosi  $a = 12m$ , balandligi  $b = 1.5m$ , qiyaligi  $\alpha = 45^\circ$ , suvning chuqurligi  $h = 9.5m$   $\rho = 1000$   $kh/m^3$  bo'lsa zatvorga ta'sir etayotgan GBK va bosim markazini aniqlang.



**Berilgan**

$$h = 9.5 m$$

$$a = 1.2 m$$

$$b = 1.5 m$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\gamma = 10 kN/m^3$$

$$F = ? \quad h_d = ?$$

**Yechish:**

- 1) Zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = \gamma \cdot \left( h - \frac{b}{3} \cdot \sin \alpha \right) = 10 \cdot \left( 9.5 - \frac{1.5}{3} \cdot 0.707 \right) = 10 \cdot 9.14 = 91.4 \frac{kN}{m^2}$$

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{a \cdot b}{2} = \frac{1.2 \cdot 1.5}{2} = 0.9 m^2$$

- 3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

$$F = P_c \cdot \omega = 91.4 \cdot 0.9 = 82.26 kN$$

- 4) Bosim markazini aniqlaymiz.

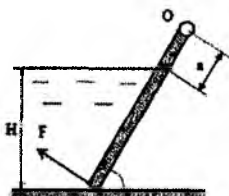
$$Z_d = Z_c + \frac{J}{Z_c \cdot \omega}$$

$$Z_c = \frac{h_c}{\sin \alpha} = \frac{0.14}{0.707} = 0.198 m$$

$$\omega = 0.9 m^2$$

**Javob:**  $F = 82.26 kN$

**11 – Masala.** O o'q atrofida aylanuvchi shitni ko'taruvchi kuch  $F$  ni aniqlang. Shitning og'irligi hisobga olinmasin. Shitning eni  $b=1.25m$ , suvning chuqurligi  $H=1.5m$ ,  $a=0.2m$ ,  $\alpha=60^\circ$ .

**Berilgan:**

$$\gamma = 10 kN/m^3 \quad H = 1.5 m$$

$$b = 1.25 m \quad a = 0.2 m$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$Q = ?$$

**Yechish:**

- 1) Shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{H}{2} = 10 \cdot \frac{1.5}{2} = 10 \cdot 0.75 = 7.5 \frac{kN}{m^2}$$

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{H}{\sin \alpha} \cdot b = \frac{1.5}{0.866} \cdot 1.25 = 2.16 m^2$$

- 3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega = 7.5 \cdot 2.16 = 16.2 kN$$

- 4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$Z_d = h_c + \frac{J}{h_c \cdot \omega}$$

$$Z_c = 0.866 \text{ m} \quad \omega = 2.16 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{b}{12} \cdot \left( \frac{H}{\sin \alpha} \right)^3 = \frac{1.25}{12} \cdot \left( \frac{1.5}{0.866} \right)^3 = 0.54$$

$$Z_d = 0.866 + \frac{0.54}{0.75 \cdot 2.16} = 1.21 \text{ m}$$

5) Q kuchni aniqlash uchun 0 nuqtaga nisbatan moment olamiz.

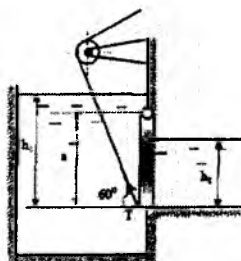
$$\Sigma m_0 = 0$$

$$Q \cdot \left( \frac{H}{\sin \alpha} \cdot a \right) - F \cdot (Z_d + a) = 0$$

$$Q = \frac{F \cdot (Z_d + a)}{\left( \frac{H}{\sin \alpha} \cdot a \right)} = \frac{16.2 \cdot (1.21 + 0.2)}{\left( \frac{1.5}{0.866} + 0.2 \right)} = \frac{22.84}{1.93} = 11.83 \text{ kN}$$

**Javob:**  $Q \geq 11.83 \text{ kN} = 1.18 \text{ Tk}$

**12 – Masala.** Rezervuarda suvni to'sib turgan shitning o'lchamlari  $a = 3 \text{ m}$ ,  $b = 4 \text{ m}$ . Chap tomondagi suvning chuqurligi  $h_1 = 5 \text{ m}$ , o'ng tomonda esa  $h_2 = 2 \text{ m}$ . Suvning solishtirma og'irligi  $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$ . Shit  $O$  nuqtadagi sharnir atrofida aylanadi. Shitni dastlabki ko'taruvchi kuch  $T$  ni aniqlang.



**Berilgan:**

$$h_1 = 5 \text{ m}$$

$$h_2 = 2 \text{ m}$$

$$a = 3 \text{ m}$$

$$b = 4 \text{ m}$$

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$T = ?$$

**Yechish:**

1) Dastlabki rezervuarining chap tomonidan shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \left( h_1 - \frac{a}{2} \right) = 10 \cdot \left( 5 - \frac{3}{2} \right) = 10 \cdot 3.5 = 35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = a \cdot b = 3 \cdot 4 = 12 \text{ m}^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F_1 = P_c \cdot \omega = 35 \cdot 12 = 420 \text{ kN}$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_{d1} = h_c + \frac{J_{ox}}{h_c \cdot \omega}$$

$$h_c = 3.5 \text{ m}$$

$$J_{ox} = \frac{b \cdot a^3}{12} = \frac{4 \cdot 3^3}{12} = \frac{108}{12} = 9$$

$$h_{d1} = 3.5 + \frac{9}{3.5 \cdot 12} = 3.71 \text{ m}$$

5) O'ng tomondan shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$F_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{h_2}{2} = 10 \cdot \frac{2}{2} = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

6) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = h_2 \cdot b = 2 \cdot 4 = 8 \text{ m}^2$$

7) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

$$F_2 = P_c \cdot \omega = 10 \cdot 8 = 80 \text{ kN}$$

8) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_{d2} = h_c + \frac{J_{ox}}{h_c \cdot \omega}$$

$$h_c = 1 \text{ m} \quad \omega = 8 \text{ m}^2$$

$$J_{ox} = \frac{b \cdot h_2^3}{12} = \frac{4 \cdot 8^3}{12} = \frac{32}{12} = 2.66$$

$$h_{d2} = 1 + \frac{2.66}{1 \cdot 8} = 1.33 \text{ m}$$

9) T kuchni aniqlash uchun sharnir turgan O nuqtaga nisbatan moment olamiz.

$$\Sigma M_O = 0$$

$$T \cdot a \cdot \cos 60^\circ - F_1 \cdot [h_{d1} - (h_1 - a)] + F_2 \cdot [h_{d2} + (a - h_2)] = 0$$

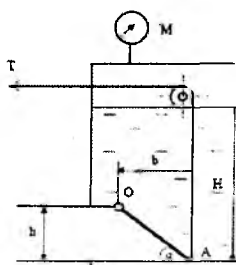
Bundan:

$$T = \frac{F_1 \cdot [h_{d1} - (h_1 - a)] - F_2 \cdot [h_{d2} + (a - h_2)]}{a \cdot \cos 60^\circ}$$

$$= \frac{420 \cdot [3.71 - (5 - 3)] - 80 \cdot [1.33 + (3 - 2)]}{3 \cdot 0.5}$$

$$= \frac{420 \cdot 1.71 - 80 \cdot 2.33}{1.5} = \frac{531.8}{1.5} = 354.53 \text{ kN}$$

**Javob:**  $T = 354.53 \text{ kN}$



**Mustaqil yechishga doir masalalar:**

**13 – Masala.** Rezervuardan benzinni kvadrat quvur ( $h = 0.3 \text{ m}$ ) ga chiqish qismida qiya joylashgan AO klapan to'sib turibdi. Qiyalik  $\alpha = 45^\circ$ . Benzin chuqurligi  $H = 0.85$

m, benzin zichligi  $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$ , benzin rezervuaridagi manometrning ko'rsatgichi  $M = 0.05 \text{ kg/m}^2 = 5000 \text{ Па} = 50 \text{ kN/m}^2$ . Trossdagi kuchlanish  $T$  ni aniqlang.

**Berilgan**

$$H = 0.85 \text{ m}$$

$$h = 0.3 \text{ m}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

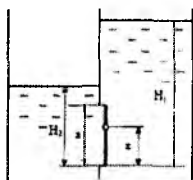
$$P_M = 50 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = 7 \text{ kN/m}^3$$

$$T = ?$$

**Javob:**  $T = 4.55 \text{ kN}$

**14 – Masala.** Ikki qismga ajralgan rezervuar o'rtasiga kvadrat shakildagi  $a \times a = 0.6 \times 0.6 \text{ m}^2$  shit(darvoza) quyilgan. O'ng tomondagi suvning sathi  $H_1 = 2 \text{ m}$ , ga etishi bilan shit avtomatik tarzda ochilishi uchun shamir berilgan o'qdan qancha masofada-  $x$  bo'lishi kerak? Chap tomondagi suv sathi o'zgarmas  $H_2 = 1 \text{ m}$ . Sharnirdagi reaksiya kuchini  $R_0$  aniqlang.



**Berilgan**

$$H_1 = 2 \text{ m}$$

$$H_2 = 1 \text{ m}$$

$$a = 0.6 \text{ m}$$

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

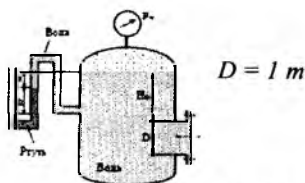
$$x = ? \quad R_0 = ?$$

**Javob:**  $X = 0.29 \text{ m}; R_0 = 3.6 \text{ kN}$

**15 – Masala.** Diametri  $D = 1 \text{ m}$  bo'lgan qopqoqqa ta'sir etayotgan GBK ni quyidagi holatlarda aniqlang.

a) Manometr ko'rsatgichi  $P_m = 0.08 \text{ MPa}$   $H_0 = 1.5 \text{ m}$ .

b) Vakuummetr simob ko'rsatgichi  $h = 73.5 \text{ mm}$   $a = 1 \text{ m}$   $\rho_{\text{sim}} = 13600 \text{ kg/m}^3$   $H_0 = 1.5 \text{ m}$ .



**Berilgan**

$$H_0 = 1.5 \text{ m}$$

$$P_M = 80 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

**Javob:**  $F = 0$

## 2.14. Egri sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim

Texnikada ba'zi hollarda egri sirtga tushadigan bosimni topish talab etiladi. Buni topish uchun 2.34-rasmdan foydalanamiz. Egri sirtga tushadigan bosim chegirma va gidrostatik bosim kuchlari yig'indisidan iborat:

$$p = p_w + p_0 \quad (2.38)$$

Uni hisoblash uchun egri sirtga kichkina  $d\omega$  yuza olamiz. Koordinata o'qlarini rasmda ko'rsatilgandek yo'naltiramiz. U holda kichkina yuzaga tushadigan bosim  $dP, dP_x$  va  $dP_y$  proyeksiyalarga ega bo'ladi.  $d\omega$  yuzaning  $xOz$  va  $yOz$  tekisliklardagi proyeksiyalari esa  $d\omega_x$  va  $d\omega_y$  ga teng. Kichkina yuzaga tushadigan bo'lgan bosim yuqorida ko'rganimizdek quyidagicha ifodalanadi:

$$dP = \gamma d\omega.$$

Uning gorizonttal tashkil etuvchisi esa

$$dP_x = dP \cos \alpha = \gamma d\omega \cos \alpha$$

Ikkinchi tomondan  $d\omega \sin \alpha = d\omega_y$  bo'lgani uchun

$$dP_x = \gamma d\omega_y.$$

Egri sirtga ta'sir etayotgan to'liq bosimning proyeksiyasini topish uchun  $S_y$  yuza bo'yicha integral olamiz:

$$P_x = \int_{(\omega_y)} \gamma d\omega_y = \gamma \int_{(\omega_y)} h d\omega_y, \quad (2.39)$$

lekin  $\int_{(\omega_y)} h d\omega_y = \omega_y$  yuzaning  $Oz$  o'qqa nisbatan statik momentidir.

Shuning uchun

$$\int_{(\omega_y)} h d\omega_y = \omega_y h_0,$$

bu yerda  $\omega_y$  - egri sirtning  $yOz$  o'qdagi proyeksiyasi;  $h_0$  -  $\omega$  yuza og'irlik markazining chuqurligi;  $h_0 = \frac{h}{2}$ . Shunday qilib, egri sirtga tushadigan bosimning gorizonttal tashkil etuvchisi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$P_x = \gamma \omega_y h_0. \quad (2.40)$$

Bu formula tekis sirtlarga tushadigan bosimni hisoblash formulasiga o'xshaydi va undan faqat  $\omega_y$  yuza egri sirtning  $yOz$  tekislikdagi proyeksiyasi ekanligi bilan farq qiladi.

Endi, egri sirtga tushadigan bosimning vertikal tashkil etuvchisini topamiz.

2.34-rasmdan

$$dP_y = dP \sin \alpha = \gamma \omega \sin \alpha,$$

Ammo  $d\omega \sin \alpha = d\omega_x$  bo'lgani uchun

$$dP_y = \gamma h d\omega_x.$$

Integrallash yo'li bilan  $P_y$  ni topamiz:

$$P_y = \int_{(ax)} \gamma h d\omega_x = \gamma \int_{(ax)} h d\omega_x = \gamma W,$$

bu yerda  $W = \int_{\omega(x)} h d\omega_x$  – egri sirt, uning chegarasidagi vertikal va erkin sirtlar

orasidagi hajmdan iborat bo'lib, bosuvchi jism deb ataladi.

Shunday qilib, egri sirtga tushadigan bosimning vertikal tashkil etuvchisi bosuvchi jism hajmi bilan suyuqlik solishtirma og'irligining ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$P_y = \gamma W. \quad (2.41)$$

Egri sirtga tushadigan bosimning gorizontal va vertikal tashkil etuvchilari orqali uning o'zini topish mumkin:

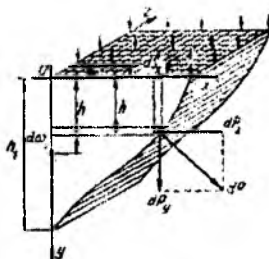
$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}. \quad (2.42)$$

Demak, egri sirtga tushadigan bosim uning tashkil etuvchilari  $P_x$  va  $P_y$  ning kvadratlari yig'indisidan olingan ildizga teng ekan. Egri sirtga tushadigan bosimning yo'nalishi quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$\cos \alpha = \frac{P_x}{P} \text{ yoki } \sin \alpha = \frac{P_y}{P} \text{ yoki}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_y}{P_x}.$$

Kuchning qo'yilish nuqtasi grafik usulda topiladi. U kuch yo'nalishi bilan egri sirtning kesishgan nuqtasida bo'ladi.



2.30- rasm. Egri sirtga tushadigan bosimni tushuntirishga doir chizma.



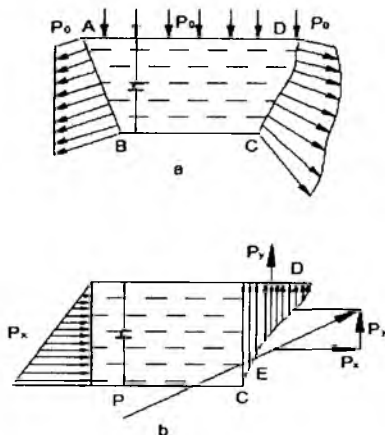
### 2.13. Bosim epyurasi

Biror sirt yoki kontur bo'yicha bosim taqsimlanishining grafik usulda ifodalanishi *bosim, epyurasi* deb ataladi.

**a) Tekis sirt.** Tekis sirtning erkin sirt bilan tutashgan yeridagi bosim erkin sirtidagi bosimga teng (2.35- rasm). Uning qolgan nuqtalarida esa erkin sirtidagi bosimga chegirma bosim qo'shiladi. Gidrostatikaning asosiy tenglamasiga asosan

$$p = p_0 + \gamma h$$

ya'ni sirtning eng pastki nuqtasida bosim eng katta miqdorga ega bo'ladi.



2.31-rasm. Bosim epyurasi

AB sirtga tushadigan bosim epyurasini olish uchun A va B nuqtalarda bosimning miqdori va yo'nalishini qo'yib, uchlarini tutashtiramiz. Hosil bo'lgan shakl bosim epyurasi bo'ladi. Bosim vektorlari uchini tutashtiruvchi chiziqlarning bosim vektori bilan tashkil qilgan burchagi quyidagicha topiladi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{\gamma h} = \frac{1}{\gamma}$$

Bosim epyurasi esa trapetsiya ko'rinishida bo'lib, to'g'ri to'rtburchak ko'rinishidagi tashqi bosim va uchburchak ko'rinishidagi chegirma bosim epyuralarining yig'indisidan iborat.

**b) Egri sirtida** bosim ikki tashkil etuvchiga ega bo'lib (2.35-rasm, b),  $P_x$  tashkil etuvchisi tekis sirtidagi kabi epyuraga ega bo'ladi.  $P_y$  ning epyurasi esa egri sirt bilan erkin sirt orasidagi soha shakliga ega bo'ladi. Teng ta'sir etuvchi kuch yoki to'liq bosimning qo'yilish nuqtasi va kattaligini grafik usulda topish mumkin. Buning uchun  $P_x$  tashkil etuvchining yo'nalishini  $P_y$  ning yo'nalishi bilan kesishguncha davom ettiramiz. Kesishgan nuqtasiga esa  $P_x$  va  $P_y$  larni keltirib

qo'yamiz va parallelogramm hosil qilamiz. Uning diagonali yo'nalishini egri sirt bilan kesishguncha davom ettirib, kesishish nuqtasiga suyuqlik tomondan hosil bo'lgan  $P$  kuchni keltirib qo'yamiz  $E$  nuqta bosim markazi yoki teng ta'sir etuvchi kuchning qo'yilishi nuqtasi bo'ladi.

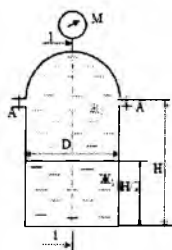
Texnikada uchraydigan sirtlar silindr, sfera va uning qismlaridan iborat bo'lishi mumkin.

### Amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir ko'rsatma:

**1 - Masala.** Vertikal holatda silindir sistema yarimshar shaklidagi qopqoq bilan yopilgan va ichida ikki xil suyuqlik ( $X_1, X_2$ ) ( $\rho_1 = 1150 \text{ kg/m}^3$  va  $\rho_2 = 1060 \text{ kg/m}^3$ ) quyilgan. Sistema diametri  $D = 2.6 \text{ m}$ , silindr qismining balandligi  $H = 4.5 \text{ m}$ ,  $X_1$ , suyuqlik chuqurligi  $H/2$ , manometrik ko'rsatgichi  $P_m = 0.01 \text{ MPa}$ .

#### Aniqlang:

$A$  Boltidagi kuchlanish, 1 – 1 kesimdagi GBK ning gorizantal tashkil etuvchisini.



2.32-rasm

#### Berilgan;

$$D = 2.6 \text{ m}$$

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$P_M = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_1 = 11.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = 10.6 \text{ kN/m}^3$$

$$\underline{R = 1.3 \text{ m}}$$

$$P_x = ? \quad P_A = ?$$

#### Yechish:

1) Yarim sfera qopqoqni yuqoriga ko'taruvchi kuchni aniqlaymiz.

$$F_z = P_M \cdot \omega = P_M \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 10 \cdot \frac{3.14}{4} \cdot 2.6^2 = 10 \cdot 5.3 = 53 \text{ kN}$$

2)  $A$  boltidagi kuchlanishni aniqlaymiz

$$P_A = \frac{F_z}{2} = \frac{53}{2} = 26.5 \text{ kN}$$

3) 1 – 1 kesimdagi gorizantal tashkil etuvchi  $P_x$  ni aniqlaymiz.

$$F_x = F_2 + F_1$$

$$F_2 = P_c \cdot \omega = (P_M + \gamma_2 \cdot h_c) \cdot \omega = \left[ P_M + \gamma_2 \cdot \left( \frac{H}{2} + R \right) \right] \cdot \left( D \cdot \frac{H}{2} + \frac{\pi R^2}{2} \right) \\ = \left[ 10 + 10.6 \cdot \left( \frac{2.25 + 1.3}{2} \right) \right] \cdot \left( 2.3 \cdot 2.25 + \frac{3.14 \cdot 1.3^2}{2} \right) = 28.8 \cdot 8.5 \\ = 244.9 \text{ kN}$$

$$F_1 = P_c \cdot \omega = (P_M + \gamma_2 \cdot h + \gamma_1 h_c) \cdot \omega = \left[ P_M + \gamma_2 \cdot \left( \frac{H}{2} + R \right) + \gamma_1 \cdot \frac{H}{2} \right] \cdot \left( D \cdot \frac{H}{2} \right) \\ = [10 + 10.6 \cdot (2.25 + 1.3) + 11.5 \cdot 1.125] \cdot 2.6 \cdot 2.25 = 60.25 \cdot 5.85 \\ = 354.5 \text{ kN}$$

$$F_x = P_2 + P_1 = 244.9 + 354.2 = 599 \text{ kN}$$

**Javoblar:**  $F_x = 599 \text{ kN}$   $P_A = 26.5 \text{ kN}$

**2 - Masala.** Tubi yarim shar shaklidagi silindrik rezervuarga suv quyilgan. Agar  $d = 4 \text{ m}$ ;  $h_1 = 4 \text{ m}$ ;  $h_2 = 2 \text{ m}$  bo'lsa:

- Rezervuar tubiga ta'sir etayotgan manometrik bosim kuchini aniqlang;
- ABC – devorga ta'sir etayotgan GBKni aniqlang.

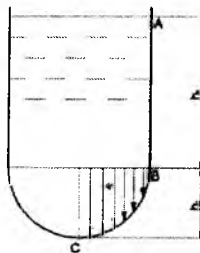
**Yechish:**

1. Idish tubidagi manometrik bosimni aniqlaymiz.

$$P_2 = P_a + \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2)$$

$$P_{2m} = P_2 - P_a \rightarrow P_a + \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2) - P_a = \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2) = 1000 \cdot 9.81 \cdot (4 + 2) = 58860 \text{ Pa} = 0.6 \text{ atm}$$

2. AB devorga ta'sir etayotgan GBKni aniqlaymiz.



**2.33 rasm**

$$P_{AB} = P_{o.g.r.(AB)} \cdot \omega_{AB} = (P_a + \rho \cdot g \cdot h_1) \cdot h_1 \cdot d = (98100 + 1000 \cdot 9.81 \cdot 4) \cdot 4 \cdot 4 = 2.2 \text{ MN}$$

3. BC devorga ta'sir etayotgan GBKni  $P_x$  tashkil etuvchisini aniqlaymiz.

$$P_{x(BC)} = \frac{1}{2} \cdot P_2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{1}{8} \cdot 156960 \cdot 3.14 \cdot 4^2 \approx 1 \text{ MN}$$

4. BC devorga ta'sir etayotgan GBKni  $P_z$  tashkil etuvchisini aniqlaymiz.

$$P_{z(BC)} = W_{B.T.} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot 2^3 = 8.37 \text{ N}$$

5. BC devorga ta'sir etayotgan GBK quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{BC} = \sqrt{P_{x(BC)}^2 + P_{z(BC)}^2} = \sqrt{1000000^2 + 8.37^2} \approx 1 \text{ MN}$$

6. ABC devorga ta'sir etayotgan GBK quyidagicha aniqlanadi:

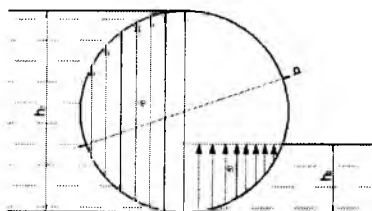
$$P_{ABC} = \sqrt{P_{AB}^2 + P_{BC}^2} = \sqrt{2.2^2 + 1.0^2} \approx 2.41 \text{ MN}$$

**3 - Masala.** Diametri  $D = 2 \text{ m}$  va uzunligi  $L = 5 \text{ m}$  bo'lgan silindrik darvozaga ta'sir etayotgan kuchning miqdori va yo'nalishini aniqlang.

Agar:

$$h_1 = 3 \text{ m};$$

$$h_2 = 1 \text{ m}.$$



2.34 rasm

**Yechish:**

1.  $P_{1x}$  ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{1x} = \frac{h_1 \cdot \gamma \cdot h_1}{2} = \frac{3 \cdot 9810 \cdot 3}{2} = 44145 \text{ N}$$

2.  $P_{1z}$  ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{1z} = W'_{B.T.} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{2}{3} \cdot 3.14 \cdot 1^3 = 2.1 \text{ N}$$

3.  $P_1$  ni quyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz.

$$P_1 = \sqrt{P_{1x}^2 + P_{1z}^2} = \sqrt{44145^2 + 2.1^2} = 44145 \text{ N} \approx 44 \text{ kN}$$

4.  $P_{2x}$  ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{2x} = \frac{h_2 \cdot \gamma \cdot h_2}{2} = \frac{1 \cdot 9810 \cdot 1}{2} = 4905 \text{ N}$$

5.  $P_{2z}$  ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{2z} = W_{B.T.} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{2}{9} \cdot 3.14 \cdot 1^3 = 0.7 \text{ N}$$

6.  $P_2$  ni quyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz.

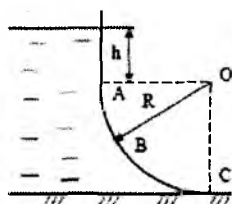
$$P_2 = \sqrt{P_{2x}^2 + P_{2z}^2} = \sqrt{4905^2 + 0.7^2} = 4905 \text{ N} \approx 5 \text{ kN}$$

7. Darvozaga ta'sir etayotgan GBKlarni qo'yilish nuqtasini aniqlaymiz.

$$\alpha_1 = \arctg \frac{P_{1z}}{P_{1x}} = \arctg \frac{2.1}{44145} \approx 1^\circ$$

$$\alpha_2 = \arctg \frac{P_{2z}}{P_{2x}} = \arctg \frac{0.7}{4905} \approx 1^\circ$$

4 – **Masala.** Silindr shaklidagi ABC egri sirtga ta'sir etayotgan GBK ning gorizantal va vertikal tashkil etuvchilarini epyuralarini quring hamda GBK ni aniqlang. Bosim markazini aniqlang. Silindr radiusi  $R = 1.2 \text{ m}$ , uzunligi  $L = 2.0 \text{ m}$ , A nuqta suv sathidan  $h = 0.7 \text{ m}$ , chuqurlikda.



**Berilgan**

$$R = 1.2 \text{ m}$$

$$L = 2.0 \text{ m}$$

$$h = 0.7 \text{ m}$$

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$F = ? \quad \alpha = ?$$

**Yechish:**

1) GBK ning gorizantal tashkil etuvchisini aniqlash uchun egri sirtni vertikal proektsiyasida bosim epyurasini chizamiz.

$$P_A = \gamma \cdot h = 10 \cdot 0.7 = 7 \text{ kN/m}^2$$

$$P_C = \gamma \cdot (h + R) = 10 \cdot (0.7 + 1.2) = 10 \cdot 1.9 = 1.9 \text{ kN/m}^2$$

2) Gorizantal tashkil etuvchi  $F_x$  bosim tanasi hajmiga teng

$$F_x = W_{ep} = \frac{P_A + P_C}{2} R \cdot L = \frac{7 + 19}{2} \cdot 1.2 \cdot 2 = 31.2 \text{ kN}$$

3) Vertikal tashkil etuvchi  $F_z$  ni aniqlaymiz.

$$P_z = \gamma \cdot W_{BT} = 10 \cdot 3.94 = 39.4 \text{ kN}$$

$$W_{BR} = \left( \frac{\pi R^2}{4} + h \cdot R \right) \cdot L = \left( \frac{3.14 \cdot 1.2^2}{4} + 0.7 \cdot 1.2 \right) \cdot 2 = 1.97 \cdot 2 = 3.94 \text{ m}^3$$

- 4) Egri sirtga ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

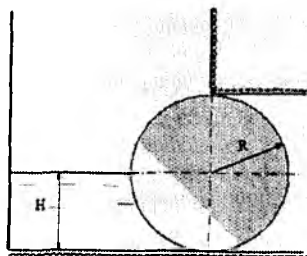
$$P = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = \sqrt{31.2^2 + 39.4^2} = 50.25 \text{ kN}$$

- 5) Gorizontal tekislik bilan tashkil etgan burchagini aniqlaymiz.

$$\alpha = \arctg \alpha = \frac{F_z}{F_x} = \frac{39.4}{31.2} = 1.26 = 51.62^\circ$$

**Javob:**  $F = 50.25 \text{ kN}$ ;  $\alpha = 51.62^\circ$

**5 – Masala.** Radiusi  $R = 3 \text{ m}$ , eni  $L = 2 \text{ m}$ , bo'lgan silindr shaklidagi zatvorga ta'sir etayotgan GBK ni aniqlang. Zatvor oldigagi suv chuqurligi  $H = 3 \text{ m}$ .



**Berilgan**

$$R = 3 \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$H = 3 \text{ m}$$

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$F = ?$$

**Yechish:**

- 1) Zatvorga ta'sir etayotgan GBK ning gorizontal tashkil etuvchisi  $F_x$  ni aniqlaymiz.

$$F_x = P_c \cdot \omega = \gamma \cdot h \cdot \omega = \gamma \cdot \frac{H}{2} \cdot R \cdot L = 10 \cdot \frac{3}{2} \cdot 3 \cdot 2 = 15 \cdot 6 = 90 \text{ kN}$$

- 2) Vertikal tashkil etuvchi  $F_z$  kuchni aniqlaymiz.

$$F_z = \gamma \cdot W_{BT}$$

$$W_{BT} = \frac{\pi R^2}{4} \cdot L = \frac{3.14 \cdot 3^2}{4} \cdot 2 = 14.13 \text{ m}^3$$

$$F_z = 10 \cdot 14.13 = 141.3 \text{ kN}$$

3) Zatvorga ta'sir etayotgan umumiy GBK  $F$  ni abiqalaymiz.

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = \sqrt{90^2 + 141.3^2} = 167.5 \text{ kN}$$

4) Gorizantal tekislik bilan tashkil qiluvchi burchakni aniqlaymiz.

$$\alpha = \arctg \alpha = \frac{F_z}{F_x} = \frac{141.3}{90} = 1.57 = 57.5^\circ$$

**Javob:**  $F = 167.5 \text{ kN}$

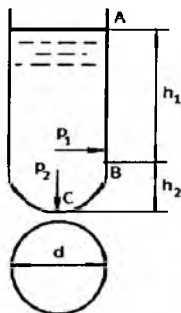
### Mustaqil yechishga doir masalalar:

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:

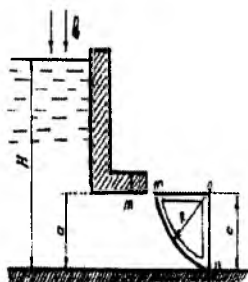
a) Rezervuar tubiga ta'sir etayotgan manometrik bosim kuchini aniqlang;

b)  $ABC$ - devorga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlang (2.39-rasm).

2. Segmentli darvoza bilan oqim to'silgan. Darvoza oldidagi suv sathi  $H = 7 \text{ m}$ ,  $a = 3 \text{ m}$ , darvoza eni  $b = 4 \text{ m}$ , radiusi  $R = 4 \text{ m}$ . Darvozaga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlang (2.40-rasm).



2.35-rasm.



2.36-rasm.

3. Benzin rezervuarining yon tomoniga o'rnatilgan qopqog'i yarim sfera shaklida. Rezervuar qopqog'iga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini hisoblash kerak, agar

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

## 2.14. Arximed qonuni

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

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

- 1) jismga yuqoridan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_1 = \gamma H_1 \omega$$

- 2) jismga pastdan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_2 = \gamma H_2 \omega$$

- 3) pastga yo'nalgan og'irlik kuchi

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

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

$$P = P_2 - P_1 = \gamma \omega (H_2 - H_1) = \gamma \omega \Delta H. \quad (2.43)$$

Bu yerda:  $\gamma$  va  $\gamma_1$  – suyuqlik va jismning solishtirma og'irliklari;  $H_1$  – jismning yuqori qismining chuqurligi;  $H_2$  – jismning pastki qismining chuqurligi;  $\Delta H$  – jismning balandligi;  $\omega$  – jismning yuqori va pastki sirtlarining yuzasi.

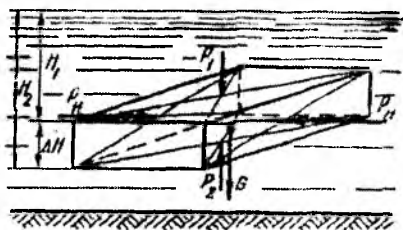
Jismning hajmi  $V = \Delta H S$  bo'lgani uchun siqib chiqaruvchi kuch quyidagicha aniqlanadi:

$$P = \gamma V \quad (2.44)$$

Shunday qilib, jismni siqib chiqarishiga harakat qilayotgan kuch jism siqib chiqargan suyuqlikning og'irligiga teng ekanligi isbotlandi. Bu kuch botirilgan jismlarning qancha chuqurlikda bo'lishiga bog'liq emasligi (2.43) dan ko'rinib turibdi. Arximed qonuni yopiq va ochiq idishlarda suyuqlik sirtida suzib yuruvchi jismlar



uchun ham, uning ichidagi jismlar uchun ham to'g'ridir. Faqat suyuqlik sirtidagi jismlar uchun uning suvga botirilgan qismiga qo'llaniladi.



2.37- rasm. Arximed qonuniga oid chizma

## 2.15. Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik

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

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

yoki

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

Bu kuchni ko'taruvchi kuch deb ataladi.

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

$$R = (\gamma - \gamma_1)V. \quad (2.45)$$

Oxirgi munosabatdan quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

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

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

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

(2.45) dan jismlarning suyuqlikda suzuvchanligi, ya'ni ma'lum yuk bilan suzib yurish qobiliyati to'g'risida xulosa chiqarish mumkin. Har qanday qalqib yuruvchi jism suzuvchanlik imkoniyatiga ega bo'lib, bu uning suzib yurichidagi

xavfsizligini ta'minlaydi. Suzuvchanlik imkoniyati jismning suyuqlik sirtidan yuqori qismining hajmidagi suyuqlik og'irligiga teng.

Suzuvchanlik imkoniyati  $P_c$  bilan belgilanadi va quyidagicha topiladi:

$$P_c = \frac{R}{\gamma} = \frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma} V. \quad (2.46)$$

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

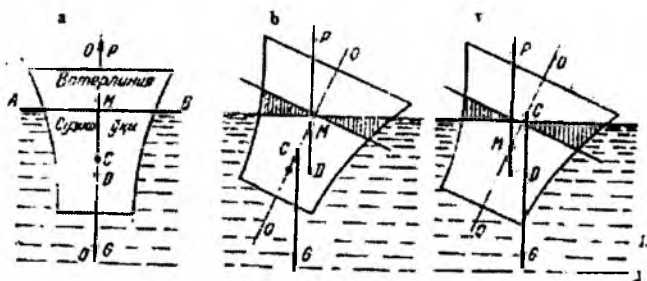
Suzib yuruvchi jism haqida yana quyidagi tushunchalarni keltiramiz.

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

6. *Metamarkaz* – jismning qiya holatida teng ta'sir etuvchi bosim kuchi yo'nalishining suzish o'qi bilan kesishgan nuqtasi (2.42-rasm,  $b, v$ ). Suzayotgan jismning og'irlik markazi  $C$  u qiyalashganda ham o'zgarmaydi. Suv sig'imi markazi  $D$  esa jism qiyaligining har xil holatida har xil bo'ladi. Qiyalik burchagi  $15^\circ$  gacha bo'lganda  $D$  taxminan radiusi biror  $r$  ga teng bo'lgan aylana yoyi bo'yicha siljib boradi va bu radius  $D$  va  $M$  orasidagi masofaga teng bo'lib, metamarkaziy radius deyiladi.  $M$  va  $C$  orasidagi masofa metamarkaziy balandlik deyiladi va  $h$  harfi bilan belgilanadi.

Suyuqlikda suzayotgan jismning qiyalangandan keyin yana avvalgi holatiga, qaytishi *turg'unlik* deyiladi. Bu tushunchaning to'liq mazmunini tushuntirish uchun quyidagilarga to'xtalib o'tamiz.

