

**Q.T. Raximov, A.K. Xodjiyev, T.U. Apakxujayeva,
Z.I. Ibragimova, M.Y. Otaxonov, D.Sh. Allayorov**

GIDRAVLIKA



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**Q.T. Raximov, A.K. Xodjiyev, T.U. Apakxujayeva, Z.I. Ibragimova,
M.Y. Otaxonov, D.Sh. Allayorov**

GIDRAVLIKA

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi oliy texnika o‘quv yurtlari talabalari uchun o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etgan

Тошкент 2019

Ushbu o‘quv qo‘llanma institut Ilmiy Kengashining “31” oktyabr 2019 yilda bo‘lib o‘tgan 3-sonli majlisida ko‘rib chiqilgan va nashr etishga ruxsat berilgan.

Ro‘yxatga olish raqami: 5.38.24

UO‘T – 621.22.01 (075.8)

**Q.T. Raximov, A.K. Xodjiyev, T.U. Apakxujayeva, Z.I. Ibragimova,
M.Y. Otaxonov, D.Sh. Allayorov**

/ G I D R A V L I K A /.

O‘quv qo‘llanma. – T.: TIQXMMI. 2019: - 236 bet.

Ushbu o‘quv qo‘llanmada quvurlarda va gidrotexnik inshootlardagi gidravlik jarayonlar bayon etilgan va ularning gidravlik hisobini bajarish uslublari keltirilgan. Har bir bo‘limi yangi masalalar va ularning yechimi bilan boyitilgan.

O‘quv qo‘llanma Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Ilmiy Kengashi tomonidan tasdiqlangan «Gidravlika» fani o‘quv dasturi asosida yozilgan bo‘lib, «Gidravlika» kursi rejalashtirilgan 5311000 – «Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish» bakalavriat ta‘lim yo‘nalishi 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.

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

X. Fayziyev

-Toshkent Arxetektura va Qurilish instituti
«Zamin va poydevorlar gidrotexnik
inshootlar» kafedrası professori, t.f.d.

I. Axmedxodjayeva

-«Gidravlika va gidroinformatika» kafedrası
prof., t.f.n.

© Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti
(TIQXMMI), 2019 y.

KIRISH

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

Gidravlika suyuqliklarda kuchlarning tarqalishi va uning harakat davomida o`zgarib borishi qonunlarini har xil qurilmalar va mashinalarni hisoblash hamda loyihalashga tatbiq etish bilan ham shug`ullanadi.

Gidravlika shuningdek, gidrotexnika, irrigatsiya, suv ta'minoti va kanalizatsiya, neft mexanikasi kabi bir qancha fanlarning asosi hisoblanadi. Insoniyat tarixining dastlabki davrlaridayoq suvdan foydalanish hayotda ma'lum o`rin egallagan. Arxeologik tekshirishlar odamlar juda qadim zamonlardan oq (eramizdan 4000-2000 yillar avval) turli gidrotexnika inshootlari qurishni bilganliklarini ko`rsatadi. Qadimgi Xitoyda, Misrda, Gretsiyada, Rimda, Markaziy Osiyoda va boshqa ibtidoiy madaniyat o`choqlarida kemalar, to`g`onlar, suv taminoti va sug`orish sistemalari bunyod etilganligi to`g`risida ma'lumotlar mavjud. Bu qurilmalarning qoldiqlari hanuzgacha saqlanib qolgan. Lekin u davrlarda bunday qurilish ishlari haqida hech qanday hisoblashlar saqlanmaganligi, ular faqat amaliy bilimlarga tayangan ilmiy nazariy asosga ega emas degan fikrga olib keladi.

Bizgacha yetib kelgan, gidravlikaga aloqador ilmiy ishlardan birinchisi Arximedning "Suzib yuruvchi jismlar haqida" asari bo`lsa, keyinchalik VIII-XI asrlarda Markaziy Osiyoda yashab ijod qilgan qator olimlarning asarlarida gidravlikaga oid masalalar o`z aksini topgan. Jumladan, buyuk vatandoshimiz Ahmad Farg`oniy (832-833 yillarda) Shom (Suriya) shimolidagi Sinjor dashtida Tadmur va ar-Raqqa oralig`ida yer meridian bir darajasining uzunligini o`lchashda qatnashdi. Yuqorida aytib o`tganimizdek, Ahmad Farg`oniy Nil daryosidagi suv sathini o`lchaydigan inshoot barpo etish uchun Misrning Qohira shahri yaqinidagi Fustat shahriga keladi. Ilmiy-texnik va me`moriy jihatdan g`oyat ulug`vor bu qurilma Nil daryosining Sayyolat ul-Rod mavzesida hozirga qadar saqlanib qolgan.

Shunisi qiziqki, aynan shu uskuna yordamida Misr aholisidan olinadigan yillik soliq miqdori belgilanib turilgan. Ya`ni, suv sathi ekinlarni sug`orish uchun qulay kelib, bir me`yorda oqsa, soliqning miqdori shunga qarab ko`tarilgan. Yoki suv sathi kamayib qurg`oqchilik boshlanadigan, aksincha suv ko`tarilib, ekinlarni yuvib ketishi mumkin bo`lgan vaqtlarda soliqlar miqdori kamaytirilishi mumkin edi. Bu Misr aholisining turmushi uchun adolatli qonunlardan biri hisoblangan.

Suyuqlik qonunlarining ochilishi eramizning XVI – XVII asrlaridan boshlandi. Bularga Leonardo da Vinchining suyuqliklarning o`zandagi va quvurdagi harakati, jismlarning suzib yurishi va boshqalarga bog`liq ishlari,

S.Stevenning idish tubiga va devorlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchi, G.Galileyning jismlarning suyuqlikdagi harakati va muvozanati haqidagi ishlari, Y.Torichellining suyuqliklarning kichik teshikdan oqib ketishi, B.Paskalning bosimning suyuqlik orqali uzatilishi to'g'risidagi, I.Nyutonning suyuqliklardagi ichki qarshiliklar qonuni va boshqa ishlar kiradi. Keyinchalik suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlari ikki yo'nalish bo'yicha taraqqiy qila boshladi. Bulardan biri tajribalarga asoslangan gidravlika bo'lsa, ikkinchisi nazariy mexanikaning mustaqil bo'limi sifatida taraqqiy qila boshlagan nazariy gidromexanika edi.

Nazariy gidromexanika aniq matematikaga asoslangan bo'lib, suyuqlik qonunlarini differentsial tenglamalar bilan ifodalash va ularni yechishga asoslanadi. Bu nazariy bilimlarning taraqqiy qilishiga XVII-XVIII asrlarda yashagan buyuk matematik-mexanik olimlar L.Eyler, D.Bernulli, M.Lomonosov, Lagranjlarning ilmiy asarlari asos bo'ldi. U vaqtdagi ishlar sof nazariy bo'lib, suyuqliklarning fizik xossalarini ideallashtirib ko'rilar va olingan natijalar harakat tarzlarini to'g'ri ifodalagani bilan tajriba natijalaridan juda uzoq edi. Shuning uchun bu ishlar gidromexanikaning taraqqiyotida aytarlik muhim rol o'ynamas edi va gidromexanika o'sha zamon texnikasi qo'ygan talabga javob bera olmas edi. XVIII-XIX asrlarda A.Shezi, A.Darsi, Bussinesk, Y.Veysbax va boshqa olimlarning ishlari hozirgi zamonda gidravlika deb ataluvchi amaliy fanning asosi bo'ldi.

Gidravlika o'z xulosalarini suyuqlik harakatining soddalashtirilgan sxemalarini qarash asosida chiqaradi va odatda, nazariy tenglamalarga empirik koeffitsiyentlar kiritib, ularni tajribalar o'tkazish yo'li bilan aniqlaydi. Keyinchalik esa gidravlika bilan gidromexanika fani o'zaro yaqinlashib, bir-birini to'ldiruvchi fanga aylandi.

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

Bu yo'nalishda Gidravlikaning taraqqiyotida quyidagi olimlarning muhim hissasi bor. Peterburg fanlar Akademiyasining a'zolari bo'lib, Rossiyada yashab, ijod etgan D. Bernulli va L.Eylerning gidromexanika fanining asoschilari sifatida yaratgan ishlanmalari, N.P.Petrovning gidrodinamik sirpanish nazariyasi, N.Ye.Jukovskiyning gidromexanikadagi muhim ishlari va quvurlardagi zarba nazariyasi, A.N.Krilovning kemalar nazariyasi, N.N.Pavlovskiyning suyuqliklarning filtratsiyasi nazariyasi, L.S.Leybenzonning yer osti gidromexanikasi va boshqa olimlarning ishlari dunyo faniga qo'shilgan buyuk hissa bo'lib hisoblanadi, N.Y.Jukovskiy, S.A.Shapligin va N.Y.Koshinlar

zamonaviy aerodinamika va gaz dinamikasining asoschilari bo`lib, bu fanlar hozir ham samolyot va raketalar harakatini o`rganishda katta rol o`ynaydi. Hozirgi zamon neft sanoati va texnikasida o`zbek olimi X.A.Raxmatulin asos solgan ko`p fazali muhitlar gidrodinamikasi muhim ahamiyatga ega ishlardan hisoblanadi .