Normal holatda (2.42-rasm,  $a$ ) og'irlik markazi va suv sig'imi markazi suzish o'qida yotadi. Og'irlik kuchi  $G$  va bosim  $P$  esa suzish o'qi bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Suzayotgan jism qiyshayishi bilan  $G$  va  $P$  kuchlar moment hosil qiladi. Bu moment jism qiyalangan tomon yo'nalishida yoki unga teskari bo'lishi mumkin.



2.38- rasm. Suzib yuruvchi jismlarning turli holatlari.

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

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

2) agar metamarkaz ogʻirlik markazidan pastda boʻlsa (2.42-rasm, b),  $G$  va  $P$  kuchlarning momenti jismni agʻdarishga harakat qiladi, yaʼni jism *noturgʻun* holatda boʻladi;

3) agar metamarkaz ogʻirlik markazi ustiga tushsa, u holda suyuqlikda suzayotgan jism holati *turgʻunlikka bogʻliq* boʻlmaydi (masalan, shar uchun). *Turgʻunlikka bogʻliq* boshqa masalalar ustida toʻxtalib oʻtirmaymiz.

## 2.16. Nisbiy tinchlik

Biz yuqorida koʻrganimizdek, suyuqlik ogʻirlik kuchi taʼsirida muvozanatda turishi mumkin. Bu hol yerga nisbatan tinch turgan yoki toʻgʻri chiziqli tekis harakat qilayotganda idishda muvozanatda boʻlgan suyuqlikka tegishlidir. Hidrostatikadagi barcha masalalar shu hollar uchun koʻrilgan.

Agar idish notekis yoki egri chiziqli harakat qilayotgan boʻlsa, u holda suyuqlik zarrachalariga ogʻirlik kuchidan tashqari nisbiy harakatning inertsiya kuchi yoki markazdan qochirma kuchlari taʼsir qiladi. Bu kuchlar vaqt davomida

o'zgarmasa, ular ta'sirida suyuqlik muvozanat holatini qabul qiladi, ya'ni idish devorlariga nisbatan harakatsiz bo'lib qoladi. Suyuqliklarning bunday muvozanat holati nisbiy tinchlik deyiladi.

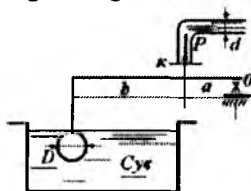
Nisbiy tinchlikda bosimi teng sirtlar va erkin sirt tinch turgan idishdagi gorizontaal tekisliklar oilasidan iborat bo'lgan bunday sirtlardan butunlay farq qiladi. Bu hollarda ta'sir etuvchi massa kuchlar bosimi teng sirtlarga tik yo'nalgan bo'ladi.

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

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

### Amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir ko'rsatma:

3. Quvurdagi manometrik bosim  $P$  miqdorining qaysi qiymatida  $K$  jo'mrak ochiladi, agar quvur diametri  $d = 5$  mm, sharning diametri  $D = 200$  mm bo'lib,  $b = 6a$  ga teng bo'lsa, shar og'irligi hisobga olinmasin (2.43-rasm)



2.39-rasm

#### Yeshimi:

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:

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

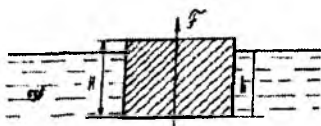
Aniqlangan hadlarni tenglamaga qo'yib, bosim miqdorini aniqlaymiz:

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

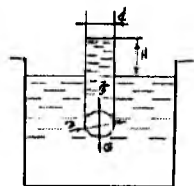
### Mustaqil yechishga doir masalalar:

1. Suvdagi prizmasimon jismning hajmiy og'irligini aniqlang. Uning balandligi  $H = 20$  sm va suyuqlikka cho'kkan qismi  $h = 16$  sm (2.44- rasm).

2. Suvga to'la cho'kkan sharsimon klapan diametri  $d = 100$  mm bo'lgan quvur teshigini berkitadi. Sharning diametri  $D = 150$  mm va massasi  $m = 0,5$  kg bo'lsa, quvurdagi suyuqlik sathining qaysi balandligida ( $H$ ) klapan ochila boshlaydi (2.45 rasm).



2.40- rasm



2.41- 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  $\rho_T = 800$  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 60x60x20 sm bo'lgan muz suvda suzmoqda. Muzning zichligi  $\rho_T = 900$  kg/m<sup>3</sup>. Agar muz erisa, idishdagi suv sathi qanchaga o'zgaradi?

## **II bob bo'yicha nazorat savollari**

1. Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalarini tushuntiring.
2. Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt.
3. Qanday kuchga gidrostatik bosim kuchi deyiladi?
4. Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim
5. Arximed qonuniga oid chizma
6. Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik
7. Gidrostatik mashinalarning qanday turlari mavjud?
8. Metamarkaz nuqta haqida tushuncha bering.

# Amaliy mashg'ulotlarni bajarish bo'yicha hisob grafik ishlarini bajarish

## 1 - Tur

### 1-Masala:

Berilgan:  $\gamma_1 = 600 \text{ kgK/m}^3 = 5886 \text{ N/m}^3$ ,  $\gamma_2 = 7500 \text{ N/m}^3$ ,  $\rho_3 = 90 \text{ kgK} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4 = 883 \text{ kg/m}^3$ ,  $h_1 = 1.1\text{m}$ ,  $h_2 = 1.2\text{m}$ ,  $h_3 = 1.3\text{m}$ ,  $h_p = 2.9\text{m}$ ,  $H = 2.6\text{m}$ ;

**Topish kerak:** 1) Idishdagi suyuqlik erkin sathidagi absolyut bosim  $P_0$ ni ( $\text{kgK/sm}^3$  va  $\text{N/m}^2$  da) va monovakuummetrning ko'rsatishi  $P_{Mv}$ ni (tex. atm., mm.sim.us. da) aniqlash, agar pezometrda suyuqlikning ko'tarilish balandligi –  $h_p$  ga teng bo'lsa;

2) Idishdagi suyuqlik erkin sathidan  $H$  chuqurlikda joylashgan nuqtadagi absolyut monometrik (vakuummetrik) ni aniqlash ( $\text{kgK/sm}^3$  va suv.ust. da).

### Yechish tartibi

1. Idish tubi (A nuqta)dagi (6.1-rasm) absolyut bosimni quyidagi tenglamasini tuzamiz;

Piezometr tarafdan  $P_A = P_{at} + \rho_3 \cdot g \cdot h_p$

Idish tarafdan  $P_A = P_0 + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \rho_3 \cdot g \cdot h_3$

2. Yuqoridagi ikkita tenglamani tenglashtirib idish erkin sathidagi absolyut bosim  $P_0$  ni topamiz.

$$P_0 = P_{at} + \rho_3 \cdot g(h_p - h_3) - \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 =$$

$$= 98100 \text{ N/m}^2 + 883 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot (2.9\text{m} - 1.3\text{m}) - 5886 \text{ N/m}^3 \cdot 1.1\text{m} - 7500 \text{ N/m}^3 \cdot 1.2\text{m} = 96488.268 \text{ N/m}^2$$

3. Idish erkin sathidagi absolyut bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lgani uchun vakuummetrik bosimni quyidagicha aniqlaymiz;

$$P_V = P_{at} - P_0 = 98100 \text{ N/m}^2 - 96488.268 \text{ N/m}^2 = 1611.732 \text{ N/m}^2$$

4. Suyuqlik erkin sathidagi absolyut bosimni shartga asosan  $\text{kgK/sm}^2$  va  $\text{N/m}^2$  da hisoblaymiz;

$$1 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2} = 98100 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ ekanligidan } 96488.268 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0.984 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2}$$

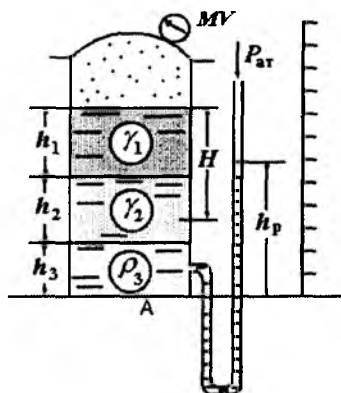
5. Idish erkin sathidagi vakuummetrik bosimni shartga asosan tex. atm.va mm.sim.us. da hisoblaymiz.

$$98100 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ tex.at.} = 735 \text{ mm.sim.ust ekanligidan}$$

$$1611.732 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0.016 \text{ tex.at.} = 12.08 \text{ mm.sim.ust}$$

6. H chuqurlikda joylashgan nuqtadagi absolyut bosimni quyidagicha aniqlaymiz;

$$P_H = P_0 + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \rho_3 g(H - h_1 - h_2) = 96488.268 \text{ N/m}^2 + 5886 \text{ N/m}^3 \cdot 1.1\text{m} + 7500 \text{ N/m}^3 \cdot 1.2\text{m} + 883 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot (2.6\text{m} - 1.1\text{m} - 1.2\text{m}) = 114558.237 \text{ N/m}^2$$



6.1-rasm

7. H chuqurlikdagi bosimni shartiga asosan  $kgK/sm^2$  va m.suv.ust. da hisoblaymiz;

$$1 \frac{kgK}{sm^2} = 98100 \frac{N}{m^2} \text{ ekanligidan} \quad \frac{114558.237 N/m^2}{98100} = 1.168 kgK/sm^2$$

$$1 \frac{kgK}{sm^2} = 10m \text{ suv us. ekanligidan} \quad 1.168 kgK/sm^2 \cdot 10 = 11.68m. \text{ suv. ust.}$$

## 2 – Masala

**Berilgan:**  $H=2m$ ,  $h_1=3.7m$ ,  $h_2=5.2m$ ,  $\Theta=30^\circ$ ,  $S=3m$ ,  $a=0.6m$ ,  $R_1=2m$ ,  $R_2=3m$ ,  $b=1m$ .

**Topish kerak:** 1) 1 pog. m. to'g'on uzunligi uchun to'g'onning 0-1-2-3 yuzasiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchining kattaligini, yo'nalishini va qo'yilish nuqtasini aniqlash (analitik va grafoanalitik usulda).

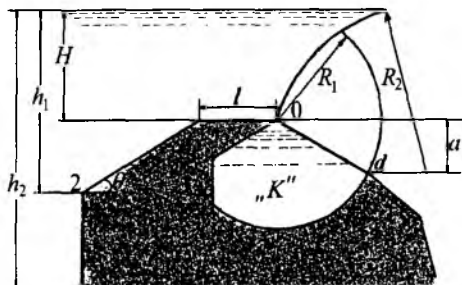
2) a-0-d zatvor qoplamasi 1 pog. m. uzunligiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchini kattaligini va yo'nalishini aniqlash.

### Yechish tartibi

#### Analitik usul

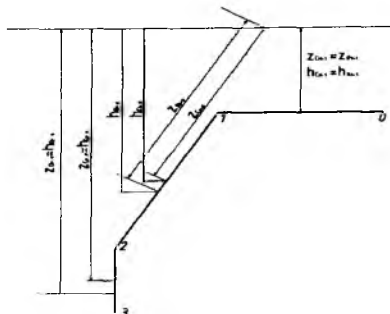
G.B.K analitik usulida aniqlanganda, uning qiymati tekis sirtning og'irlik markazidagi bosimni shu sirtning yuzasiga ko'paytmasiga teng. Ya'ni,

$$P = P_{og'} \cdot \omega$$



6.2-rasm

Bu yerda:  $P_{og'}$  - sirtning og'irlik markazidagi bosim;  $\omega$  – sirtning yuzasi.





1. 0 – 1 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$P_{0-1} = P_{og'(0-1)} \cdot \omega_{0-1}$$

1.1. 0 – 1 devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(0-1)} = \gamma \cdot h_{c(0-1)} = \gamma \cdot H = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot 2\text{m} = 2 \text{ TK/m}^2$$

1.2. 0 – 1 devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{0-1} = S \cdot b = 3\text{m} \cdot 1\text{m} = 3\text{m}^2$$

1.3. 0 – 1 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$P_{0-1} = 2 \text{ TK/m}^2 \cdot 3\text{m}^2 = 6 \text{ TK}$$

1.4. 0 – 1 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz. 0-1 devor gorizontal shakl bo'lganligi uchun o'g'irlik markazi bosim markazi bilan ustma-ust tushadi. Ya'ni,

$$z_{d(0-1)} = h_{c(0-1)} = H = 2.0\text{m}$$

2. 1 – 2 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$P_{1-2} = P_{og'(1-2)} \cdot \omega_{1-2}$$

2.1. 1 – 2 devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(1-2)} = \gamma \cdot h_{c(1-2)} = \gamma \cdot \left( H + \frac{h_1 - H}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left( 2.0\text{m} + \frac{3.7\text{m} - 2.0\text{m}}{2} \right) = 2.85 \text{ TK/m}^2$$

2.2. 1 – 2 devorning uzunligi  $l_{1-2}$ ni hisoblaymiz;

$$l_{1-2} \frac{h_1 - H}{\sin \theta} = \frac{3.7\text{m} - 2.0\text{m}}{\sin 30^\circ} = 3.74\text{m}$$

2.3. 1 – 2 devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{1-2} = l_{1-2} \cdot b = 3.74\text{m} \cdot 1\text{m} = 3.74\text{m}^2$$

2.4. 1 – 2 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$P_{1-2} = 2.85 \text{ TK/m}^2 \cdot 3.74\text{m}^2 = 10.659 \text{ TK}$$

2.5. 1 – 2 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.

$$z_{d(1-2)} = z_{c(1-2)} + \frac{J}{z_{c(1-2)} \cdot \omega_{1-2}} = \frac{\left( H + \frac{h_1 - H}{2} \right)}{\sin \theta} + \frac{\frac{b \cdot l_{1-2}^3}{12}}{\frac{\left( H + \frac{h_1 - H}{2} \right)}{\sin \theta} \cdot \omega_{1-2}} = \frac{2.85 \text{ m}}{0.5} + \frac{\frac{1\text{m} \cdot (3.74\text{m})^3}{12}}{\frac{2.85\text{m}}{0.5} \cdot 3.74\text{m}} = 5.7\text{m} +$$

$$0.20 = 5.90\text{m}$$

Bu yerda:  $z_c$  – og'irlik markazi;  $z_{c(1-2)} = \frac{h_{c(1-2)}}{\sin \theta}$ ;

$J$  - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun  $J = \frac{b \cdot l_{1-2}^3}{12}$

3. 2 – 3 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$P_{2-3} = P_{og'(2-3)} \cdot \omega_{2-3}$$

**3.1.** 2 – 3 devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{\text{os}}'(2-3) = \gamma \cdot h_{c(2-3)} = \gamma \cdot \left( h_1 + \frac{h_2 - h_1}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left( 3.7 \text{ m} + \frac{1.5}{2} \right) = 4.45 \text{ TK/m}^2$$

**3.2.** 2 – 3 devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{2-3} = (h_2 - h_1) \cdot b = (5.2 \text{ m} - 3.7 \text{ m}) \cdot 1 \text{ m} = 1.5 \text{ m}^2$$

**3.3** 2 – 3 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$P_{2-3} = 4.45 \text{ TK/m}^2 \cdot 1.5 \text{ m}^2 = 6.675 \text{ TK}$$

**3.4.** 2 – 3 devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz. Devor vertical bo'lganligi uchun

$$z_{d(2-3)} = h_{d(2-3)}, z_{c(2-3)} = h_{c(2-3)}$$

$$z_{d(2-3)} = z_{c(2-3)} + \frac{J}{z_{c(2-3)} \cdot \omega_{2-3}} = \left( h_1 + \frac{h_2 - h_1}{2} \right) + \frac{\frac{b \cdot (h_2 - h_1)^3}{12}}{\left( h_1 + \frac{h_2 - h_1}{2} \right) \omega_{2-3}} = 4.45 \text{ m} + \frac{\frac{1 \text{ m} \cdot (1.5 \text{ m})^3}{12}}{4.45 \text{ m} \cdot 1.5 \text{ m}^2} = 4.45 \text{ m} + 0.04 = 4.49 \text{ m}$$

Bu yerda:  $z_c$  – og'irlik markazi:  $z_{c(2-3)} = \frac{h_{c(2-3)}}{\sin \theta}$ ;

$J$  - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida

$$\text{bo'lganligi uchun } J = \frac{b \cdot l_{(2-3)}^3}{12}$$

### Grafoanalitik usul

G.B.K.ni grafoanalitik usulda aniqlash uchun bosim epyurasi masshtab bilan quriladi. Bunda, G.B.K. bosim epyurasining xajmiga teng bo'ladi. Ya'ni,

$$P = W'_{\text{B.3.}}$$

**4.** 0 – 1 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$P_{0-1} = W_{\text{B.3.}(0-1)} = \gamma \cdot H \cdot S \cdot b = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot 2.0 \text{ m} \cdot 3.0 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 6 \text{ TK}$$

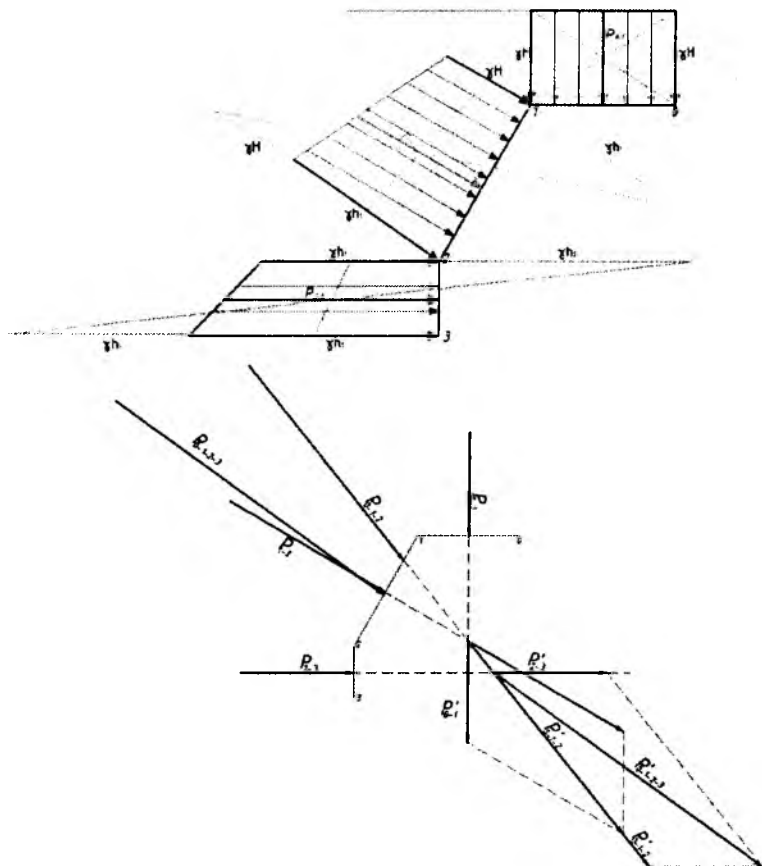
**5.** 1 – 2 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$P_{1-2} = W'_{\text{B.3.}(1-2)} = \frac{\gamma \cdot H + \gamma \cdot h_1}{2} \cdot l_{1-2} \cdot b = \frac{1 \text{ TK/m}^3 \cdot 2.0 \text{ m} + 1 \text{ TK/m}^3 \cdot 3.7 \text{ m}}{2} \cdot 3.74 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 10.659 \text{ TK}$$