Respublikamiz iqtisodiyotining barcha sohalarida amalga oshiralayotgan islohotlarning muvaffaqiyatida, jumladan irrigatsiya va melioratsiya, sug`orish tizimi, kimyo sanoati, qishloq xo`jaligi, mashinasozlik sanoati va texnikaning bir qancha sohalarida gidravlikaning ahamiyati beqiyosdir.

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 tushunishga 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 siljitivchi 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 tinish holatdagi massasi uning zichligi deb ataladi. Bu ta'rifga asosan

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

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

Zichlikning o'lchov birligi quyidagicha aniqlanadi:

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

Ba'zan nisbiy zichlik tushunchasi kiritiladi. Suyuqlik zichligining suvning 4°C issiqlikdagi zichligiga nisbati uning nisbiy zichligi bo'ladi va u solishtirma og'irlik bilan o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad (1.2)$$

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

$$\rho_{nisb.} = \frac{M_{suyuq.}}{M_{suv}} = \frac{G_{suyuq.}}{G_{suv}} = \gamma_{nisb.} \quad (1.3)$$

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

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta_t(t - 20)} \quad (1.4)$$

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

Suvning zichligi bu qonundan mustasno bo`lib, uning zichligi eng katta qiymatga 4°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 birligiga teng miqdorining og`irligi uning solishtirma og`irligi deb ataladi va grekcha γ harfi bilan belgilanadi. Yuqorida aytilgan ta'rifga asosan

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.5)$$

bu yerda V - suyuqlik hajmi (birligi m^3), G - og`irligi (birligi 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:

$$\frac{p}{\gamma} = RT \quad (1.6)$$

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

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

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

3. Suyuqliklarning issiqlikdan 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 sisternalarning 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 β_t bilan belgilangan.

1.1-jadval. Suvning hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti β_t 1/grad

Bosim, MN/m ²	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:

$$\beta_t = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad (1.7)$$

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

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

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

$\beta_t = 710^{-4} \frac{1}{grad}$; simob uchun $\beta_t = 1810^{-5} \frac{1}{grad}$.

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

Lekin texnikada va tabiatda ba'zi hollarda bosim juda katta boʻladi. Bunda agar suyuqlikning umumiy hajmi ham katta boʻlsa, hajm oʻzgarishi sezilarli miqdorda boʻladi va uni hisobga olish kerak.

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

$$\beta_p = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (1.8)$$

bunda $\Delta p = p - p_0$ – oʻzgargan va boshlangʻich bosimlar farqi; β_p ham β_v kabi juda kichik miqdor boʻlib, 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 koʻp 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 ²				
	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 ogʻirlik birligidagi miqdorining hajmi solishtirma hajm deyiladi va hajmni ogʻirlikka boʻlish yoʻli bilan aniqlanadi:

$$\nu = \frac{V}{G} \quad (1.9)$$

(1.5) va (1.9) formulalardan koʻrinib turibdiki:

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

Solishtirma hajmning oʻlchov birligi SI sistemasida:

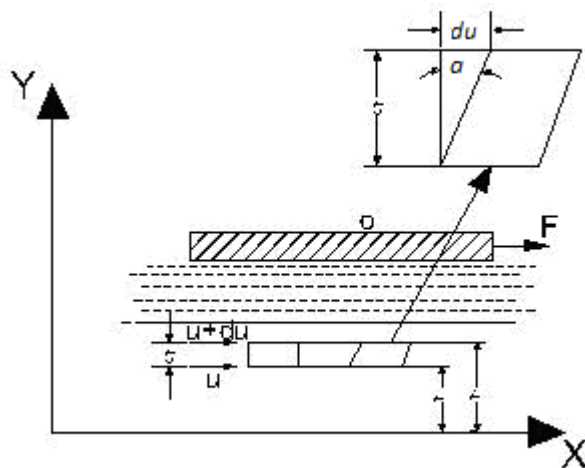
$$|\nu| = \frac{|V|}{|G|} = \frac{\text{m}^3}{\text{N}}$$

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 kinematic 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 α deb belgilasak, siljish kattaligi $\operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta u}{\Delta y}$ bo`ladi. Qatlam qalinligini cheksiz kichraytirib

differentzial 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 bog`liq ekanligini tushunish mumkin.

1686 y. I. Nyuton ana shu bog`lanishni chiziqli bog`lanishdan 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 to`g`ri proporsional, ya'ni:

$$F = \pm \mu S \frac{du}{dy} \quad (1.10)$$

Proporsionallik koeffitsiyenti μ 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 to`g`ri kelgan miqdori yoki gidravlikada urinma zo`riqish (ishqalanish kuchidan zo`riqish) deb atalgan miqdorga o`tish zarur bo`ladi. Bu miqdorni grekcha τ harfi bilan belgilanadi:

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

bu yerda musbat va manfiy ishora tezlik gradiyentining yo`nalishiga qarab tanlab olinadi.

Prof. K.Sh. Latipovning ishlarida urinma zo`riqish ikki tashkil etuvchining yig`indisidan iborat deb qarash zarurligi ko`rsatildi:

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

bu yerda $\lambda_p = (1 - \varphi_2)$ – bir qavatdan ikkinchi qavatga molekularning o`tishini bildiruvchi koeffitsiyentdir.

(1.11) formuladan ko`rinadiki, ishqalanish kuchidan zo`riqish tezlik gradiyentiga (yoki umumiyroq qilib aytganda tezlikning normal bo`yicha hosilasi) ga to`g`ri proporsionaldir.

Qovushqoqlik koeffitsiyentining birligi SI da quyidagicha:

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

SGS sistemasida esa $\frac{dinas}{m^2}$ bilan o`lchanadi. Bu birlik Puaz (PZ) deb ham ataladi.

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

Kinematik Qovushqoqlik koeffitsiyent. Hidravlikadagi ko`pgina hisoblash ishlarida μ ning ρ ga nisbati bilan ifodalanuvchi va kinematik Qovushqoqlik koeffitsiyenti deb ataluvchi miqdordan foydalanish qulaydir. Bu miqdor grekcha ν harfi bilan belgilanadi:

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

ν 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. $1 m^2/s = 10^4 st = 10^6 sst$.

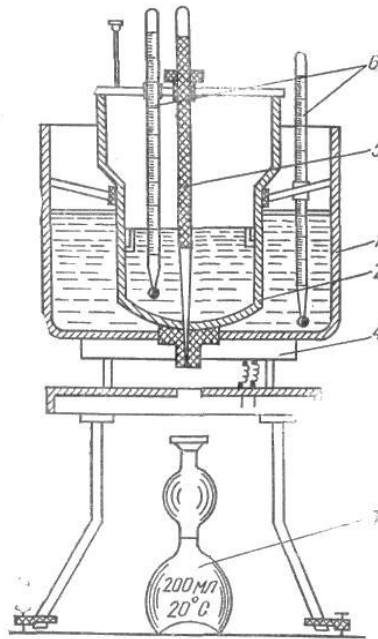
Qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlash uchun viskozimetr deb ataluvchi asbob qo`llaniladi. Suvga nisbatan yopishqoqligi katta bo`lgan suyuqliklar uchun Engler viskozimetri qo`llaniladi (1.2-rasm). U birining ichiga ikkinchisi joylashgan 1, 2 ikki idishdan iborat bo`lib, ular orasidagi bo`shliq, suv bilan, 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 $200 sm^3$ suyuqlik 3 oqib chiqqan vaqt belgilanadi. Xuddi shunday tajriba $t = 20^\circ C$ da distillangan suv bilan ham o`tkaziladi. Tekshirilayotgan suyuqlikning $t = 20^\circ C$ dan oqib chiqqan vaqtlarining nisbati Qovushqoqlikning shartli graduslari yoki Engler graduslarini bildiradi:

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

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

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



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 qovushoqligi kamayadi, gazlarning qovushoqligi ortadi. Suyuqliklar qovushoqligining temperaturaga bog'liqligini umumiy tenglama bilan ifodalab bo'lmaydi.

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

Havo uchun

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

Suv uchun

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

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

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

bu yerda v_t, v_{50} – tegishli temperaturada va 50°C da kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti; t - temperatura, $^\circ\text{C}$ da; n - daraja ko`rsatkichi; uning miqdori quyidagi jadvalda $^\circ\text{E}_{50}$ ning turli miqdorlari uchun keltirilgan:

1.3- j a d v a l

$^\circ\text{E}_{50}$	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 $0-50 \text{ MN/m}^2$ chegarasida taxminan chiziqli o`zgaradi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$v_p = v_0(1 + k_p p), \quad (1.18)$$

bu yerda v_p va v_0 – tegishli bosimda va atmosfera bosimida kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, p – qovushqoqlik o`lchangan bosim, MN/m^2 ; 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 molekularning 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 molekulari 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 σ – 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`lchov 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 molekulalarning 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 partsial 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`rnida 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'zgaraydigan, cho'zuvchi va siljituvchi kuchlarga qarshilik ko'rsatmaydigan abstrakt tushunchadagi suyuqliklardir.

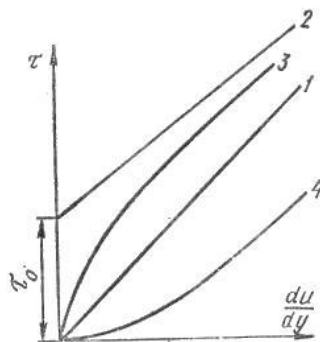
Real suyuqliklarda esa yuqorida aytilgan xossalar mavjud bo'lib, odatda siqilishi, issiqlikdan kengayishi va hajm o'zgarishi juda kichik miqdorga ega. Shuning uchun bu soddalashtirishlar hisoblashda unchalik ko'p xato bermaydi. Ideal suyuqliklarning real suyuqliklardan katta farq qilishiga olib keladigan 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 noqovushqoq (nevyazkiy), real suyuqliklarni esa qovushqoq 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 τ 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 τ umumiy holda tezlik gradiyenti $\frac{du}{dy}$ ning funktsiyasi sifatida qaraladi:

$$\tau = f\left(\frac{du}{dy}\right)$$



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

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

1. Bingam suyuqliklari (plastik yopishqoq suyuqliklar). Bu suyuqliklar kichik zo'riqishlarda ozgina deformatsiyalanib, zo'riqish yo'qolsa, yana avvalgi holiga qaytadi. Zo'riqish kuchi τ biror τ_0 qiymatdan oshsa, harakat boshlanadi. Bingam 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 η – 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 μ_k o'xshash yopishqoqlik deb ataladi.

3. Dilatant suyuqliklar soxta plastik suyuqliklarga o'xshash bo'lib, ulardan tezlik gradiyenti ortganida μ_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, τ va $\frac{du}{dy}$ o'rtasidagi bog'lanish vaqtga bog'liq bo'lgan suyuqliklar ham tabiatda uchraydi. 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 guruhlarga 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 ?

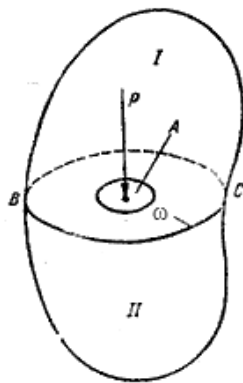
II BOB. GIDROSTATIKA

Gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini o`rganib, ularni texnikaga tadbiq 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 ω yuzga ajratamiz. Hajmning I qismi orqali uning II qismiga BC yuzga bo`yicha bosim kuchi beriladi.



2.1-rasm. Suyuqliklarda bosim tushunchasiga doir chizma.

Bu kuchning ω yuzaga ta'sir qilgan qismini P bilan belgilaymiz.

Qaralayotgan ω 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 ω yuzaga nisbati bu yuzaning birlik miqdoriga ta'sir qiluvchi kuchni beradi va u o`rtacha gidrostatik bosim deb ataladi:

$$p_{or} = \frac{P}{\omega}$$

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

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

Bu qiymat A nuqtaga ta'sir qilayotgan bosimni beradi va u gidrostatik bosim deb ataladi. Umumiy holda gidrostatik bosim p bilan o'rtacha gidrostatik bosim $p_{o'r}$ 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.

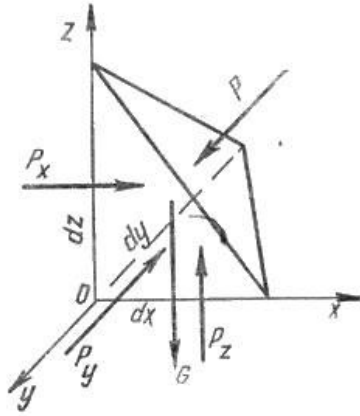
Urinma yo'nalishidagi proektsiya I va II qismlarining bir-biriga nisbatan siljishiga olib keladi (2.1-rasm). Suyuqlik muvozanatda bo'lgani uchun bu hol yuz berishi mumkin emas. Bundan p normal bo'yicha yo'nalmagan degan fikr noto'g'ri ekanligi kelib chiqadi.

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

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

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



2.2-rasm. Bosimlarning xossalariga doir chizma.

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

Oy o`qi bo`yicha

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

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:

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

Yuqoridagi tenglamalar qisqartirilgandan keyin quyidagicha yoziladi:

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

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

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

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

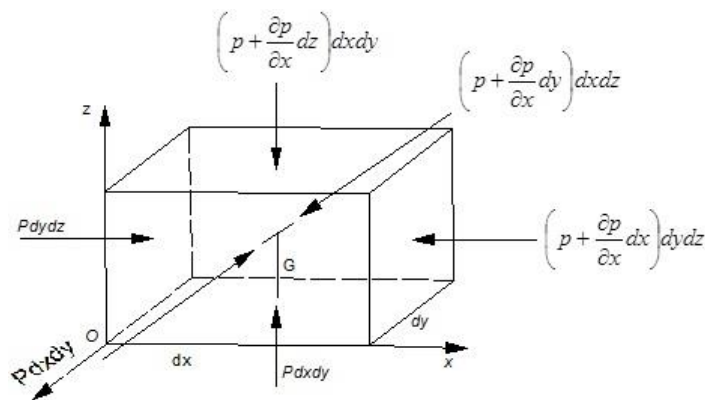
2.3. Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi (Eylar differentsial tenglamasi)

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 parallelepipedga 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 sirtga esa $p + \frac{\partial p}{\partial x}$ ga teng bosimlar ta'sir qiladi (2.3-rasm). Bu sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim kuchlari esa tegishlicha $p dy dz$ 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 $p dx dz$, unga parallel bo'lgan sirtga esa, $\left(p + \frac{\partial p}{\partial y} dy\right) dx dz$ kuchlar ta'sir qiladi.



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

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 edilgan.

2.4. Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt

Eyler tenglamalarini integrallash uchun uni qulay shaklga keltirishda (2.2) ning har bir tenglamasini 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

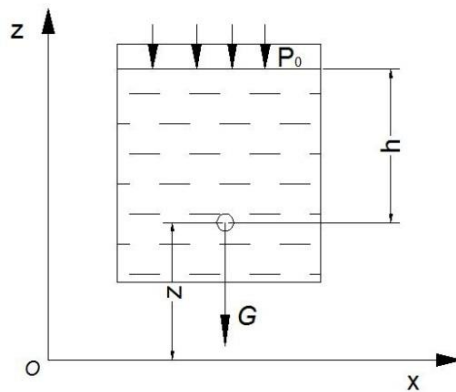
$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz) \quad (2.3)$$

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 boʻlgan ($p = const$) sirtlarni topish mumkin. Bunday tekisliklar bosimi teng sirtlar deb ataladi. $p = sonst$ boʻlganda $dp = 0$ boʻladi, ρ esa nolga teng boʻlishi mumkin emas. Shuning uchun bosimi teng sirtlar tenglamasi quyidagicha yoziladi:

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

Bosimi teng sirtlar xususiyl holda suyuqlikning erkin sirti boʻlishi mumkin. Suyuqlikning devor bilan chegaralanmagan sirti erkin sirt deyiladi. Masalan, idishda gaz va suyuqlik birga saqlangan boʻlsa, u holda suyuqlikning yuqori sirti jism devoriga tegmay gaz bilan chegaralangan boʻladi. Xususiyl holda ochiq idishdagi suyuqlikning yuqori sirti havo bilan chegaralangan boʻlib, erkin sirtni tashkil qiladi (2.4-rasm). Bosimi teng sirtlar va erkin sirtlar uchun misollar sifatida ogʻirlik kuchi taʼsiridagi 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) koʻrinishga keltirdik. Bu koʻrinishda uni integrallash va bosimi teng sirtlarni topish oson boʻladi. Quyida Eyler tenglamasining integrallari sifatida uchta masalani keltiramiz.