**6.** 2 – 3 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$P_{2-3} = W_{\text{B.3.}(2-3)} = \frac{\gamma \cdot h_1 + \gamma \cdot h_2}{2} \cdot (h_2 - h_1) \cdot b = \frac{1 \text{ TK/m}^3 \cdot 3.7 \text{ m} + 1 \text{ TK/m}^3 \cdot 5.2 \text{ m}}{2} \cdot (5.2 \text{ m} - 3.7) \cdot 1 \text{ m} = 6.675 \text{ TK}$$

Kuchlarning teng ta'sir etuvchisini grafoanalitik usul bilan aniqlaymiz:

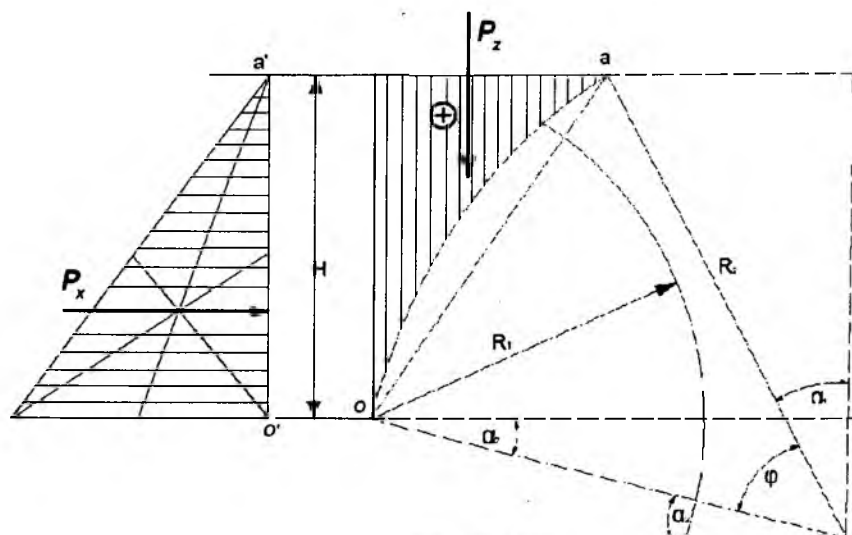


### Egri sirtga ta'sir etayotgan G.B.K.

Egri sirtga ta'sir etuvchi G.B.K.ni aniqlash uchun, uni gorizontal tashkil etuvchisi  $\mathcal{P}_x$  va vertikal tashkil etuvchisi  $\mathcal{P}_y$  ajratamiz va ularni parallelogram qoidasi asosida qo'shamiz. Ya'ni,

$$\mathcal{P} = \sqrt{\mathcal{P}_x^2 + \mathcal{P}_y^2}$$

1. Gorizontal tashkil etuvchisi  $\mathcal{P}_x$ ni aniqlash uchun egri sirtni ixtiyoriy vertikal tekislikka proeksiyalaymiz.  $\mathcal{P}_x$  kuchi tekis sirtga ta'sir qilganday aniqlanadi.



$$P_x = W_{\text{б.з.}} = \frac{H \cdot \gamma \cdot H}{2} \cdot b = \frac{2.0 \text{ м} \cdot 1 \text{ ТК/м}^3 \cdot 2.0 \text{ м}}{2} \cdot 1 \text{ м} = 2 \text{ ТК}$$

2. Vertikal tashkil etuvchisi  $P_z$ ni aniqlaymiz. Bu kuchni aniqlash uchun bosim tanasini quramiz. Egri sirtning chetki nuqtalaridan suvning sathiga yoki uning davomigacha perpendikulyar chiqaramiz. Bunda, egri sirt, suvning sathi yoki davomigacha hamda chiziq bilan chegaralangan soha **bosim tanasi** deyiladi va  $P_x$  kuchi bosim tanasidagi suyuqlikning og'irligiga teng.

$$P_x = W_{\text{б.т.}} \cdot \gamma$$

3. Bosim tanasini hisoblaymiz.

$$\alpha_1 = \arccos \frac{H+a}{R_2} = \arccos \frac{2+0.6}{3} = 33^\circ$$

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{a}{R_2} = \arcsin \frac{0.6}{3} = 13^\circ$$

$$\varphi = 90^\circ - \alpha_1 - \alpha_2 = 90^\circ - 33^\circ - 13^\circ = 44^\circ$$

$$aO = 2 \cdot R_2 \cdot \sin \frac{\varphi}{2} = 2 \cdot 3 \cdot \sin \frac{44^\circ}{2} = 2.02 \text{ м}$$

$$aa' = \sqrt{|aO|^2 - H^2} = \sqrt{|2.02|^2 - 2^2} = 0.34 \text{ м}$$

$$S_{aOa'} = \frac{aa' \cdot H}{2} = \frac{0.34 \cdot 2}{2} = 0.34 \text{ м}^2$$

$$S_{aOa} = \frac{R_2}{2} \left( \frac{\pi \varphi}{180} - \sin \varphi \right) = \frac{3}{2} \left( \frac{3.14 \cdot 44}{180} - \sin 44^\circ \right) = 0.20 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{б.т.}} = S_{aOa'} - S_{aOa} = 0.34 \text{ м}^2 - 0.20 \text{ м}^2 = 0.14 \text{ м}^2$$

4. G.B.K.ni vertikal tashkil etuvchisini hisoblaymiz.

$$P_z = W_{\text{б.т.}} \cdot \gamma = S_{\text{б.т.}} \cdot b \cdot \gamma = 0.14 \text{ м}^2 \cdot 1 \text{ м} \cdot 1 \text{ ТК/м}^3 = 0.14 \text{ ТК}$$

5. Kuchlarni teng ta'sir etuvchisini ya'ni egri sirtga ta'sir etuvchi GBKni aniqlaymiz.

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} = \sqrt{2^2 + 0.14^2} \approx 2TK$$

6. Kuchning yo'nalishini aniqlaymiz.

$$\tan \alpha = \frac{P_z}{P_x} = \frac{0.14}{2} = 0.07 \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{P_z}{P_x} = 4^\circ 45'$$

7. Kuchning qo'yilish nuqtasini aniqlaymiz.

$$\begin{cases} z = kx \\ x^2 + z^2 = R_z^2 \Rightarrow x^2 + k^2 \cdot x^2 = R_z^2 \\ k = \tan \alpha \end{cases}$$

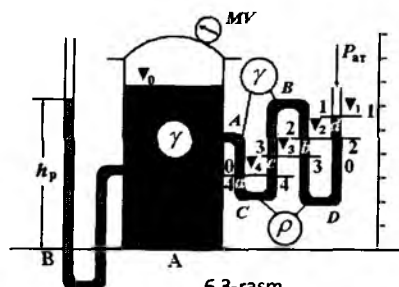
$$x^2 + \tan \alpha \cdot x^2 = R_z^2 \Rightarrow x = \sqrt{\frac{R_z^2}{\tan \alpha}} = \sqrt{\frac{3^2}{0.07}} = 11.3m$$

$$z = \tan \alpha \cdot x = 0.07 \cdot 11.3 = 0.79m$$

## 2 – Tur

### 1 – masala

Berilgan:



6.3-rasm

$\gamma = 700 \text{ kgK/m}^3 = 6867 \text{ N/m}^3$ ,  $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ ,  $V_1 = 3.1m$ ,  $V_2 = 2.2m$ ,  $V_3 = 1.3m$ ,  $V_4 = 0.6m$ ,  $V_0 = 3.5m$

**Topish kerak:** 1) Idishdagi suyuqlik erkin sathidagi absolyut bosim ( $\text{kgK/sm}^2$ ,  $\text{N/m}^2$  da), manometrnin ko'rsatishi (tex.atm. yoki mm.sim.ust. da) va pezometrda suyuqlikning ko'tarilish balandligi  $h_p$  ni aniqlash.

### Yechish tartibi

Masalaning yechimi uchun Hidrostatikaning asosiy tenglmasi  $z + \frac{p}{\gamma} = \text{const}$  dan chiqadigan kattaliklardan foydalanamiz.

1. Manometrdan A nuqtani belgilab olib, shu nuqtadagi absolyut bosimni  $P_{abs} = P_0 + \gamma h$  formulasiga asosan aniqlaymiz.

bu yerda  $P_0$ - suyuqlik erkin sathidagi bosim

$\gamma$ -suyuqlikning solishtirma og'irligi

h- qaralayotgan nuqta chuqurligi

$$P_A = P_{ar} + \gamma(\nabla_1 - \nabla_2) = 98100 \frac{N}{m^2} + 6867 \frac{N}{m^3} * 0.9m = 104280,3 \frac{N}{m^2}$$

2. Teng bosimli sirtlarga asosan

$$P_A = P_{A'} = P_{A''}$$

3. B nuqtadagi absolyut bosimni aniqlaymiz

$$P_B = P_{A''} + \rho_2 g(\nabla_2 - \nabla_3) = 104280,3 \frac{N}{m^2} + 7848 \frac{N}{m^3} * 0.9m = 111343,5 \frac{N}{m^2}$$

4. D nuqtadagi absolyut bosimni aniqlaymiz.

$$P_D = P_B + \rho_2 g(\nabla_3 - \nabla_4) = 111343,5 \frac{N}{m^2} + 7848 \frac{N}{m^3} * 0.7m = 116837,1 \frac{N}{m^2}$$

5. D nuqtadagi gorizontal tekislik o'tkazgach teng bosimli sirtlarga asosan

$$P_D = P_{D'} = P_{D''}$$

6. D'' nuqtadagi absolyut bosimni suyuqlik erkin sathidagi bosim orqali ifodalaymiz va bunda erkin sathdagi absolyut bosim  $P_0$  ni aniqlaymiz.

$$P_{D''} = P_0 + \gamma(\nabla_0 - \nabla_4) \Rightarrow P_0 = P_{D''} - \gamma(\nabla_0 - \nabla_4) = 116837,1 \frac{N}{m^2} - 6867 \frac{N}{m^3} * 2.9m = 96922,8 \frac{N}{m^2}$$

7. Shartga ko'ra suyuqlik erkin sathidagi absolyut bosimni  $kgK/sm^2$  da aniqlaymiz

$$1 \frac{kgk}{sm^2} = 98100 \frac{N}{m^2} \text{ ekanligidan } 96922,8 \frac{N}{m^2} = 0,988 \frac{kgk}{sm^2}$$

8. Idish tubidagi absolyut bosim:

$$P_E = P_0 + \gamma \nabla_0 = 96922,8 \frac{N}{m^2} + 6867 \frac{N}{m^3} * 3.5m = 120957,3 \frac{N}{m^2}$$

9. Pyezometrda suyuqlikning ko'tarilish balandligi  $h_p$  ni aniqlaymiz. Buning uchun Pyezometrda C nuqtani belgilaymiz, teng bosimli sirtlarga asosan  $P_C = P_E$

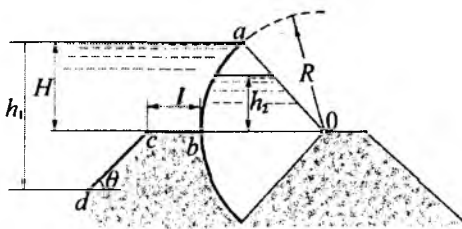
C nuqtadagi absolyut bosimning pyezometr tarafdin tenglamasini yozib  $h_p$  ni aniqlaymiz.

$$P_C = P_{ar} + \gamma h_p \Rightarrow h_p = \frac{P_C - P_{ar}}{\gamma} = \frac{120957,3 \frac{N}{m^2} - 98100 \frac{N}{m^2}}{6867 \frac{N}{m^3}} = 3,3m$$

## 2 – Masala

**Berilgan:**  $H=3.0\text{m}$ ,  $h_1=4.0\text{m}$ ,  $h_2=2.0\text{m}$ ,  $\Theta=30^\circ$ ,  $S=1.5\text{m}$ ,  $b=1\text{m}$ ,  $R=4.5\text{m}$ ;

**Topish kerak:** 1) 1 pog. m. to'g'on uzunligi uchun to'g'onning b-c-d yuzasiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchining kattaligini, yo'nalishini va qo'yilish nuqtasini aniqlash (analitik va grafoanalitik usulda). 2) b-a-0 zatvor qoplamasi 1 pog. m. uzunligiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchini kattaligi va yo'nalishini aniqlash.



6.4-rasm

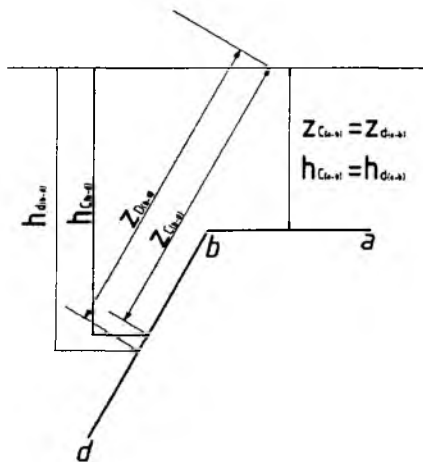
### Yechish tartibi

#### Analitik usul

G.B.Kni analitik usulida aniqlashda tekis sirtning og'irlik markazidagi bosimni shu sirtning yuzasiga ko'paytmasiga teng. Ya'ni,

$$\mathcal{P} = P_{og'} \cdot \omega$$

Bu yerda:  $P_{og'}$  - sirtning og'irlik markazidagi bosim;  $\omega$  – sirtning yuzasi.



1.  $b - c$  devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$\mathcal{P}_{b-c} = P_{og'}(b-c) \cdot \omega_{b-c}$$

1.1.  $b - c$  devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(b-c)} = \gamma \cdot h_{c(b-c)} = \gamma \cdot H = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot 3\text{m} = 3 \text{ TK/m}^2$$

1.2.  $b - c$  devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{b-c} = S \cdot b = 1.5\text{m} \cdot 1\text{m} = 1.5\text{m}^2$$

1.3  $b - c$  devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$P_{b-c} = 3 \text{ TK/m}^2 \cdot 1.5\text{m}^2 = 4.5 \text{ TK}$$

1.4.  $b - c$  devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.  $b - c$  devor gorizontal shakl bo'lganligi uchun o'girlik markazi bosim markazi bilan ustma-ust tushadi. Ya'ni,

$$z_{d(b-c)} = h_{c(b-c)} = H = 3.0\text{m}$$

2.  $c - d$  devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$P_{c-d} = P_{og'(c-d)} \cdot \omega_{c-d}$$

2.1.  $c - d$  devorning og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(c-d)} = \gamma \cdot h_{c(c-d)} = \gamma \cdot \left( H + \frac{h_1 - H}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left( 3.0\text{m} + \frac{4.0\text{m} - 3.0\text{m}}{2} \right) = 3.5 \text{ TK/m}^2$$

2.2.  $c - d$  devorning uzunligi  $l_{c-d}$ ni hisoblaymiz;

$$l_{c-d} = \frac{h_1 - H}{\sin \theta} = \frac{4.0\text{m} - 3.0\text{m}}{\sin 30^\circ} = 2.20\text{m}$$

2.3.  $c - d$  devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{c-d} = l_{c-d} \cdot b = 2.20\text{m} \cdot 1\text{m} = 2.20\text{m}^2$$

2.4.  $c - d$  devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$P_{c-d} = 3.5 \text{ TK/m}^2 \cdot 2.20\text{m}^2 = 7.7 \text{ TK}$$

2.5.  $c - d$  Devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.

$$z_{d(c-d)} = z_{c(c-d)} + \frac{z}{x_{c(c-d)} \cdot \omega_{c-d}} = \frac{\left( H + \frac{h_1 - H}{2} \right)}{\sin \theta} + \frac{\frac{b \cdot l_{c-d}^3}{12}}{\left( H + \frac{h_1 - H}{2} \right) \cdot \omega_{c-d}} = \frac{3.5\text{m}}{0.5} + \frac{\frac{1\text{m} \cdot (2.20\text{m})^3}{12}}{\frac{7.7\text{TK}}{0.5} \cdot 2.20\text{m}} = 7.0\text{m} + 0.06 = 7.06\text{m}$$



Bu yerda:  $z_c$  – og'irlik markazi:  $z_{c(c-d)} = \frac{h_{c(c-d)}}{\sin \theta}$ ,

$J$  - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun  $J = \frac{b^3(c-d)^3}{12}$

### Grafoanalitik usul

G.B.K.ni grafoanalitik usulda aniqlash uchun bosim epyurasi quriladi. Bunda, G.B.K. bosim epyurasining xajmiga teng bo'ladi. Ya'ni,