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

Idishda tinch turgan suyuqlikka faqat ogʻirlik kuchi taʼsir qiladi. Bu holda birlik massa kuchlarining proyeksiyalari:

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

boʻladi. Bu qiymatlarni (2.4) ga qoʻysak, $gdz = 0$ ga ega boʻlamiz. Uni integrallasak, $gz = const$ boʻladi. Bu esa gorizontal tekislikning tenglamasidir. Shunday qilib, tinch turgan suyuqliklar uchun har qanday gorizontal tekislik bosimi teng sirtidan iborat. Uning havo bilan chegaralangan sirti ham gorizontal boʻlib, u

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

$$p = \gamma h + p_0$$

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

b) Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik

Suyuqlik a tezlanish bilan harakat qilayotgan idishda muvozanat holatida bo`lsin (2.4-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, $-adx - gdz = 0$ tenglamani olamiz. Uni integrallab quyidagi tenglamaga ega bo`lamiz:

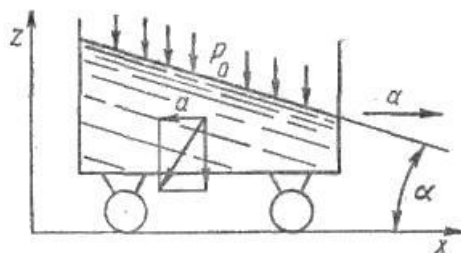
$$ax + gz = const \quad (2.6)$$

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

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

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

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



2.4 -rasm Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik.

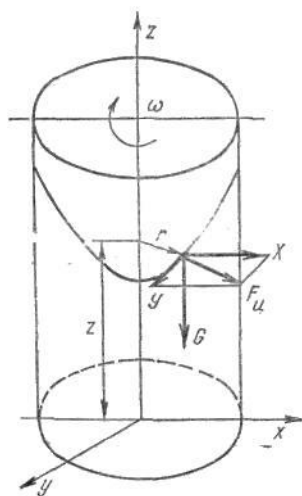
v) Aylanayotgan idishdagi suyuqlik.

Suyuqlik vertikal o`q atrofida ω 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 quyidagicha 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, gorizont tekislik bilan kesishganda esa markazi Oz da bo‘lgan konsentrik aylanalar hosil qiladi.

2.6. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi

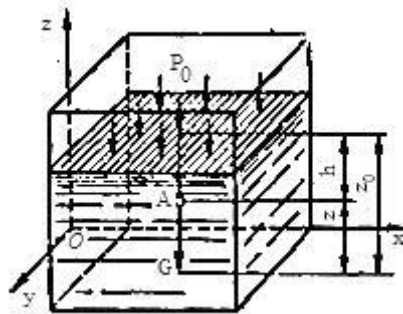
Tinch turgan idishdagi suyuqlikni qaraymiz. Bu suyuqlikka og‘irlik kuchi ta'sir etadi. Koordinata o‘qlarini Oz o‘qi vertikal yuqoriga yo‘naladigan qilib yo‘naltiramiz (2.6-rasm).

Ko`rilayotgan 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. Gidrostatikaning 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:

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

yoki

$$p = p_0 + \gamma h \tag{2.8}$$

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

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

2.7. Absolyut, manometrik, vakuummetrik va atmosfera bosimlari.

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, γh esa suyuqlik ustunining nuqtadagi bosimini beradi. Usti yopilmagan idishlardagi, suv sig'imlaridagi suyuqliklarning erkin sirtiga ta'sir qiluvchi bosim atmosfera bosimi deb ataladi va p_a harfi bilan belgilanadi. Bu holda (2.8) tenglama quyidagicha yoziladi:

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

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

$$p_m = \gamma h = p - p_0 \quad (2.10)$$

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 ∞ o'rtasidagi barcha qiymatlarini qabul qilishi mumkin.

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

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

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

Bosimni o'lchash uchun texnikada turli birliklar ishlatiladi:

1. Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati, masalan,

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

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

3. Birlik yuzaga to'g'ri kelgan berilgan kuch miqdoriga nisbati yoki suyuqlik ustunining berilgan balandligi miqdorlari, masalan, texnik atmosfera (*atm*) ($1 atm = 1 kgK/sm^2 = 10^4 kgK/m^2 = 735,6 mm sim. ust.$) bar ($1 bar = 10^5 N/m^2$) va hokazo.

2.8. Bosim o`lchash asboblari

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

I. Suyuqlik asboblari:

a) *pezometrlar* - idishdagi bosim unga ulangan shisha naychada tekshirilayotgan suyuqlikning ko`tarilishiga qarab aniqlanadi (2.7- 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:

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

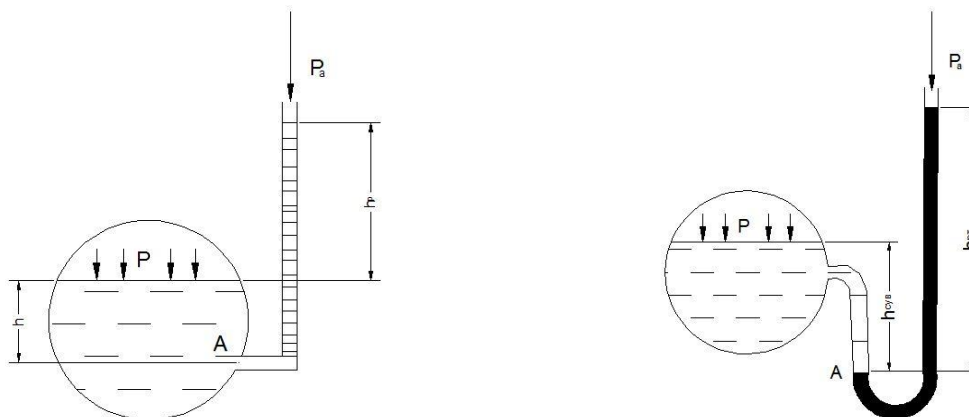
U holda pezometrda suyuqlik erkin sathining balandligi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

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

Bunday asboblar 0,5 atm dan yuqori bo`lmagan kichik chegirma bosimlarni o`lchashda ishlatiladi. Haqiqatda ham 1 atm ga teng bo`lgan bosim 10 m suv 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

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

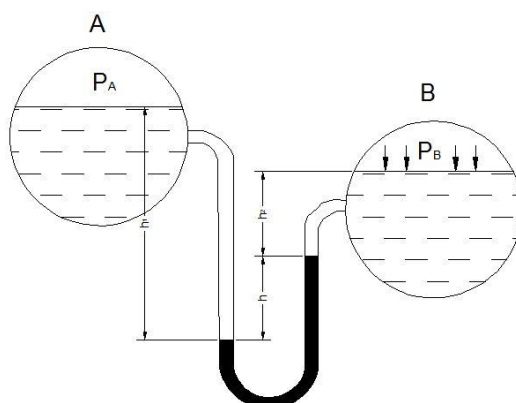
Bu ikki tenglikdan p ni topamiz:

$$p = p_a + \gamma_{sm} h_{sm} - \gamma_1 h_1 \quad (2.13)$$

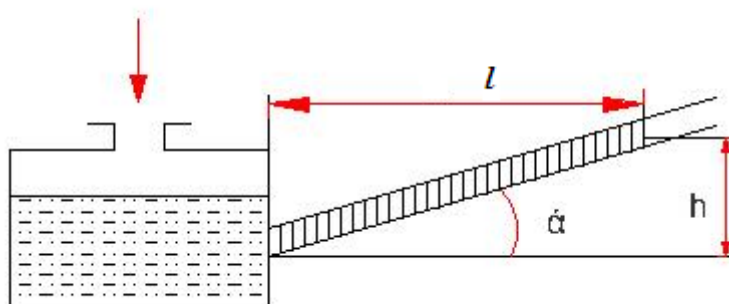
Bunday manometrlar ham bir necha atmosferadan ortiq bosimni o'lchashga yaramaydi.

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

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

U holda idishlardagi bosimlar farqi

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

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

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

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 naychaning qiyalik burchagi α 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) *Vakuummeterlar*. Tuzilishi xuddi suyuqlik U-simon manometrlariga o`xshash bo`lib, idishdagi siyraklanish darajasini aniqlaydi (2.11-rasm). Hidrostatik bosim tenglamasiga asosan

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

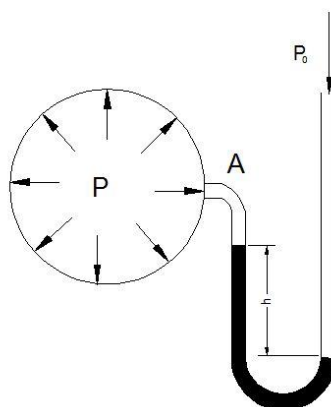
u holda

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

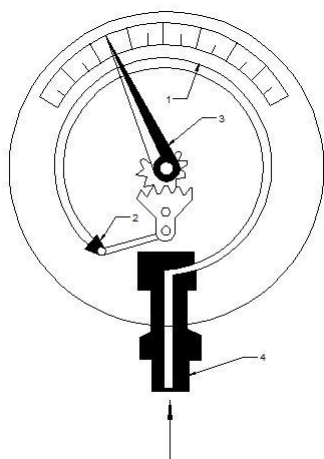
simob ustunining pasayishi idishdagi bosim va p_a orqali quyidagicha ifodalanadi:

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

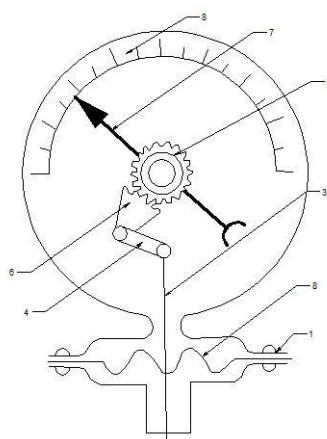
II. Mexanik asboblari (katta bosimlarni o`lchash uchun ishlatiladi va buning uchun turli mexanik sistemalardan foydalaniladi):



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`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 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`yinchaga 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:

$$p_A = p_0 + \gamma h_A$$

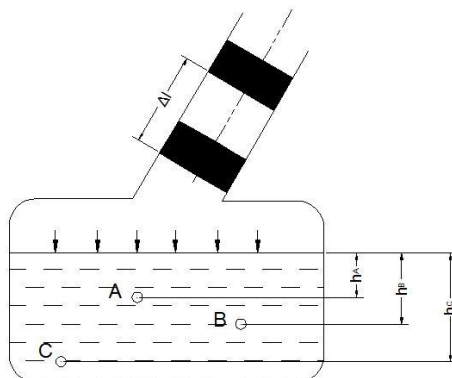
B va C nuqtalarda esa

$$p_B = p_0 + \gamma H_B$$

$$p_C = p_0 + \gamma H_C$$

Agar porshenni Δl masofaga (2.14-rasm) siljitsak, u holda suyuqlik erkin sirtidagi bosim Δp 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

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

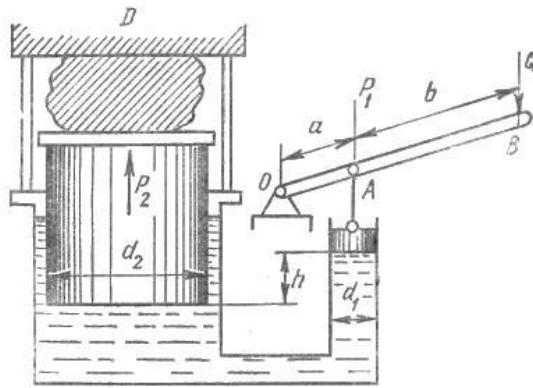
Bundan quyidagicha xulosa kelib chiqadi: *yopiq idishdagi suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil miqdorda (o`zgarishsiz) tarqaladi.* Bu Paskal qonuni sifatida ma'lum. Ko`pgina gidromashinalarning tuzilishi ana shu qonunga asoslangan (masalan, gidroress, domkratlar,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

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

Ko`pgina hollarda gidropresslarda gidrostatik bosim juda katta bo`lgani uchun η 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, 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:

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

Bu yerda η 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 gidropresslarda 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.

Potensial 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 (akkumulyatorda 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 diafragma ta'sir etuvchi kuch orqali haqiqiy bosim quyidagicha aniqlanadi:

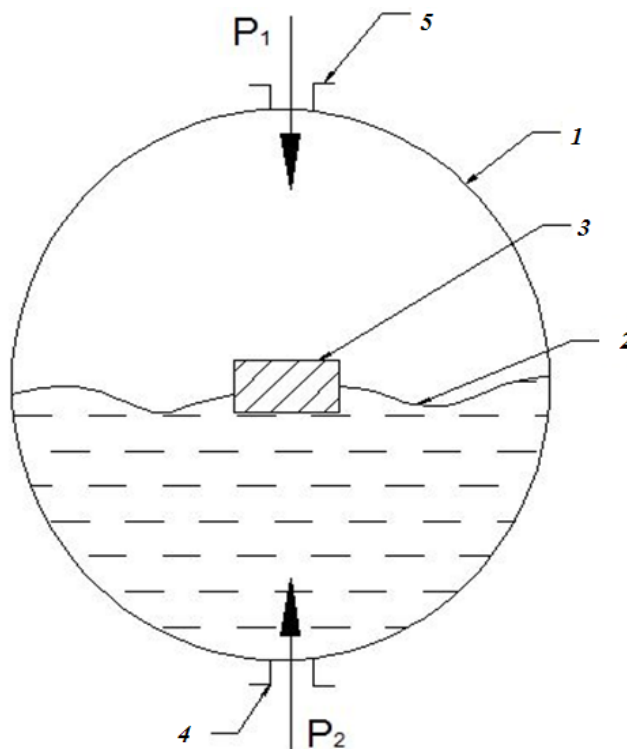
$$p = \frac{(p_1 - p_2)\omega + F_2}{\omega}. \quad (2.25)$$

Bu holda haqiqiy bajarilgan ish

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

bu yerda η – 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'rinli bo'ladi.



2.16- rasm. Pnevmatik gidroakkumulyatorning sxemasi.

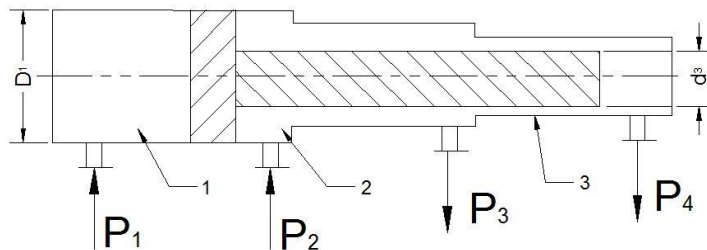
v) **Gidromultiplikatorlar** gidrosistemadagi bosimni, uning biror qismida oshirib berish uchun foydalaniladi. Bu vazifa ko'p hollarda xususan gidroakkumulyatorlar yetarli bosimni ta'minlab berolmaganda muhim ahamiyatga

ega. 2.17-rasmda gidromultiplikatorning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan. U differentsial silindrda harakatlanuvchi differentsial 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:

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

bu yerda η_g – gidravlik qarshiliklarini hisobga oluvchi koeffitsiyent; η_{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. Gidromultiplikatorning 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.

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

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:

$$G = \rho_6 g W = \rho_6 g \frac{\pi d^2}{4} \cdot h_1 = 22 \text{ kH}$$

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

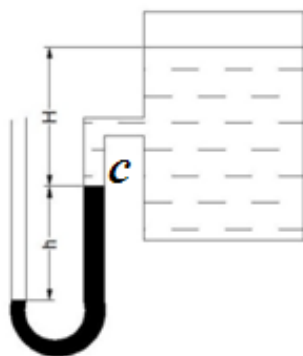
Yechimi:

1. (1.2) formuladan C nuqtadagi bosim

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

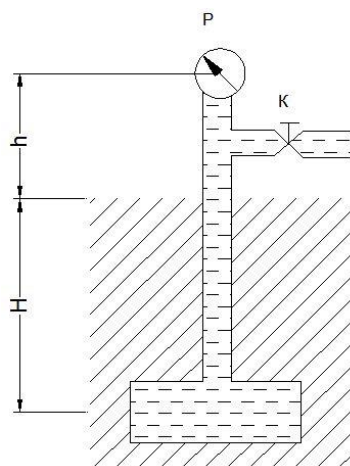
2. Suyuqlik sathidagi bosim

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



2.18-rasm

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



2.19- rasm.

Yechimi:

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

$$p_A = p_a - p_v$$

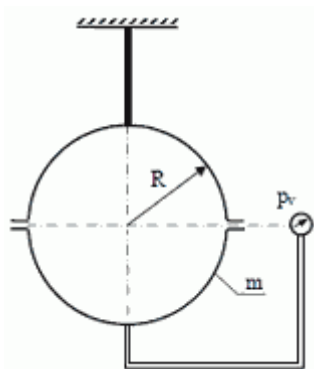
$$p_A = p_a - p_v = 0,8 \text{ at} = 0,08 \text{ MPa}$$

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. Suv bilan to'ldirilgan, radiusi $R = 0,4 \text{ m}$ bo'lgan shar shiftga osib qo'yilgan. Yarim sharning massasi $m = 150 \text{ kg}$ bo'lsa sharning markazidagi vakuummetrik bosimni aniqlang?