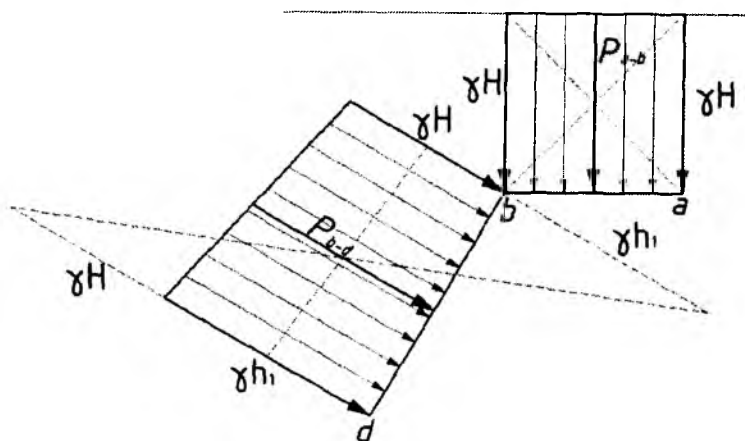
$$\mathcal{P} = W_{B.B.}$$

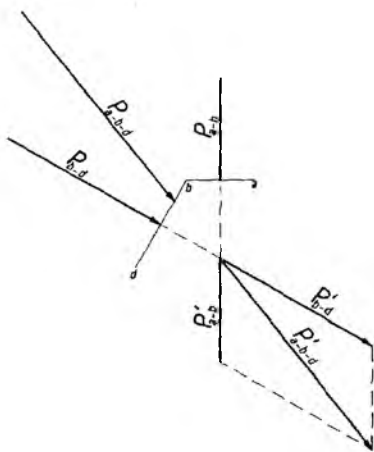
3. b - c devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{b-c} = W_{B.B.(b-c)} = \gamma \cdot H \cdot S \cdot b = 1TK/m^3 \cdot 3.0m \cdot 1.5m \cdot 1m = 4.5TK$$

4. c - d devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{c-d} = W'_{B.B.(c-d)} = \frac{\gamma H + \gamma \cdot h_1}{2} \cdot l_{c-d} \cdot b = \frac{1TK/m^3 \cdot 3.0m + 1TK/m^3 \cdot 4.0m}{2} \cdot 2.20m \cdot 1m = 7.70TK$$





### Egri sirtga ta'sir etayotgan G.B.K.

Egri sirtga ta'sir etuvchi G.B.K.ni aniqlash uchun, uni gorizontal tashkil etuvchisi  $\mathcal{P}_x$  va vertikal tashkil etuvchisi  $\mathcal{P}_z$  ajratamiz va ularni parallelogram qoidasi asosida qo'shamiz. Ya'ni,

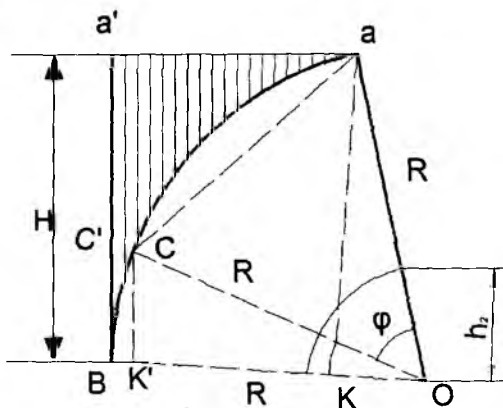
$$\mathcal{P} = \sqrt{\mathcal{P}_x^2 + \mathcal{P}_z^2}$$

1. Gorizontal tashkil etuvchisi  $\mathcal{P}_x$  ni aniqlash uchun egri sirtni ixtiyoriy vertikal tekislikka proektsiyalaymiz.  $\mathcal{P}_x$  kuchi tekis sirtga ta'sir qilganday aniqlanadi.

$$\mathcal{P}_x = W'_{\Sigma,2} = \frac{H \cdot \gamma \cdot H}{2} \cdot b = \frac{3.0m \cdot 17K/m^3 \cdot 3.0m}{2} \cdot 1m = 4.5TK$$

2. Vertikal tashkil etuvchisi  $\mathcal{P}_z$  ni aniqlaymiz. Bu kuchni aniqlash uchun bosim tanasini quramiz. Egri sirtning chetki nuqtalaridan suvning sathiga yoki uning davomigacha perpendikulyar chiqaramiz. Bunda, egri sirt, suvning sathi yoki davomigacha hamda chiziq bilan chegaralangan soha **bosim tanasi** deyiladi va  $\mathcal{P}_z$  kuchi bosim tanasidagi suyuqlikning og'irligiga teng.

$$\mathcal{P}_z = W'_{\Sigma,T} \cdot \gamma$$



3. Bosim tanasini hisoblaymiz.

$$\angle aOb = \arcsin \frac{H}{R} = \arcsin \frac{3m}{4.5m} = 46^\circ$$

$$\angle cOb = \arcsin \frac{h_2}{R} = \arcsin \frac{2.0m}{4.5m} = 29^\circ$$

$$\angle aOc = \angle aOb - \angle cOb = \varphi = 46^\circ - 29^\circ = 17^\circ$$

$$aa' = R - Ok = R - R \cos \angle aOb = 4.5m - 4.5m \cdot \cos 46^\circ = 1.12m$$

$$cc' = R - Ok' = R - R \cos \angle cOb = 4.5m - 4.5m \cdot \cos 29^\circ = 0.46m$$

$$S_{aa'cc'} = \frac{aa' + cc'}{2} \cdot (H - h_2) = \frac{1.12m + 0.46m}{2} \cdot (3m - 2m) = 0.79m^2$$

$$S_{aca} = \frac{R^2}{2} \left( \frac{\pi \varphi}{180} - \sin \varphi \right) = \frac{(4.5m)^2}{2} \left( \frac{3.14 \cdot 17^\circ}{180^\circ} - 0.26 \right) = 0.37m^2$$

$$S_{BT} = S_{aa'cc'} - S_{aca} = 0.79m^2 - 0.37m^2 = 0.42m^2$$

4. G.B.K.ni vertikal tashkil etuvchisini hisoblaymiz.

$$P_s = W_{BT} \cdot \gamma = S_{BT} \cdot b \cdot \gamma = 0.42m^2 \cdot 1m \cdot 1TK/m^3 = 0.42TK$$

5. Kuchlarni teng ta'sir etuvchisini aniqlaymiz.

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} = \sqrt{4.5^2 + 0.42^2} \approx 4.52TK$$

6. Kuchning yo'nalishini aniqlaymiz.

$$\tan \alpha = \frac{P_z}{P_x} = \frac{0.42}{4.5} = 0.09 \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{P_z}{P_x} = 6^\circ$$

7. Kuchning qo'yilish nuqtasini aniqlaymiz.

$$\begin{cases} z = kx \\ x^2 + z^2 = R^2 \Rightarrow x^2 + k^2 \cdot x^2 = R^2 \\ k = \tan \alpha \end{cases}$$

$$x^2 + \tan \alpha \cdot x^2 = R^2 \Rightarrow x = \sqrt{\frac{R^2}{\tan(\alpha)}} = \sqrt{\frac{4.5^2}{0.09}} = 15m$$

$$z = \tan \alpha \cdot x \approx 0.09 \cdot 15 = 1.35m$$

### 3 - Tur

#### 1-Masala

##### Berilgan:

$\gamma_1 = 900 \text{ kgK/m}^3 = 8829 \text{ N/m}^3$ ,  $\gamma_2 = 8000 \text{ N/m}^3$ ,  $\rho_3 = 0.6 \text{ g/sm}^3 = 600 \text{ kg/m}^3$ ,  $V_1 = 2.4 \text{ m}$ ,  $V_2 = 0.8 \text{ m}$ ,  $V_3 = 1.3 \text{ m}$ ,  $V_4 = 3.1 \text{ m}$ ,  $P_0 = 1.1 \text{ atm} = 107910 \text{ N/m}^2$ ;

**Topish kerak:** B idishdagi suyuqlikning erkin sathidagi absolyut bosim ( $\text{kgK/sm}^3$  va  $\text{N/m}^2$  da), monovakuummotra ko'rsatishini (tex. atm., mm.sim.us. da) va pezometrdagi suyuqlikning ko'tarilish balandligi –  $h_p$  ni aniqlash.

##### Yechish tartibi

1. Masalani yechish uchun Hidrostatikaning asosiy tenglamasidan  $z + \frac{p}{\gamma} = \text{const}$  kelib chiqadigan natijalardan foydalanamiz.

2. A idishning tubidan A nuqtani belgilab olamiz va shu nuqtadagi absolyut bosimni

$$P_{abs} = P_0 + \gamma h$$

bu yerda:  $P_0$ - suyuqlikni sathidagi bosim

$\gamma$  -suyuqlikning solishtirma og'irligi

$h$ - qaralayotgan nuqta chuqurligi

$$P_A = P_{at} + \gamma V_1 = 107910 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} + 8829 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * 2.4 \text{ m} = 129099.6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

3. B idish tubidagi B nuqtani belgilab olamiz, teng bosimni sirtlarga asosan  $P_A = P_B$

4. B nuqtadagi absolyut bosimni B idish tarafdan aniqlash tenglamasini yozib, bundan idish erkin sathidagi absolyut bosimni aniqlaymiz.

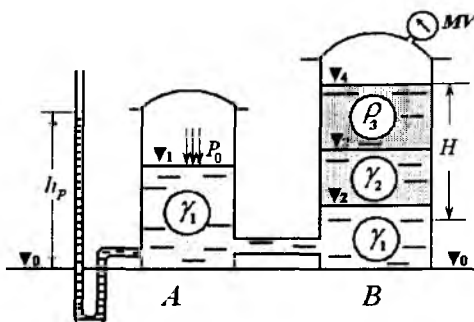
$$P_B = P_0 + \rho_3 g (V_4 - V_3) + \gamma_2 (V_3 - V_2) + \gamma_1 V_2 = \gg$$

$$P_0 = P_B - (\rho_3 g (V_4 - V_3) + \gamma_2 (V_3 - V_2) + \gamma_1 V_2) =$$

$$= 129099.6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$- \left( 600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{sek}^2} (3.1 \text{ m} - 1.3 \text{ m}) + 8000 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * (1.3 \text{ m} - 0.8 \text{ m}) + 8829 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * 0.8 \text{ m} \right) =$$

$$= 107441.6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$



5. Idish erkin sathidagi absolyut bosimni shartga ko'ra  $\text{kgk/sm}^2$  o'lchov birligida ham aniqlaymiz.

$$98100 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2} \text{ ekanligidan } 107441,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1,095 \frac{\text{kgk}}{\text{sm}^2}$$

6. Idish erkin sathidagi absolyut bosim atmosfera bosimidan katta bo'lganligi uchun, manometrik bosimni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_M = P_{abs} - P_{at} = 107441,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} - 98100 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 9241,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

7. Aniqlangan manometrik bosimni shartga ko'ra  $\text{tex.at}$  va  $\text{mm.sim.ust.}$  o'lchov birliklariga o'tkazamiz.

$$98100 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ tex.at} = 735 \text{ mm.sim.ust. ekanligidan } 9241,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,095 \text{ tex.at} = 69,825 \text{ mm.sim.ust.}$$

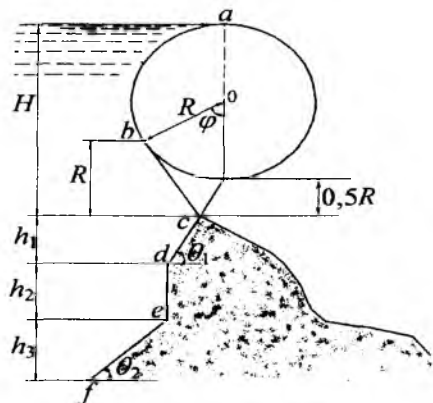
8. A idishga ulangan pyezometrda suyuqlikning ko'tarilish balandligi  $h_p$  ni aniqlaymiz buning uchun pyezometrdan C nuqtani belgilab olamiz, teng bosimli sirtlarga asosan  $P_A = P_C$

C nuqtadagi absolyut bosimni pyezometr tarafdan tenglamasini yozib, undan  $h_p$  ni aniqlaymiz

$$P_C = P_{at} + \gamma_1 h_p \Rightarrow h_p = \frac{P_C - P_{at}}{\gamma_1} = \frac{129099,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} - 98100 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{8829 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} = 3,51 \text{ m}$$

## 2 – Masala

Berilgan:



$$R = 2\text{ m}, H = 5\text{ m}, \varphi = 60^\circ, h_1 = 1\text{ m}, h_2 = 1.1\text{ m}, h_3 = 1.2\text{ m}, \theta_1 = 30^\circ, \theta_2 = 45^\circ$$

**Topish kerak:** 1) 1 pog. m. to'g'on uzunligi uchun to'g'onning c-d-e-f yuzasiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchining kattaligini, yo'nalishini va qo'yilish nuqtasini aniqlash (analitik va grafoanalitik usulda). 2) a-b-c zatvor

qoplamasi 1 pog. m. uzunligiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchini kattaligi va yo'nalishini aniqlash.

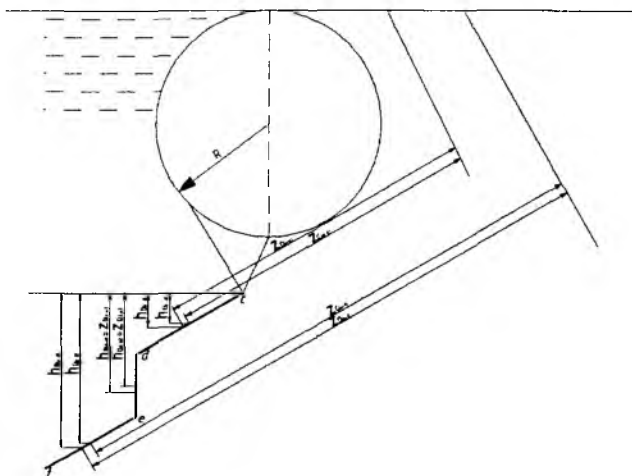
## Yechish tartibi

### Analitik usul

G.B.K analitik usulida aniqlanganda, uning qiymati tekis sirtning og'irlik markazidagi bosimni shu sirtning yuzasiga ko'paytmasiga teng. Ya'ni,

$$\mathcal{P} = P_{og'} \cdot \omega$$

Bu yerda:  $P_{og'}$  - sirtning og'irlik markazidagi bosim;  $\omega$  – sirtning yuzasi.



1. c - d devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$\mathcal{P}_{c-d} = P_{og'(c-d)} \cdot \omega_{c-d}$$

1.1. c - d devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(c-d)} = \gamma \cdot h_{e(c-d)} = \gamma \cdot \left( H + \frac{h_1}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left( 5.0 \text{ m} + \frac{1.0 \text{ m}}{2} \right) = 5.5 \text{ TK/m}^2$$

1.2. c - d devorning uzunligi  $l_{c-d}$  ni hisoblaymiz;

$$l_{c-d} = \frac{h_1}{\sin \theta} = \frac{1.0 \text{ m}}{\sin 30^\circ} = 2.20 \text{ m}$$

1.3. c - d devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{c-d} = l_{c-d} \cdot b = 2.20m \cdot 1m = 2.20m^2$$

1.4. c - d devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{c-d} = 5.5 TK/m^2 \cdot 2.20m^2 = 12.11TK$$

1.5. c - d devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.

$$z_{d(c-d)} = z_{c(c-d)} + \frac{J}{z_{c(c-d)} \cdot \omega_{c-d}} = \frac{\left(H + \frac{h_1}{2}\right)}{\sin \theta} + \frac{\frac{b \cdot l_{c-d}^3}{12}}{\left(\frac{H + \frac{h_1}{2}}{\sin \theta}\right) \cdot \omega_{c-d}} = \frac{5.5m}{0.5} + \frac{\frac{1m \cdot (2.20m)^3}{12}}{\frac{5.5m}{0.5} \cdot 2.20m} = 11m + 0.04 = 11.04m$$

Bu yerda:  $z_c$  - og'irlik markazi:  $z_{c(c-d)} = \frac{h_{c(c-d)}}{\sin \theta}$ ;

$J$  - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun  $J = \frac{b \cdot l_{c-d}^3}{12}$

2. d - e devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$\mathcal{P}_{d-e} = P_{og'(d-e)} \cdot \omega_{d-e}$$

2.1. d - e devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(d-e)} = \gamma \cdot h_{c(d-e)} = \gamma \cdot \left(H + h_1 + \frac{h_2}{2}\right) = 1TK/m^3 \cdot \left(5.0m + 1.0m + \frac{1.1m}{2}\right) = 6.55TK/m^2$$

2.2. d - e devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{d-e} = h_2 \cdot b = 1.1m \cdot 1m = 1.1m^2$$

2.3. d - e devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{d-e} = 6.55 TK/m^2 \cdot 1.1m^2 = 7.205TK$$

2.4. d - e devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.

$$z_{d(d-e)} = z_{c(d-e)} + \frac{J}{z_{c(d-e)} \cdot \omega_{d-e}} = \frac{\left(H + h_1 + \frac{h_2}{2}\right)}{\sin \theta} + \frac{\frac{b \cdot (h_2)^3}{12}}{\left(\frac{H + h_1 + \frac{h_2}{2}}{\sin \theta}\right) \cdot \omega_{d-e}} = \frac{6.55m}{0.5} + \frac{\frac{1m \cdot (1.1m)^3}{12}}{\frac{6.55m}{0.5} \cdot 1.1m^2} = 13.1m + 0.01 = 13.11m$$

Bu yerda:  $z_{c(d-e)}$  – og'irlik markazi:  $z_{c(d-e)} = \frac{h_{c(d-e)}}{\sin \theta}$ ;

$J$  - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun  $J = \frac{b \cdot l_{(d-e)}^3}{12}$

3. e - f devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$P_{e-f} = P_{og'(e-f)} \cdot \omega_{e-f}$$

3.1. e - f devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(e-f)} = \gamma \cdot h_{c(e-f)} = \gamma \cdot \left( H + h_1 + h_2 + \frac{h_3}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left( 5.0\text{m} + 1.0\text{m} + 1.1\text{m} + \frac{1.2\text{m}}{2} \right) = 7.7 \text{ TK/m}^2$$

3.2. e - f devorning uzunligi  $l_{e-f}$  ni hisoblaymiz;

$$l_{e-f} = \frac{h_3}{\sin \theta} = \frac{1.2\text{m}}{\sin 45^\circ} = 1.85\text{m}$$

3.3. e - f devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{e-f} = l_{e-f} \cdot b = 1.85\text{m} \cdot 1\text{m} = 1.85\text{m}^2$$

3.4. e - f devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$P_{e-f} = 7.7 \text{ TK/m}^2 \cdot 1.85\text{m}^2 = 14.23 \text{ TK}$$

3.5. e - f devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.