2.20-rasm.

Berilgan:

$$R = 0,4 \text{ m}$$

$$G = 1,5 \text{ kN}$$

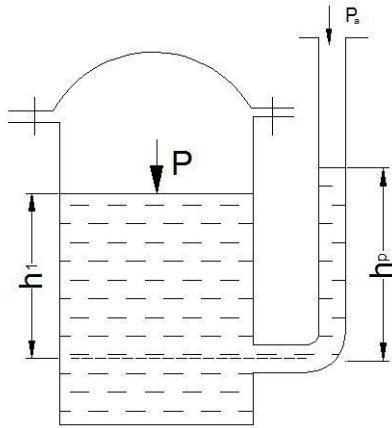
$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$p_v = ?$$

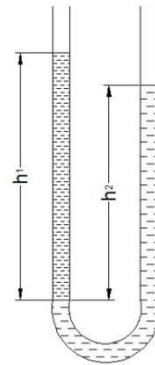
2. Idish tubidagi to‘la gidrostatik bosimni toping. Idishning usti ochiq bo‘lib, uning erkin sirtidagi bosim atmosfera bosimiga teng.

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

3. Yopiq idishga o‘rnatilgan pezometrda suyuqlik sathini h_p toping. Suv sathidagi absolyut bosim: $p = 1,06$ at; $h_1 = 60$ sm; $p_a = 760$ mm simob ustuniga teng. (2.21-rasm).



2.21-rasm.



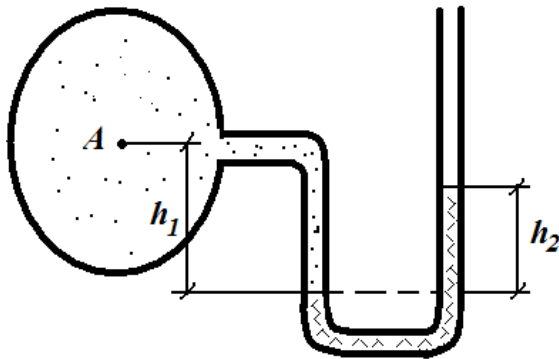
2.22-rasm.

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

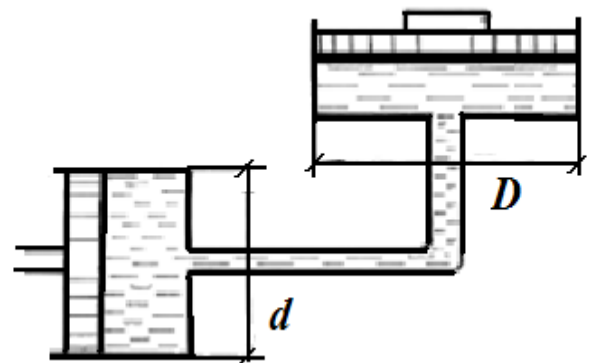
5. U – shakldagi idishga benzin va suv quyilgan. Agar $h_1 = 70$ sm; $h_2 = 50$ sm bo‘lsa, benzin zichligini aniqlang (2.22-rasm).

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

7. 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



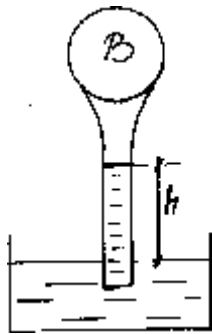
2.24-rasm

8. Balondagi $-V$ vakuum va absolyut bosimni toping. Vakuummetrning ko'rsatishi $h = 0,7\text{m}$ suv ustuniga teng (2.25-rasm).

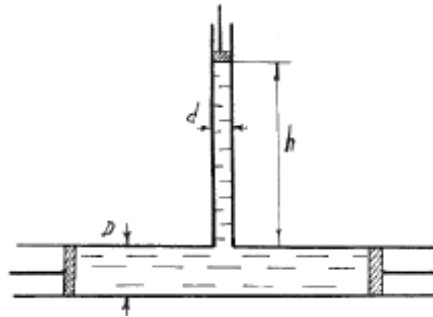
9. V-idishdagi vakuummetrik bosim $P_B = 0,5$ at; suyuqlikning zichligini aniqlang, agar $h = 0,7\text{ m}$; $P_a = 760\text{ mm}$ simob ustuniga teng bo'lsa (2.25-rasm).

10. Rasmda ko'rsatilganidek $D = 500\text{ mm}$ li quvur $d = 100\text{ mm}$ li quvurga ulangan. Suv ustunining balandligi $h = 80\text{ sm}$. Quvurlarga porshen o'rnatilgan. Tizim muvozanatda bo'lishi uchun S porshenga $F_1 = 9,81\text{ N}$ kuch qo'yilgan bo'lsa, A va B porshenlarga qanday F_2 kuch qo'yilishi kerak. Porshen va quvur orasidagi ishqalanish hisobga olinmasin (2.26- rasm).

11. Agar porshenlarga qo'yilgan kuchlar $F_2 = 60\text{ kN}$; $F_1 = 20\text{ kN}$ bo'lsa, h ni miqdorini aniqlang (2.26- rasm).



2.25-rasm



2.26-rasm

2.11. Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim kuchi

a) **Gidrostatik g'ayritabiiylik (paradoks).** Biror idishdagi suyuqlikning chuqurligi h bo'lsin, u holda ixtiyoriy nuqtadagi bosim uning suyuqlik ichida qancha chuqurlikda bo'lganiga bog'liq bo'ladi. A , B , C nuqtalardagi bosimlar quyidagilarga teng:

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

Suyuqlik tubidagi bosim kuchi esa

$$P = \gamma h \omega$$

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

2-24-rasmda har xil shakldagi idishlar tasvirlangan va barcha idishlardagi suyuqlikning chuqurligi h ga, idish tubining sirti esa ω ga teng.

Bu holda idish tubiga boʻlgan 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 boʻlgan bosim kuchi idishning shakli va bosim hosil qilgan suyuqlikning miqdoridan qat'i nazar quyidagiga teng boʻladi:

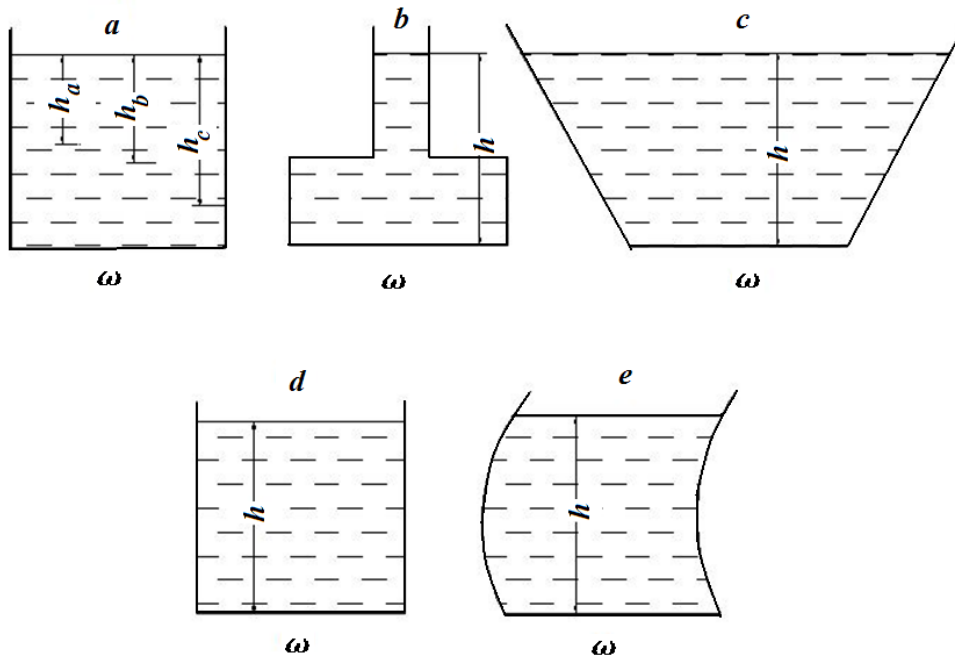
$$P = \gamma h \omega$$

Qanday qilib hajmi va ogʻirligi har xil suyuqliklarning idish tubidagi bosimi bir xil? Bu yerda fizikaning biror qonuni notoʻgʻri talqin qilinayotgani yoʻqmikan?