$$z_{d(e-f)} = z_{c(e-f)} + \frac{J}{z_{c(e-f)} \cdot \omega_{e-f}} = \frac{\left( H + h_1 + h_2 + \frac{h_3}{2} \right)}{\sin \theta} + \frac{\frac{b \cdot l_{e-f}^3}{12}}{\frac{\left( H + h_1 + h_2 + \frac{h_3}{2} \right)}{\sin \theta} \cdot \omega_{e-f}} = \frac{7.7\text{m}}{0.5} + \frac{\frac{1\text{m} \cdot (1.85\text{m})^3}{12}}{\frac{7.7\text{m}}{0.5} \cdot 1.85\text{m}} = 15.4\text{m} + 0.02 = 15.42\text{m}$$

Bu yerda:  $z_{c(e-f)}$  – og'irlik markazi:  $z_{c(e-f)} = \frac{h_{c(e-f)}}{\sin \theta}$ ;

$J$  - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun  $J = \frac{b \cdot l_{(e-f)}^3}{12}$



## Grafoanalitik usul

G.B.K.ni grafoanalitik usulda aniqlash uchun bosim epyurasi quriladi. Bunda, G.B.K. bosim epyurasining xajmiga teng bo'ladi. Ya'ni,

$$\mathcal{P} = W_{\text{Б.З.}}$$

5. c - d devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni quyidagicha hisoblaymiz;

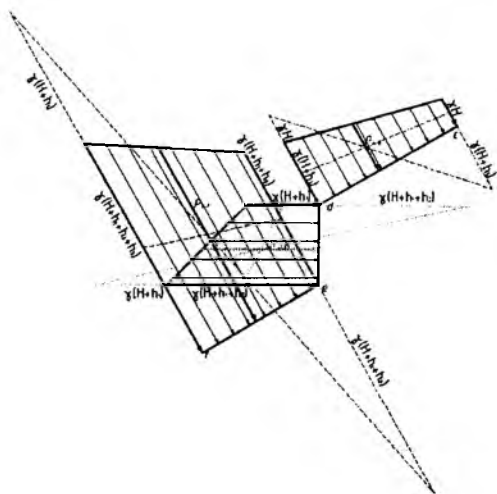
$$\mathcal{P}_{c-d} = W_{\text{Б.З.}(c-d)} = \frac{\gamma \cdot H + \gamma \cdot (H + h_2)}{2} \cdot l_{c-d} \cdot b = \frac{17K/m^3 \cdot 5.0m + 17K/m^3 \cdot 6.0m}{2} \cdot 2.2m \cdot 1m = 12.117K$$

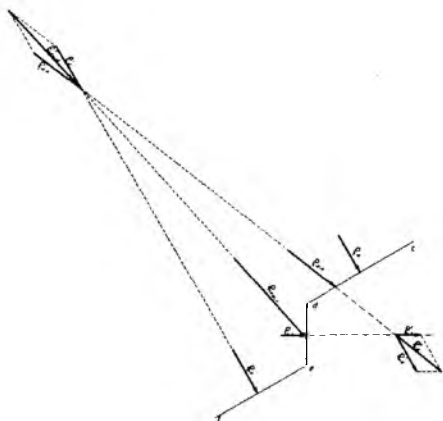
6. d - e devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{d-e} = W_{\text{Б.З.}(d-e)} = \frac{\gamma \cdot (H + h_2) + \gamma \cdot (H + h_2 + h_3)}{2} \cdot h_2 \cdot b = \frac{17K/m^3 \cdot 6m + 17K/m^3 \cdot 7.1m}{2} \cdot 1.1 \cdot 1m = 7.2057K$$

7. e - f devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{e-f} = W_{\text{Б.З.}(e-f)} = \frac{\gamma \cdot (H + h_1 + h_2) + \gamma \cdot (H + h_1 + h_2 + h_3)}{2} \cdot l_{e-f} \cdot b = \frac{17K/m^3 \cdot 7.1m + 17K/m^3 \cdot 8.3m}{2} \cdot 1.85m \cdot 1m = 14.237K$$





### Egri sirtga ta'sir etayotgan G.B.K.

Egri sirtga ta'sir etuvchi G.B.K.ni aniqlash uchun, uni gorizontal tashkil etuvchisi  $P_x$  va vertikal tashkil etuvchisi  $P_y$  ajratamiz va ularni parallelogram qoidasi asosida qo'shamiz. Ya'ni,

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$$

1. Gorizontal tashkil etuvchisi  $P_x$ ni aniqlash uchun egri sirtni ixtiyoriy vertikal tekislikka proeksiyalaymiz.  $P_x$  kuchi tekis sirtga ta'sir qilganday aniqlanadi.

$$P_x = W_{B.3.} = \frac{(H-R) \cdot \gamma \cdot (H-R)}{2} \cdot b = \frac{3.0m \cdot 17K/m^3 \cdot 3.0m}{2} \cdot 1m = 4.5TK$$

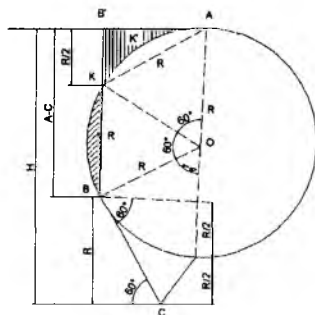
2. Vertikal tashkil etuvchisi  $P_y$ ni aniqlaymiz. Bu kuchni aniqlash uchun bosim tanasini quramiz. Egri sirtning chetki nuqtalaridan suvning sathiga yoki uning davomigacha perpendikulyar chiqaramiz. Bunda, egri sirt, suvning sathi yoki davomigacha hamda chiziq bilan chegaralangan soha bosim tanasi deyiladi va  $P_y$  kuchi bosim tanasidagi suyuqlikning og'irligiga teng.

$$P_y = W_{B.T.} \cdot \gamma$$

3. Bosim tanasini hisoblaymiz.

$$BK = R = 2.0m$$

$$KB' = H - 2R = 5.0m - 2 \cdot 2.0m = 1.0m$$



$$AB' = R \sin \varphi = 2.0m \cdot \sin 60^\circ = 1.62m$$

$$KB' = \frac{R}{2} = \frac{2.0m}{2} = 1.0m$$

$$S_{KEK} = \frac{R^2}{2} \left( \frac{\pi \varphi}{180} - \sin \varphi \right) = \frac{(2.0m)^2}{2} \left( \frac{3.14 \cdot 60^\circ}{180^\circ} - \sin 60^\circ \right) = 0.48m^2$$

$$S_{OKB'A} = \frac{KB' + R}{2} \cdot AB' = \frac{1.0m + 2.0m}{2} \cdot 1.62 = 2.43m^2$$

$$S_{OKK'A} = \frac{\pi R^2}{360} \cdot \varphi = \frac{3.14 \cdot (2.0m)^2}{360^\circ} \cdot 60^\circ = 2.09m^2$$

$$S_{B.T.} = S_{OKB'A} - S_{OKK'A} + S_{KEK} = 2.43m^2 - 2.09m^2 + 0.48m^2 = 0.82m^2$$

4. G.B.K.ni vertikal tashkil etuvchisini hisoblaymiz.

$$P_x = W_{B.T.} \cdot b \cdot \gamma = S_{B.T.} \cdot b \cdot \gamma = 0.82m^2 \cdot 1m \cdot 1TK/m^3 = 0.82TK$$

5. Kuchlarni teng ta'sir etuvchisini aniqlaymiz.

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} = \sqrt{4.5^2 + 0.82^2} = 4.57TK$$

6. Kuchning yo'nalishini aniqlaymiz.

$$\tan \alpha = \frac{P_z}{P_x} = \frac{0.82TK}{4.5TK} = 0.18 \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{P_z}{P_x} = 11^\circ$$

7. Kuchning qo'yilish nuqtasini aniqlaymiz.

$$\begin{cases} z = kx \\ x^2 + z^2 = R^2 \Rightarrow x^2 + k^2 \cdot x^2 = R^2 \\ k = \tan \alpha \end{cases}$$

$$x^2 + \tan \alpha \cdot x^2 = R^2 \Rightarrow x = \sqrt{\frac{R^2}{\tan \alpha}} = \sqrt{\frac{(2m)^2}{0.18}} = 4.71m$$

$$z = \tan \alpha \cdot x = 0.18 \cdot 4.71m = 0.85m$$

## «GIDROSTATIKA»

### 1-LABORATORIYA ISHI

#### 1.1. GIDROSTATIK BOSIM VA UNING XOSSALARINI O'RGANISH.

##### 1.1.1. Sinov savollari

1. Hidrostatik bosim
2. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi
3. Bosim o'lchash asboblari
4. Manometrik va vakuummetrik bosimlar

##### 1.1.2. Umumiy ma'lumotlar.

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

##### 1. Suyuqlik orqali o'lchagich asboblari:

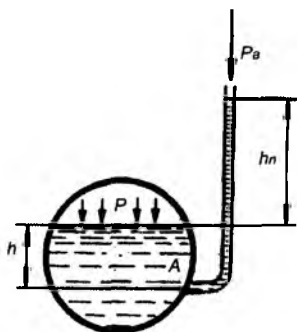
a) *pyezometrlar* – idishdagi bosim unga ulangan shisha naychada tekshirilayotgan suyuqlikning ko'tarilishiga qarab aniqlanadi (1.1.1-rasm). Idishdagi bosimning katta yoki kichikligiga qarab pyezometr (shisha naycha) da suvning sathi  $h_n$  balandlikka ko'tariladi. Tekshirilayotgan  $A$  nuqtadagi bosim  $P_a$  idishdagi erkin suv sathidagi bosim bilan undagi suv ustunining bosimi yig'indisiga teng. Suv bosimi pyezometr orqali aniqlanganda u gidrostatikaning asosiy tenglamasi yordamida quyidagicha aniqlanadi:

$$P_A = P_a + \gamma(h + h_n) \quad (1.1.1)$$

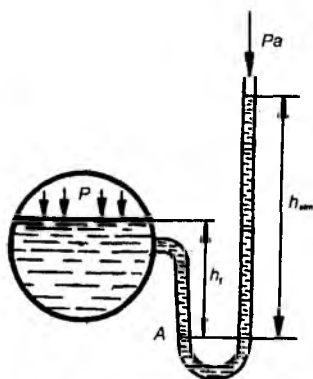
U holda pyezometrda suyuqlik erkin suv sathining balandligi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$h + h_n = \frac{P_A - P_a}{\gamma}$$

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



1.1.1-rasm. Pyezometr.



1.1.2-rasm. U-simon manometr.

b) *suyuqlik U- simon manometrlari* – bosim tekshirilayotgan suyuqlik bilan emas, simob ustuni yordamida o‘lchanadi (1.1.2-rasm). Bu holda simobli shisha naycha idishga U- simon naychadagi qarshilik to‘sqinlik qiladi. U holda A nuqtadagi bosim idish tomondagi qiymatlar orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$p_A = p + \gamma h_1$$

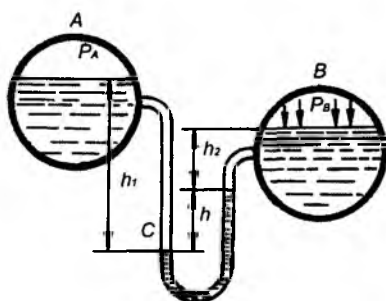
Simobli naychadagi qiymatlari orqali esa

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

Bu ikki tenglikdan  $P$  ni topamiz:

$$p = p_a + \gamma_{sim} h_{sim} - \gamma h_1 \quad (1.1.2)$$

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



1.1.3-rasm.  
Differensial manometr

c) *differensial manometrlar* – ikki idishdagi bosimlar farqining hisobiga bosimni aniqlash imkonini beradi (1.1.3-rasm).

Bosimlari  $p_A$  va  $p_B$  ga teng bo'lgan ikki idish simobli  $U$  - simon naycha orqali tutashtirilgan. Bu holda  $C$  nuqtadagi bosim birinchi idishdagi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$p_C = p_A + \gamma h_1$$

Ikkinchi idishdagi bosim orqali esa

$$p = p_A + \gamma_1 h_2 + \gamma_{sim} h$$

$U$  holda idishlardagi bosimlar farqi

$$p_A - p_B = \gamma_1 (h_2 - h_1) + \gamma_{sim} h \quad (1.1.3)$$

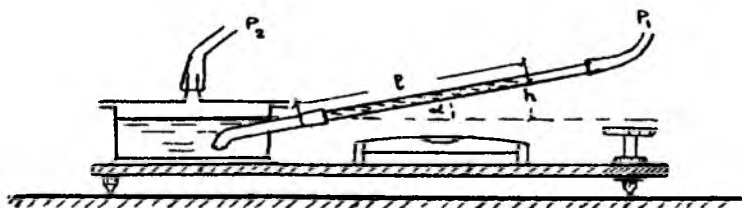
Ikki idishdagi suyuqliklar sathi teng bo'lganda esa  $h_2 - h_1 = h$  va

$$p_A - p_B = (\gamma_{sim} - \gamma_1) h.$$

*d)* mikromanometrлар – juda kichik bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi (1.1.4-rasm). Suyuqlik sathining o'zgarishi sezilarli bo'lishi uchun suyuqlik to'ldirilgan idishga shisha naycha qiya burchak ostida ulanadi. U holda idishdagi chegirma bosim quyidagicha aniqlanadi:  $p = \gamma h$  bo'lgani uchun

$$p = \gamma \sin \alpha, \quad (1.1.4)$$

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



1.1.4-rasm. Mikromanometr

e) vakuummetrlar. Tuzilishi xuddi suyuqlik  $U$  - simon manometrlariga o'xshash bo'lib, idishdagi siyraklanish darajasini aniqlaydi (1.1.5-rasm). Hidrostatik bosim tenglamasiga asosan

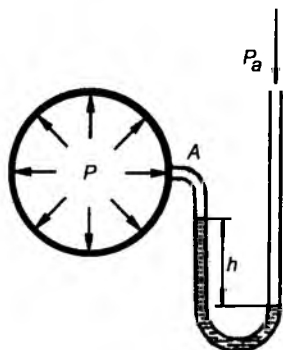
$$p + \gamma_{sim} h_{sim} = p_a$$

u holda

$$p = p_a - \gamma_{sim} h_{sim} \quad (1.1.5)$$

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

$$h_{sim} = \frac{p_a - p}{\gamma_{sim}} \quad (1.1.6)$$



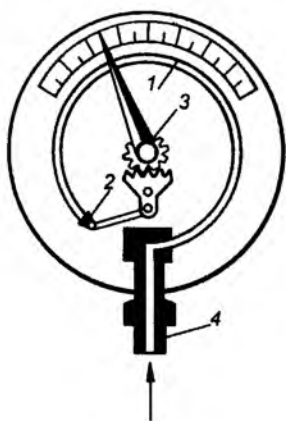
1.1.5-rasm. Vakuummetr.

**2. Mexanik usulda o'lchovchi asboblari** katta bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi va buning uchun turli mexanik sistemalardan foydalaniladi:

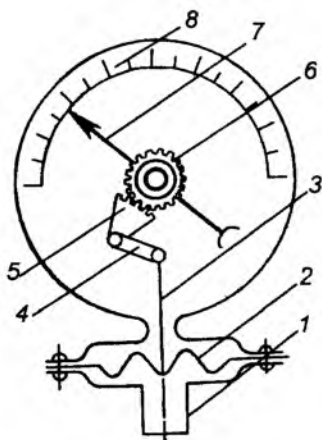
a) prujinali manometr (1.1.6-rasm) ichi bo'sh yupqa egik latun' 1 naychadan iborat bo'lib, uning bir uchi kavsharlangan. Shuning uchi zanjir 2 bilan tishli uzatma 3 ga ilashtirilgan bo'ladi.

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

b) membranali manometr (1.1.7-rasm) – yupqa metall plastinka yoki rezina shimdirilgan materialdan tayyorlangan plastinkaga ega bo'lib, u membrana deyiladi. Suyuqlik bosimi idish egilish natijasida richaglar sistemasi orqali stryelka harakatga keladi va shkala bo'yicha surilib, bosimni ko'rsatadi.



1.1.6-rasm. Prujinali manometr.



1.1.7-rasm. Membranali manometr.

Manometrik bosim  $p_m$  deb, atmosfera bosimidan ortiqcha bo'lgan bosimga aytiladi:

$$p_m = p - p_a \quad (1.1.7)$$

bu yerda  $p$  - absolyut (to'liq) bosim,  $Pa$ ;

$p_a$  - atmosfera bosimi,  $Pa$ .

Vakuummetrik bosim  $p_v$  deb, atmosfera bosimiga etmagan bosimga aytiladi:

$$p_v = p_a - p \quad (1.1.8)$$

Suyuqlikli manovakuummetr va vakuummetrlar asbobi bilan manometrik  $p_m$  va vakuummetrik  $p_v$  bosimlarni qiymatini o'lchashda quyidagi formulalardan foydalaniladi:

$$p_m = \rho g h_m, \quad (1.1.9)$$

$$p_v = \rho g h_v \quad (1.1.10)$$

bu yerda  $\rho$  - suyuqlikning zichligi,  $kg/m^3$ , (ilovaga qarang);

$g$  - erkin tushish tezlanishi,  $m/s^2$ ;

$h_m$  - manovakuummetr asbobidagi suyuqlik sathi farqi, ya'ni manometrik bosim ko'rsatishlari,  $m$ ;

$h_v$  - manovakuummetr asbobining ko'rsatishi, ya'ni vakuummetr bosimi ko'rsatishlari,  $m$ .



*Absolyut (to'liq) bosim p deb, atmosfera va manometrik bosim yig'indisiga teng:*

$$p = p_a + \rho g h_m \quad (1.1.11)$$

yoki atmosfera va vakuummetrik bosim ayirmasiga teng:

$$p = p_a - \rho g h_v \quad (1.1.12)$$

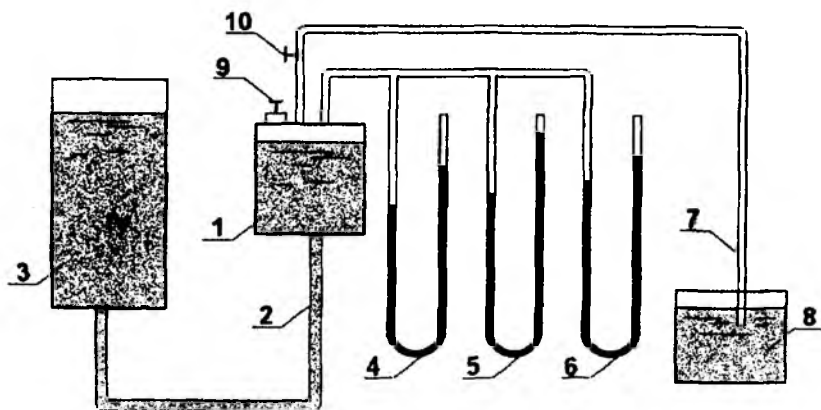
### **1.1.3. Laboratoriya ishiniing maqsadi.**

Gidrostatik bosimni turli asbob, qurilmalar bilan o'lchashni o'rganish. Suyuqlik bosimini o'lchovchi qurilmalarning ishlash uslubi va tuzilishini o'rganish. Talabalarda manometrik va vakuummetrik bosimlarni o'lchash ko'nikmalarini rivojlantirish.

### **1.1.4. Laboratoriya qurilmasi.**

Bosim o'lchagich qurilma (1.1.8-rasm), quyidagi qismlardan tashkil topgan: 1 suv solingan silindrsimon idish, bu idish rezina quvur 2 bilan ochiq idish 3 bilan tutashtirilgan. Bu idish 3 vertikal bo'yicha harakatlanish imkoniyatiga ega. Ikkala idishlar birgalikda tutash idishlarni tashkil qiladi.

Qurilmaning o'lchovni qismi U shaklidagi 4, 5, 6 manovakuummetrlardan tashkil topgan bo'lib, 4,5,6 manovakuummetrlar bir paytning o'zida zichligi suvdan kichik va zichligi suvdan katta suyuqlik bilan to'ldiriladi. 7 qurilma vakuummetr asbobidir. Manovakuummetr va vakuummetr asboblarini 1 idishning havoli qismi o'zaro bog'lab turadi. Aynan shu qism bosimni o'lchash imkoniyatini beradi. Vakuummetr 7 quvurining pastki qismi 8 ochiq suvli idishga tushirilgan 9 va 10 jo'mraklar 1 idishni atmosfera va 7 vakuummetr bilan bog'lash imkoniyatini beradi.



1.1.8-rasm. Laboratoriya qurilmasining sxema chizmasi.  
1, 3 va 8-idishlar; 4, 5, 6-manovakuummetrlar; 7-vakuummetr.

### 1.1.5.Laboratoriyani o'tkazish tartibi

#### 1.1.5.1. Manometrik bosimni o'lchash.

9 va 10-jo'mraklar ochiladi. 3-idishdagi suyuqlik yuqoriga ko'tariladi. 1 va 3 idishlardagi suv sathlarining tinch holati o'rnatilgan. Keyin, 4,5,6 manovakuummetrlarning ko'rsatkichlarini yozib olib, 1,1 jadvalning 1-laboratoriyasiga yozib chiqamiz.

1.1.1-jadval.

O'lchash natijalari va manometrik bosimni hisoblash.

| № | O'lchangan qiymatlar             |          |          | Hisoblangan kattaliklar |          |          |
|---|----------------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|----------|
|   | Monometrik ko'rsatkichlari, m da |          |          | Monometrik bosim, Pa da |          |          |
| 1 | $h_{m1}$                         | $h_{m2}$ | $h_{m3}$ | $p_{m1}$                | $p_{m2}$ | $p_{m3}$ |
| 2 |                                  |          |          |                         |          |          |
| 3 |                                  |          |          |                         |          |          |

1.1.1-jadvaldagi shartli belgilar:

$h_{m1}$ ,  $h_{m2}$ ,  $h_{m3}$  - 4, 5, 6 monovakuummetrdagi suyuqlik sathi ayirmalari;

$p_{m1}$ ,  $p_{m2}$ ,  $p_{m3}$  - 4, 5, 6 manovakuummetr asboblarning manometrik bosimning ko'rsatkichlari

2-laboratoriyada 3 idishdagi suv sathi 0,2...0,3 metrga ko'tariladi. Suv sathlari tinchlangandan so'ng 1 va 3-idishdagi bosim qiymatlari 4, 5, 6 monovakuummetrlardagi ko'rsatkichlar 1.1.1-jadvaliga yozib chiqiladi

*Absolyut (to'liq) bosim p deb, atmosfera va manometrik bosim yig'indisiga teng:*

$$p = p_a + \rho g h_m \quad (1.1.11)$$

yoki atmosfera va vakuummetrik bosim ayirmasiga teng:

$$p = p_a - \rho g h_v \quad (1.1.12)$$

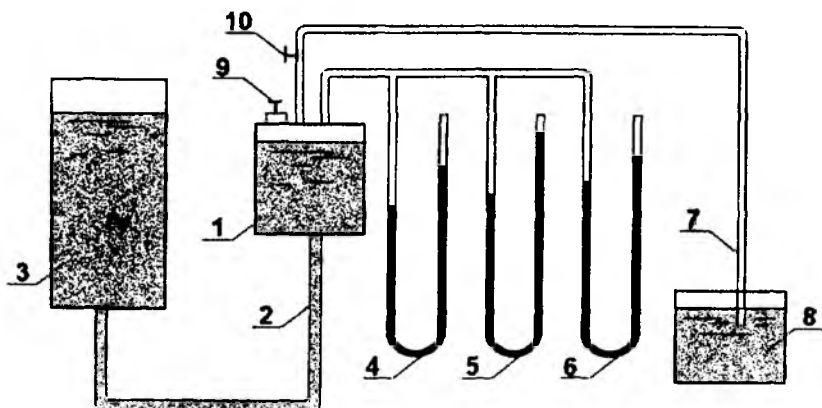
### **1.1.3. Laboratoriya ishining maqsadi.**

Gidrostatik bosimni turli asbob, qurilmalar bilan o'lchashni o'rganish. Suyuqlik bosimini o'lchovchi qurilmalarning ishlash uslubi va tuzilishini o'rganish. Talabalarda manometrik va vakuummetrik bosimlarni o'lchash ko'nikmalarini rivojlantirish.

### **1.1.4. Laboratoriya qurilmasi.**

Bosim o'lchagich qurilma (1.1.8-rasm), quyidagi qismlardan tashkil topgan: 1 suv solingan silindrsimon idish, bu idish rezina quvur 2 bilan ochiq idish 3 bilan tutashtirilgan. Bu idish 3 vertikal bo'yicha harakatlanish imkoniyatiga ega. Ikkala idishlar birgalikda tutash idishlarni tashkil qiladi.

Qurilmaning o'lchovni qismi U shaklidagi 4, 5, 6 manovakuummetrlardan tashkil topgan bo'lib, 4,5,6 manovakuummetrlar bir paytning o'zida zichligi suvdan kichik va zichligi suvdan katta suyuqlik bilan to'ldiriladi. 7 qurilma vakuummetr asbobidir. Manovakuummetr va vakuummetr asboblarni 1 idishning havoli qismi o'zaro bog'lab turadi. Aynan shu qism bosimni o'lchash imkoniyatini beradi. Vakuummetr 7 quvurining pastki qismi 8 ochiq suvli idishga tushirilgan 9 va 10 jo'mraklar 1 idishni atmosfera va 7 vakuummetr bilan bog'lash imkoniyatini beradi.



1.1.8-rasm. Laboratoriya qurilmasining sxema chizmasi.  
1, 3 va 8-idishlar; 4, 5, 6-manovakuummetrlar, 7-vakuummetr.

### 1.1.5.Laboratoriyanı o‘tkazish tartibi

#### 1.1.5.1. Manometrik bosimni o‘lchash.

9 va 10-jo‘mraklar ochiladi. 3-idishdagi suyuqlik yuqoriga ko‘tariladi. 1 va 3 idishlardagi suv sathlarining tinch holati o‘rnatilgan. Keyin, 4.5.6 manovakuummetrlarning ko‘rsatkichlarini yozib olib, 1,1 jadvalning 1-laboratoriyasiga yozib chiqamiz.

1.1.1-jadval.

O‘lchash natijalari va manometrik bosimni hisoblash.

| № | O‘lchangan qiymatlar             |          |          | Hisoblangan kattaliklar |          |          |
|---|----------------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|----------|
|   | Monometrik ko‘rsatkichlari, m da |          |          | Monometrik bosim, Pa da |          |          |
| 1 | $h_{m1}$                         | $h_{m2}$ | $h_{m3}$ | $p_{m1}$                | $p_{m2}$ | $p_{m3}$ |
| 2 |                                  |          |          |                         |          |          |
| 3 |                                  |          |          |                         |          |          |

1.1.1-jadvaldagi shartli belgilar:

$h_{m1}$ ,  $h_{m2}$ ,  $h_{m3}$  - 4, 5, 6 monovakuummetrdagi suyuqlik sathi ayirmalari;

$p_{m1}$ ,  $p_{m2}$ ,  $p_{m3}$  - 4, 5, 6 manovakuummetr asboblarning manometrik bosimning ko‘rsatkichlari

2-laboratoriya 3 idishdagi suv sathi 0,2...0,3 metrğa ko‘tariladi. Suv sathlari tinchlangandan so‘ng 1 va 3-idishdagi bosim qiymatlari 4, 5, 6 monovakuummetrlardagi ko‘rsatkichlar 1.1.1-jadvaliga yozib chiqiladi

Laboratoriyalarni bir necha bor takrorlaymiz. Oxirgi laboratoriya 3 idishdagi suv idishda to'lguncha davom etadi.

### 1.1.5.2. Vakuummetrik bosimni o'lchash

9 va 10-jo'mraklar ochiladi. 3-idishdagi suv sathi eng yuqori sathga o'rnatiladi.

1 va 3-idishlardagi suv sathlari o'rnatilib bo'lgandan so'ng 9 jo'mrak yopiladi. Idishdagi suv sathi 0,2...0,3 metrga pasaytiriladi. Shundan so'ng 4, 5, 6 monovakuummetr va 7 vakuummetrlarning ko'rsatkichlari 1, 2-jadvalga tushiriladi. Bu ko'rsatkichlar 1-laboratoriya hisoblanadi. 3-idishdagi suv sathi yana 0,2...0,3 metrga tushiriladi. Suv sathlari tinchlanib, sathlar o'rnatilgandan so'ng 1 va 3-idishdagi 4, 5, 6 monovakuummetr va 7 vakuummetrlarning ko'rsatkichlari 2 laboratoriya sifatida 1.1.2-jadvalga tushirib olinadi. Laboratoriyalar shu tariqa davom ettiriladi va h.k.

1.1.2-jadval

Vakuummetrik bosimni o'lchash va hisoblash natijalari

| № | O'lchangan qiymatlar                      |          |          | Hisoblangan kattaliklar     |          |          |
|---|---|----------|----------|-----------------------------|----------|----------|
|   | Vakuummetrlarning ko'rsatkichlari, $m$ da |          |          | Vakuummetrik bosim, $Pa$ da |          |          |
| 1 | $h_{v1}$                                  | $h_{v2}$ | $h_{v3}$ | $p_{v1}$                    | $p_{v2}$ | $p_{v3}$ |
| 2 |   |          |          |                             |          |          |
| 3 |   |          |          |                             |          |          |

1.1.2-jadvaldagi shartli belgilar:

$h_{v1}, h_{v2}, h_{v3}$  - 4, 5, 6 monovakuummetrdagi suyuqlik sathlari farqi ko'rsatishlari va 7 vakuummetr asbobining ko'rsatishlari, metr suv ustunida;

$p_{v1}, p_{v2}, p_{v3}$  - vakuummetrik bosimning hisoblangan qiymatlari.

3 idishdagi suv sathi eng quyi nuqtasiga yetkaziladi. 1, 3 idishlardagi suv sathi tinch holatga kelgandan so'ng 4, 5, 6 monovakuummetr va 7 vakuummetr ko'rsatkichlari 1.1.2-jadvalga 3 laboratoriya sifatida qayd etiladi.

### 1.1.6. Laboratoriya ma'lumotlarini tahlil qilish

Idishdagi manometrik bosim qiymatlarini (1.1.9) formuladan topib, qiymatlarini 1.1.1-jadvalga tushiramiz.

Idishda paydo bo'ladigan vakuummetrik bosimning qiymatini (1.1.10) formuladan aniqlaymiz va 1.1.2-jadvalga ko'chiramiz.

Absolyut bosim qiymatini (1.1.11) formula bo'yicha hisoblab, 1.1.3-jadvalida keltiramiz.

Suyuqliklar zichliklari qiymatlarini maxsus texnik adabiyotlardan foydalanib topiladi.

1.1.3-jadval

Absolyut bosimni hisoblash jadvali

| № | Absolyut bosim, $P_a$ da<br>( $p > p_a$ ) |       |       | Absolyut bosim, $P_a$ da ( $p < p_a$ ) |       |       |       |
|---|---|-------|-------|--|-------|-------|-------|
|   | $p_1$                                     | $p_2$ | $p_3$ | $p_1$                                  | $p_2$ | $p_3$ | $p_4$ |
| 1 |   |       |       |  |       |       |       |
| 2 |   |       |       |  |       |       |       |
| 3 |   |       |       |  |       |       |       |

1.3-jadvaldagi  $p_1, p_2, p_3, p_4$  qiymatlar – 4, 5, 6 manovakuummetrik va 7 vakuummetriklarning ko'rsatishlari.

## 2-LABORATORIYA ISHI

### 1.2 GIDROSTATIK BOSIM QIYMATINI ANIQLASH

#### 1.2.1. Sinov savollari

1. Gidrostatik bosim xossalarini tushuntiring.
2. Suyuqliklarda bosimni uzatilishi – Paskalqonuni.
3. Gidrostatik bosim kuchini aniqlash formulasi.
4. Gidrostatik mashinalar.

#### 1.2.2. Umumiy ma'lumotlar

##### 1. Paskalqonuni

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

$$p_A = p_0 + \gamma h_A.$$

$B$  va  $C$  nuqtalarda esa

$$p_B = p_0 + \gamma h_B,$$

$$p_C = p_0 + \gamma h_C.$$

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

$$p_A = p_0 + \Delta p + \gamma h_A,$$

$$p_B = p_0 + \Delta p + \gamma h_B,$$

$$p_C = p_0 + \Delta p + \gamma h_C.$$

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

$$p_A - p_A = \Delta p,$$

$$p_B - p_B = \Delta p, \quad (1.2.1)$$

$$p_C - p_C = \Delta p.$$

Bundan quyidagicha xulosa kelib chiqadi: yopiq idishdagi suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil miqdorda (o'zgarishsiz) tarqaladi. Bu Paskalqonuni sifatida ma'lum (1.2.1-rasm). Ko'pgina gidromashinalarning tuzilishi ana shu qonunga asoslangan (masalan, gidroress, domkratlar, gidroakkumulyatorlar, hajmiy gidroyuritma va hokazo)lar.

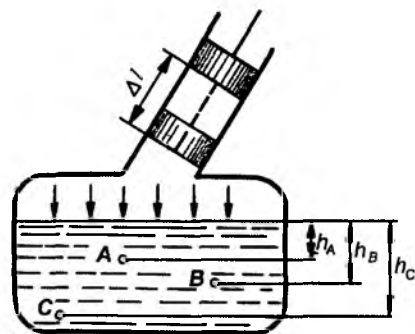
## 2. Gidrostatik mashinalar

Gidrostatikaning asosiy qonunlari asosida ishlaydigan mashinalar gidrostatik mashinalar deb ataladi. Ularga gidroresslar, gidroakkumulyatorlar, domkratlar (gidroko'targichlar) va boshqalar kiradi. Quyida ularning ishlash prinsiplari haqida qisqacha ma'lumot beramiz.

### 1.2.3. Ishning maqsadi

Laboratoriya sharoitida

gidrostatika qonunlari va gidrostatik bosim xossalari asosida ishlaydigan gidrostatik mashinalar ishlash jarayoni bilan tanishish.



1.2.1-rasm. Paskalqonunining namoyishi

### 1.2.4. Qurilmalar haqida ma'lumot

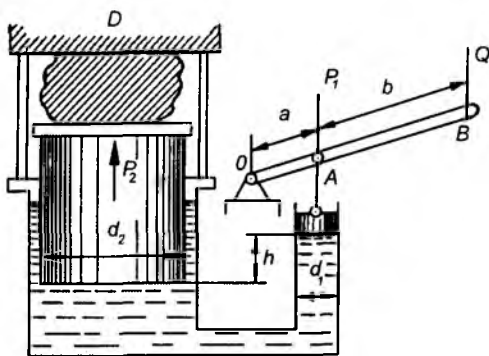
#### Gidroress.

Gidroresslardan gidrostatik qonunlar asosida katta kuchlar hosil qilish uchun foydalaniladi. Bu narsa presslash, shtamplash, toblash, materiallarni sinash va boshqa ishlar uchun qo'llaniladi. Ular ikki xil diametrli o'zaro tutashtirilgan ikki silindrdan iborat bo'lib, birinchi silindrda diametri  $d_1$ , katta silindrda esa diametri  $d_2$  ga teng bo'lgan ikki porshen harakatlanadi.

Kichik porshenga richag orqali kuch quyiladi. Katta porshenga stol oʻrnatilib, bu stol bilan devor oʻrtasiga presslanuvchi buyum quyiladi. Richag qoʻl bilan yoki dvigatel yordamida harakatga keltiriladi. Kichik porshen kuch taʼsirida pastga qarab siljiydi va suyuqlikka bosim beradi. Bu bosim katta silindrga ham tarqaladi, natijada porshen harakatga keladi. Bunday harakat stol ustidagi buyum devorga taqalguncha davom etadi. Stolning bundan soʻnggi koʻtarilishi natijasida buyum siqila boradi va u presslanadi.

Aytilgan usuldan faqat jismlarni koʻtarishda foydalanilsa, u holda konstruktiv sxemada devor boʻlmaydi. Bu holda bizning mashina gidrostatik koʻtargichga aylanadi.

Endi, gidroresslarda kuchlarning munosabatini topamiz.  $OAB$  richagining  $B$  uchiga  $Q$  kuch quyilgan boʻlsin. U holda kuch momenti uchun quyidagi tenglamani olamiz:



1.2.2-rasm. Gidropress.

$$Q(a+b) = P_1 b.$$

Bu tenglamadan kichik porshenga taʼsir qiluvchi kuchni topamiz:

$$P_1 = \frac{a+b}{b} Q.$$

U holda kichik porshen ostidagi suyuqlik bosimi

$$p = \frac{P_1}{S_1} = \frac{a+b}{b} \frac{4Q}{\pi d_1^2}$$

ga teng boʻladi.