Gidravlika qonunlari boʻyicha suyuqlikdagi bosim uning shakliga bogʻliq boʻlmay, uning chuqurligiga bogʻliq.

Bu hodisa gidrostatik gʻayritabiiylik 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 yoʻnalgan boʻlib, reaksiya kuchlari pastga yoʻnalgan, 2.24, c da esa aksincha.

Ana shu hodisalar gidrostatik gʻayritabiiylikning mohiyatini ochib beradi.



2.24-rasm. Gidrostatik paradoksga doir chizma.

b) 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 α burchak tashkil etgan qiya sirtida ω 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 ω sirdagi kichik $d\omega$ sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi quyidagicha aniqlanadi:

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

bu yerda γh - suyuqlik ustunining bosimi; p_0 - erkin sirdagi bosim. U holda ω 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

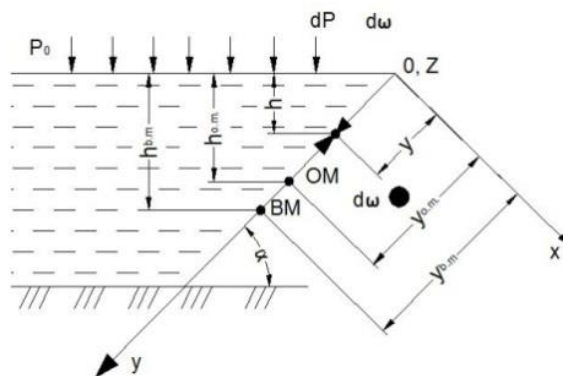
$$\int_{(\omega)} y d\omega = \omega y_{O.M.},$$

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

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

demak,

$$P_\omega = \omega(\gamma h_{O.M.} + p_0). \quad (2.31)$$



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

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

$$P_{\omega} = P_u + P_a$$

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

$$P_u = \gamma h_{oM} \omega \quad (2.32)$$

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

$$P_u = \gamma h_{oM} \omega$$

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

s) 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, ω sirtga ta'sir qilayotgan momentni aniqlaymiz:

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

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:

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

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

U holda (2.34) dan bosim markazini topamiz:

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

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`rilayotgan 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:

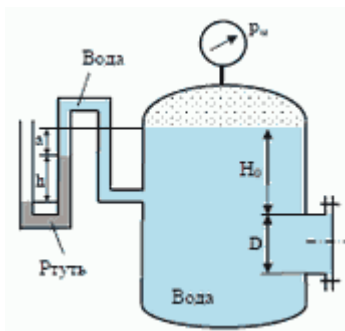
$$y_{o..m.} = y_{oM} + \frac{I_{o..m.}}{\omega \cdot y_{oM}} \quad (2.37)$$

Bu tenglamadan ko`rinadiki, bosim markazi ko`rilayotgan qiya sirt og`irlik markazidan $\frac{I_{o..m.}}{\omega \cdot y_{oM}}$ miqdorda pastda joylashgan bo`lib, sirt gorizontal bo`lgan xususiy holdagina bu farq 0 ga teng, (ya'ni, og`irlik markazi bilan bosim markazi ustma-ust tushadi).

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 $P_m = 0.08 MPa$ $H_0 = 15m$.



Berilgan

$$H_0 = 1.5 m$$

$$D = 1 m$$

$$P_M = 80 kN/m^2$$

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

2.26-rasm

Yechish

Birinchi holat uchun.

1) Qopqoqning og`irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

2) Qopqoq yuzasini aniqlaymiz.

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

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

$$F = P_c \cdot \omega = 100 \cdot 0.785 = 78.5 kN$$

2 – Masala. Qopqoq o'lchamlari $a=1,0$ m; $b=1,2$ m; suyuqlik zichligi $\rho=700$ kg/m³ va rezervuarga o'rnatilgan manometrning ko'rsatishi $p_m=0,08$ MPa; $H_0=1,5$ 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:

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

4. Bosim markazini aniqlaymiz:

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

bu yerda:

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

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

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

Endi bosim markazini aniqlashni boshqa hollarda ham ko'ramiz.

3– Masala. 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

$$h_d = z_d \sin \alpha = 2.17 \text{ m}$$

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:

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

bu yerda: J_0^1 – tekis shakl proyeksiyasining inertsia momenti;

ω^1 – tekis shaklning vertikal tekislikka proyeksiyasi.

U holda,

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

4 – 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:

a) Trossdagi kuchlanish (zatvor og‘irligi hisobga olinmasin)

b) 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:

1) Zatvorning og‘irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

2) Yuzani aniqlaymiz.

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

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

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

4) Bosim markazini aniqlaymiz

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

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

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

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

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) Sharnirdagi R reaksiya kuchini aniqlaymiz.

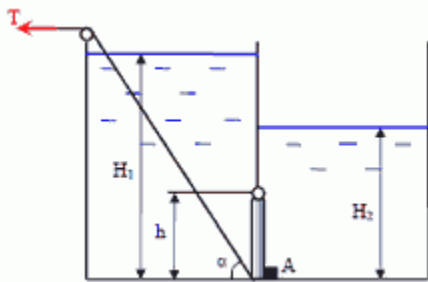
$$\Sigma M_A = 0$$

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

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

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

5 – 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.

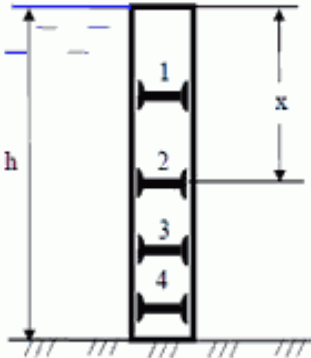
$$\sum M_0 = 0$$

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

$$R_A = \frac{P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 h)] - P_2 \cdot [h_{d2} - (H_2 - h)]}{h} = \frac{2.926 - 1.728}{0.4} = \frac{1.198}{0.4} = 4.95 \text{ kN}$$

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

6 – 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.

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

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

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

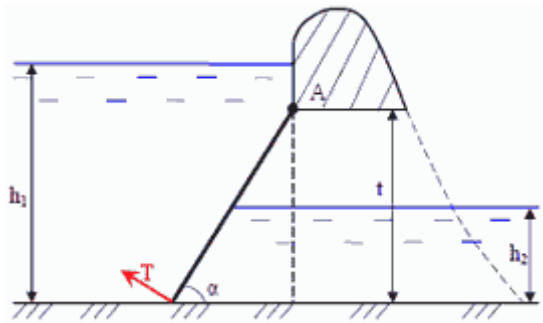
$$h_d = 2 + \frac{4}{2 \cdot 24} = 2.083 \text{ m} \rightarrow h_d = X = 2.083 \text{ m}$$

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

7 – 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 .

- Shitga ta‘sir etayotgan GBK P_1 va P_2
- Umumiy GBK P_{um}
- Umumiy kuch bosim markazi.
- Shitni qo‘zg‘atuvchi T kuchi.



Berilgan

$$\begin{aligned}
 h_1 &= 23 \text{ m} \\
 h_2 &= 11.5 \text{ m} \\
 t &= 17.25 \text{ m} \\
 b &= 6 \text{ m} \\
 \alpha &= 45^\circ \\
 G &= 100 \text{ kN} \\
 \gamma &= 10 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}$$

Yechish:

- Yuqori b‘efdan shitning og‘irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

- Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_1 = \frac{t}{\sin \alpha} \cdot b = \frac{17.25}{0.707} \cdot 6 = 148.5 \text{ m}^2$$

- Ta‘sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

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

- Pastki b‘efdan shitning og‘irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

- Yuzasini aniqlaymiz.

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

- Ta‘sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

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

- 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.

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

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

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

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

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

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.

$$\Sigma M_0 = 0$$

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

$$\begin{aligned} l &= \frac{F_1 \cdot \left[Z_{d1} - \left(\frac{h_1 - t}{\sin \alpha} \right) \right] - F_2 \cdot \left[Z_{d2} + \left(\frac{t - h_2}{\sin \alpha} \right) \right]}{F_{um}} \\ &= \frac{21161.25 \cdot \left[22.57 - \left(\frac{23.5 - 17.25}{0.707} \right) \right] - 5612 \cdot \left[10.84 + \left(\frac{17.25 - 11.5}{0.707} \right) \right]}{15549.25} \\ &= \frac{21161.25 \cdot 13.73 - 5612 \cdot 18.97}{15549.25} = \frac{184084.32}{15549.25} = 11.83 \text{ m} \end{aligned}$$

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

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

$$\Sigma M_0 = 0$$

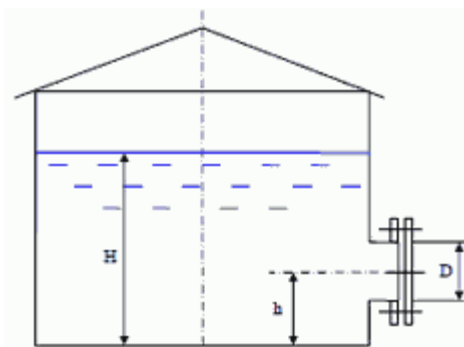
$$T \cdot \frac{t}{\sin \alpha} - P_{um} \cdot l - G \cdot \frac{t}{2 \cdot \sin \alpha} = 0$$

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

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

Javob: $P_1 = 21161.25 \text{ kN}$ $P_2 = 5612 \text{ kN}$

8 – 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:

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

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

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

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

$$n = 12$$

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

$$d = ?$$

- 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.