Katta porshen ostidagi bosim esa

$$p + \gamma h = \frac{a+b}{b} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h.$$

bu yerda  $h$  porshenlarning ostki sirtlari orasidagi geometrik masofa.

Natijada katta porshenga taʼsir qiluvchi kuch quyidagicha topiladi:

$$P_2 = (p + \gamma h) S_2 = \left( \frac{a+b}{b} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h \right) \frac{\pi d_2^2}{4}.$$



Ko'pgina hollarda gidropresslarda gidrostatik bosim juda katta bo'lgani uchun  $\eta$  ni tashlab yuborsa ham bo'ladi, ya'ni:

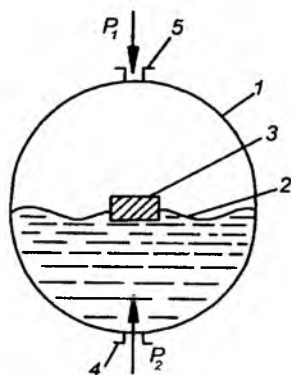
$$P_2 = \frac{a+b}{b} \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 Q.$$

Biz keltirilgan sxema soddalashtirilgan bo'lib, gidropresslarda juda ko'p yordamchi qismlar bo'ladi. Amalda gidropresslarda suyuqlikni porshen va silindrlar orasidan sizib o'tishi, tutashtiruvchi quvurlardagi qarshilik kuchi hisobiga katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch yuqorida keltirilgan nazariy hisobdan farq qiladi va quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

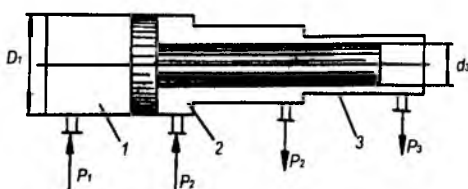
$$P_2^1 = \frac{a+b}{b} \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 Q \eta.$$

bu yerda  $\eta$  yuqorida aytilgan xatoliklarni o'z ichiga oluvchi koeffitsient bo'lib, uni foydali ish koeffitsienti deb ataladi. Amalda bu koeffitsient qiymati 0,75 bilan 0,85 o'rtasida bo'ladi. Keltirilgan hisobdan ko'rinib turibdiki, silindrlarning diametrlari va richagning yelkasini tanlab olish yo'li bilan presslovchi kuchni istagancha katta qilish mumkin. Amalda esa juda katta kuchlar paydo bo'lganda silindrlar devori deformasiyalanishi va hatto buzilishi mumkin, ayrim hollarda esa (mustahkam materiallarni presslashda) kuch 4000-8000 t ga ham etadi.

**b) Gidroakkumulyatorlar.** Gidravlik sistemalarda bosim va suyuqlik sarfining ortib ketish yoki kamayish hollari bo'ladi. Bosim va sarfning qiymatini mo'tadil ushlash uchun gidroakkumulyatorlardan foydalaniladi. Ular suyuqlik sarfi yoki bosim ortib ketganda yuqori bosimli suyuqlikning bir qismini o'z ichiga olib, sistemaga berish yo'li bilan bosimni va sarfni mo'tadillashtiradi.



1.2.3-rasm. Pnevmatik gidroakkumulyator.



1.2.4-rasm. Gidromul'tiplikator.

### 1.2.5. Laboratoriya ma'lumotlarini tahlil qilish

Talaba gidrostatik mashinalarning ishlash jarayoni bilan tanishib, olingan taassurotlari haqida qisqa xulosa yozadi. O'qituvchining topshirig'i bo'yicha va sinov savollari bo'yicha mustaqil ma'lumot tayyorlaydi.

## 3-LABORATORIYA ISHI

### 1.3 IDISHDA OQIM SATHI O'ZGARISHINING NAMOYISHI. ERKIN SATH SHAKLINI ANIQLASH.

1.3.1. Sinov savollari

1. Eyler tenglamalari

2. Nisbiy muvozanat

3. Burchak tezligi, tezlanish

4. Teng bosimli sirt tenglamasini yozing va tushuntiring

#### 1.3.2. Umumiy ma'lumotlar

Silindrik idishdagi suyuqlik vertikal o'q atrofida o'zirmas burchak tezlik bilan aylantirilganda qo'shimcha markazdan qochma inersiya kuchi hosil bo'ladi.

Massa (og'irlik, inersiya) kuchlari va yuza kuchlarining birgalikdagi ta'siri ostida hajmi saqlangan holda erkin suv sathida o'zgarishlar hosil bo'ladi.

Eyler tenglamasidagi asosiy ta'sir etuvchi massa kuchlari chegaralanib, suyuqlikning erkin suv sath uchun parabalid tenglamasiga ega bo'ladi:

$$Z_T = \frac{\omega^2 r^2}{2g}, \quad (1.3.1)$$

bu yerda:  $Z_T$  - erkin suv sathi nuqtasining vertikal koordinatasi, m;

$\omega$  - aylanishning burchak tezligi,  $s^{-1}$ ;

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \quad (1.3.2)$$

$n$  – idishning aylanish chastotasi, ob/min;

$r$  – erkin suv sath nuqtasining gorizonttal koordinatasi, m;

$g$  – erkin tushish tezlanishi,  $m/s^2$ .

Parabaloidning aylanish markazi simmetriya tekisligidir, ya'ni uning koordinata nuqtalari diametr yo'nalishida bir xil masofada joylashadi.

#### 1.3.3. Ishning maqsadi

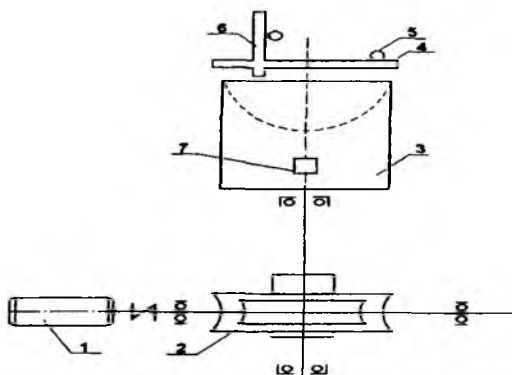
O'zgarmas burchak tezligi bilan vertikal o'q atrofida aylantirilayotgan silindrik idishdagi suv erkin sathi shaklini aniqlash.

Nazariy (Eyler tenglamasidan) aniqlangan ma'lumotlar va laboratoriya natijalarini solishtirish.

### 1.3.4. Laboratoriya qurilmasi

Laboratoriya qurilmasi (1.3.1-rasm) elektrodvigatel- 1, chervyakli reduktor- 2 va suyuqlik quyilgan idish- 3 dan tashkil topgan.

Qurilmadagi suv sathini o'lchash uchun gorizontal reyka 4, karetk 5 va o'lchash ignasi 6 va 7 idishning aylanishlar chastotasini ko'rsatish qurilmalaridan tashkil topadi.



1.3.1-rasm . Laboratoriya qurilmasining sxëmasi:

1-elektrodvigatel; 2-reduktor; 3-suyuqlikli idish, 4, 5- koretkali lineyka.

### 1.3.5. Laboratoriyani o'tkazish tartibi:

Laboratoriya o'tkazilishidan oldin idishning 0,5...0,6 qismi suv bilan to'ldirilishi kerak.

Elektrodvigatel 1 ishga tushirilib, stroyelkali ko'rsatgich 7 yordamida aylanish chastotasi 100...150 *ob/min*. oraliqda idish aylantiriladi.

Aylanish chastotasi urnatilgandan keyin o'lchov ninasi yordamida aylanish o'qi ( $r = 0$ ) da suyuqlik erkin suv sathining vertikal nuqtasi koordinatalari o'lchanadi.

O'lchash ignasini yuqoriga ko'tarib tanlongon gorizontal yo'nalishi orqali har 1 *sm* da suyuqlik erkin sathida vertikal koordinatada bir necha nuqta va idish devorida o'lchanadi.

O'lchangan ma'lumotlar 1.3.1- jadvalga to'ldiriladi.

### 1.3.6. Laboratoriyada natijalarini tahlili.

Suyuqlik erkin suv sathi vertikal koordinata nuqtasi koordinatasining boshiga nisbatan, paraboloid-aylanishi jismining eng pastki nuqtasi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Z_{oni} = Z_0 - Z_i, \quad (1.3.3)$$

bu yerda:  $Z_0$  - paraboloid aylanish jismi vertikal koordinatadan eng pastki nuqtasi.

#### 1.3.1-jadval

#### O'lchash va hisoblash natijalari.

| №<br>tochki | O'lchangan qiymatlar   |                    |                      | Hisoblangan qiymatlar    |                                     |                         |                                |
|-------------|------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
|             | $n$ ,<br><i>ob/min</i> | $r$ ,<br><i>sm</i> | $Z_i$ ,<br><i>sm</i> | $Z_{oni}$ ,<br><i>sm</i> | $\omega$ ,<br><i>s<sup>-1</sup></i> | $Z_{Ti}$ ,<br><i>sm</i> | $\frac{\Delta z}{Z_{oni}}$ , % |
| 0           |                        |                    |                      |                          |                                     |                         |                                |
| 1           |                        |                    |                      |                          |                                     |                         |                                |
| ...         |                        |                    |                      |                          |                                     |                         |                                |
| $i$         |                        |                    |                      |                          |                                     |                         |                                |

(1.3.3) formula yordamida suv to'ldirilgan idish aylanayotgandagi burchak tezligi aniqlanadi.

(1.3.3) formulasi bo'yicha aylanuvchi idishdagi suyuqlikning erkin yuzasi vertikal koordinatasining hisobli (nazariy) aylana radiusi qiymatlarida 1.3.1 - jadvaliga tushiriladi

Laboratoriya va hisoblangan qiymatlarning orasidagi farq quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$\frac{\Delta Z}{Z_{oni}} = \frac{Z_{oni} - Z_{Ti}}{Z_{oni}} \cdot 100\%. \quad (1.3.4)$$

Hisoblangan qiymatlar jadval 1.3.1. ga to'ldiriladi.

Koordinatar sistemasi olingan laboratoriya ma'lumotlari asosida erkin suv sathi egri chizig'i quriladi va bu chiziq tahlil qilinadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOT

1. Bashta T. M., Rudnev S. S., Nekrasov B. I. va boshqalar, Gidravlika i gidravlicheskiye mashini M., "Mashinostroyeniye" 1980 g. I.
2. Latipov Q. SH. Gidravlika, gidromashinalar va gidroyunitmalar.- Toshkent: O'qituvchi, 1992 y.
3. Shtrenlixt D. V. Gidravlika. M., Energoatomizdat, 1992 g.
4. Kiselev P. G. Gidravlika osnovi mexaniki jidkosti. M., Energiya 1980 g.
5. Osipov P. Ye. Gidravlika i gidravlicheskiye mashini, M., "Lesnaya promishlennost, 1965 g.
6. Uginshus A. A. Gidravlika i gidravlicheskiye mashini, Xarkov, izd. Xarkovskogo Gosuniversiteta im. A. M. Gorkogo 1966g
7. Kostyushenko E. V., Lapyev V. I., Xolodok L. A. Praktikum po gidravlike I gidromxanizatsii selskoxozyaystvennix protsessov.- Minsk urojay, 1991g.
8. Yufin A. P. Gidravlika, gidravlicheskiye mashini i gidroprivodi M., "Visshaya Shkola", 197 1965g
9. A. Arifjanov, I. Axmedxodjayeva, A. Fatxullayev. Suv resurslari. TIMI, 2008y.
10. Nekrasov B. B. Zadachnik po gidravlike, gidromashinam i gidroprivodu-M „Visshaya shkola“. 1995g.
11. Yesman I. G. Nasosi. Izd. Neftyanoy i Gomo-toplivnoy literaturi M., 1954 g.
12. Tumarkin M. B. Gidravlicheskiye sledyashie privodi M., "Mashinostroyeniye", 1966 g.
13. Krivshyenko G. I., Gidravlicheskiye mashini, M., Energiya 1978 g.
14. Prokofyev V. N., Danilov Yu. A., Kondakov L. A., Luganskiy A. S., Syelin Yu. A. Aksialno-porshnevoy reguliruyemiy privod, M., "Mashinostroyeniye" M., 1969 g.
15. Geyyer V. G., Dumin V. S, Borsmenskiy A. G., Zorya A. N. Gidravlika gidroprivod "Nedra" M., 1970 g.
16. K. Sh. Latipov - Suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchlanishi haqida UzSSR FA Axborotlari, texnika fanlari seriyasi, 1980 y. № 6. 43-47- bet.
17. K. Sh. Latipov - Gidravlik qarshilik koeffitsiyentini aniqlashga doir. UzSSR FA Doklidlari 1982 y. № 8; 16-19-bet.
18. Norkin P. K., Latipov K. Sh. Gidrodinamicheskiye peredachi i ob'yemniy gidroprivod (konspekt lektsiy) Izd-vo TashPI Tashkent - 1980 y.
19. John Fenton A First Course in Hydraulics (Vienna University of Technologiy, Austria ), 2012. -120 pages
20. Melvyn Kay, Practical Hydraulics (Taylor & Francis 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN ) 2008.-253 pages

## MUNDARIJA

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
|          |  |           |
|          | <b>Kirish</b>  | <b>5</b>  |
|          | <b>I b o b. Suyuqliklarning asosiy xossalari</b>                                     | <b>8</b>  |
| 1.1-§.   | Suyuqlik to'g'risida asosiy tushunchalar   | 8         |
| 1.2-§.   | Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar  | 9         |
| 1.3-§.   | Suyuqliklarning fizik xossalari  | 9         |
| 1.4-§.   | Suyuqliklardagi ishqalanish kuchi Nyuton qonuni. Qovushqoqlik                        | 13        |
| 1.5-§.   | Sirt taranglik (kapillyarlik)  | 17        |
| 1.6-§.   | Suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi  | 18        |
| 1.7. §.  | Gazlarning suyuqlikda erishi. Kavitatsiya hodisasi haqida tushuncha                  | 19        |
| 1.8-§.   | Ideal suyuqlik modeli  | 19        |
| 1.9-§.   | Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar  | 20        |
|          | <b>II b o b. Gidrostatika</b>  | <b>22</b> |
| 2.1-§.   | Suyuqliklarda bosim  | 22        |
| 2.2-§.   | Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari  | 23        |
| 2.3-§.   | Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi (Eyler differentsial tenglamasi) | 24        |
| 2.4-§.   | Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt  | 26        |
| 2.5-§.   | Eyler tenglamasining integrallari  | 26        |
| 2.6-§.   | Gidrostatikaning asosiy tenglamasi   | 30        |
| 2.7-§.   | Absolyut, manometrik, vakuummetrik va atmosfera bosimlari. Bosim o'lchov birliklari  | 31        |
| 2.8-§.   | Bosim o'lchash asboblari   | 32        |
| 2.9-§.   | Paskal qonuni  | 35        |
| 2.10-§.  | Gidrostatik mashinalar   | 36        |
| 2.11-§.  | Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim kuchi   | 45        |
| 2.12-§.  | Egri sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim   | 65        |
| 2.13-§.  | Bosim epyurasi   | 67        |
| 2.14-§.  | Arximed qonuni   | 74        |
| 2.15- §. | Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik   | 76        |
| 2.16-§.  | Nisbiy tinchlik  | 78        |
| 2.17-§.  | Amaliy mashg'ulotlarni bajarish bo'yicha topshiriqlar                                |           |
| 2.18-§.  | Laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish bo'yicha topshiriqlar                         |           |
|          | <b>FOYDALANILGAN ADABIYOT</b>  |           |

## THE MAINTENANCE

|  |    |
|--|----|
| The basic physical properties of liquids   | 5  |
| 1.1. The basic physical properties of a real liquid and its characteristic   | 8  |
| 1.2. Approximate structure of problems on a theme  | 8  |
|  | 9  |
| Definition of hydrostatic pressure in a point, modes of its measurement and numerical expression   | 9  |
| 2.1. Hydrostatic pressure in a point, its properties and dimension   | 13 |
| 2.2. The basic equation of a hydrostatics in case of action on a liquid only a gravity and its consequences  | 17 |
| 2.3. A technical characteristics of hydrostatic pressure and the formula for its definition  | 18 |
| 2.4. Modes of numerical expression of size of hydrostatic pressure   | 19 |
| 2.5. Pressure definition in a point under indications of devices   | 19 |
| 2.6. Approximate structure of problems on a theme  | 20 |
|  | 22 |
| Definition of force of hydrostatic pressure upon flat figures  | 22 |
| 3.1. An analytical mode of definition of size, a line of action and an appendix point (the pressure centre) forces of hydrostatic pressure                                       | 23 |
| 3.2. A case of action of force of hydrostatic pressure upon a horizontal plane. Hydrostatic paradox  | 24 |
| 3.3. Drawing hydrostatic pressure  | 26 |
| 3.4. A graphical analysis mode of definition of size of the pressure force operating on flat rectangular figures with the horizontal base and position of the centre of pressure | 26 |
| 3.5. Approximate structure of problems on a theme  | 30 |
| Determination of the pressure force on the cylindrical surface   | 32 |
| 4.1. The force acting on the cylindrical surface   | 35 |
| 4.1.1. Determination of the horizontal component of force  | 36 |
| 4.1.2. Determination of the vertical component of force  | 45 |
| 4.2. The direction of force $F$ and a point of application   | 65 |
| 4.3. The approximate composition of tasks on   | 67 |
| 4.4. Explanations for homework № 1 under the heading "Hydrostatics"  | 74 |

Arifjanov Oybek Muxammedjanovich  
Samiyev Luqmon Nayimovich

## “GIDRAVLIKA”

/ O'quv qo'llanma /

Muharrir: M. MUSTAFAYEVA  
Musahhih: D. ALMATOVA

---

*Bosishga ruxsat etildi: 26.10.2018y. Qog'oz o'lchami 60x84 - 1/16  
Hajmi 7,3 bosma taboq.30 nusxa. Buyurtma № 0456  
TIQXMMI bosmaxonasida chop etildi.  
Toshkent-100000. Qori Niyoziy ko'chasi 39 uy.*