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

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

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

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

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

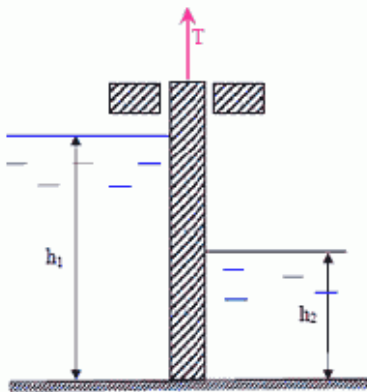
$$a = 4 \text{ m}, b = 2 \text{ m}, c = 0.2b$$

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

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

$$f = 0.4$$

$$T = ?$$



1) Chap tomondan zatvorning og‘irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

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,

$$P_{c2} = \gamma \cdot h_{c2} = \gamma \cdot \frac{h_2}{2} = 10 \cdot \frac{1.5}{2} = 10 \cdot 0.75 = 75 \frac{kN}{m^2}$$

5) Yuzasini aniqlaymiz.

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

6) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

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

7) Zatvorning og'irlik kuchini aniqlaymiz.

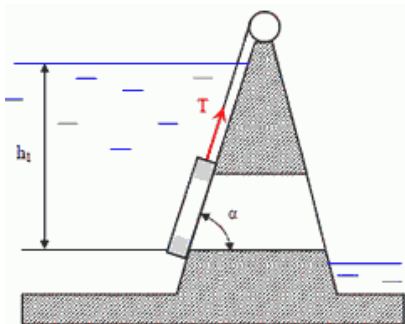
$$G = \gamma_m \cdot W = \gamma_m \cdot a \cdot b \cdot 0.2b = 75 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0.2 \cdot 2 = 75 \cdot 3.2 = 240 kN$$

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 : $T \geq 285 kN = 25.5Tk$

10 – Masala. To'g'onda suvning chiqish qismini to'sib turuvchi shitning balandligi $a = 2 m$, eni $B = 1.6 m$, qalinligi $c = 0.25b$, $\alpha = 60^\circ$. Shitning pastki qismigacha bo'lgan chuqurlik $h_1 = 10m$, shitning massasi $m = 2 t$, ishqalanish $f = 0.3$ suvning solishtirma og'irligi $\gamma = 10 kH/m^3$ bo'lsa shitni ko'taruvchi T kuchni aniqlang?



Berilgan:

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

$$\alpha = 60^\circ \quad m = 2T \quad f = 0.3 \quad \gamma = 10 kN/m^3 = 1Tk/m^3$$

$$T = ?$$

Yechish:

1) Shitning 0 og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

3) Shitga ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega = 9 \cdot 3.7 = 33.25Tk$$

4) Shitni ko'taruvchi kuch Arximed kuchini aniqlaymiz.

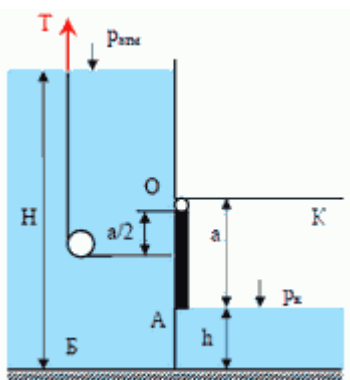
$$P_A = \gamma \cdot W = \gamma \cdot a \cdot b \cdot 0.25b = 1 \cdot 2 \cdot 1.6 \cdot 0.4 = 1.28Tk$$

5) Shitni yuqoriga ko'taruvchi T kuchni aniqlaymiz.

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

Javob: $T \geq 9.7Tk = 97kN = 97000N$

11 – Masala. Б Резервуардан сувни chiqarish uchun A zatvorni ochish uchun kerak bo'lgan T kuchni aniqlang. O'lchamlari: eni $b = 0.6$ m, balandligi $a = 1.2$ m. Suvning chuqurligi $H = 10$ m. Kameradagi bosim $P_k = 0.01at=1000$ Па, $h = 0.8$ m



Berilgan

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

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

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

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

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

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

$$T = ?$$

Yechish:

1) Zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega - P_k \cdot \omega = (P_c - P_k) \cdot \omega = (186 - 1) \cdot 0.72 = 185 \cdot 0.72 = 133.2 \text{ kN}$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

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

$$J = \frac{b \cdot a^3}{12} = \frac{0.6 \cdot 1.2^3}{12} = 0.0864$$

$$h_c = 8.6 \text{ m} \quad \omega = 0.72 \text{ m}^2$$

$$h_d = 8.6 + \frac{0.0864}{8.6 \cdot 0.72} = 8.61 \text{ m}$$

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

$$\Sigma M_0 = 0$$

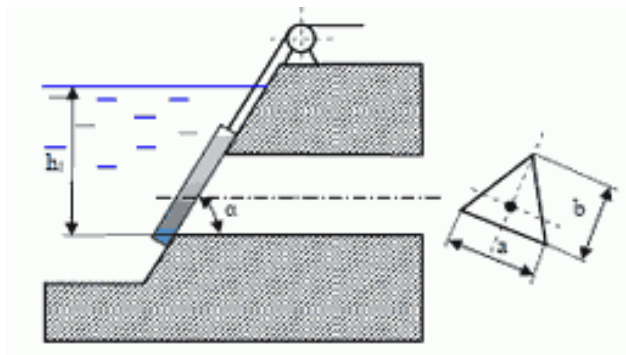
$$T \cdot \frac{a}{2} - F \cdot (h_d - H - h - a) = 0$$

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

$$= \frac{133.2 \cdot 1.22}{1.2} = 135.42 \text{ kN}$$

Javob: $T \geq 135.4 \text{ kN} = 13.54 \text{ TK}$

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



Berilgan

$$h = 9.5 \text{ m}$$

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

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

$$\alpha = 45^\circ$$

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

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

Yechish:

1) Zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

$$F = P_c \cdot \omega = 91.4 \cdot 0.9 = 82.26 \text{ kN}$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

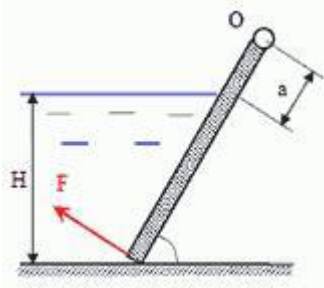
$$Z_d = Z_c + \frac{J}{Z_c \cdot \omega}$$

$$Z_c = \frac{h_c}{\sin \alpha} = \frac{0.14}{0.707} = 12.92 \text{ m}$$

$$\omega = 0.9 \text{ m}^2$$

Javob: $F = 82.26 \text{ kN}$

13 – 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 $H=1.5m$, $a = 0.2 m$, $\alpha = 60^{\circ}$.



Berilgan:

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

$$b = 1.25 \text{ m} \quad a = 0.2 \text{ m}$$

$$\alpha = 60^{\circ}$$

$$Q = ?$$

Yechish:

1) Shitning og‘irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

3) Ta‘sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega = 7.5 \cdot 2.16 = 16.2 \text{ kN}$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

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

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

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

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

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

$$\Sigma m_O = 0$$

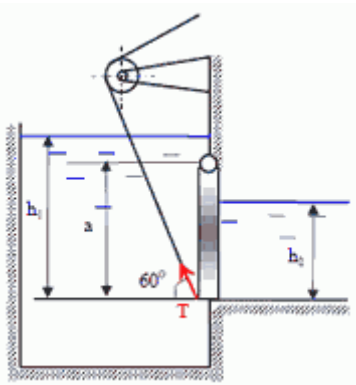
$$Q \cdot \left(\frac{H}{\sin \alpha} \cdot a \right) - F \cdot (Z_d + a) = 0$$

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

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

14 – Masala. Rezervuarda suvni to‘sib turgan shitning o‘lchamlari $a = 3m$, $b = 4m$. Chap tomondagi suvning chuqurligi $h_1 = 5m$, o‘ng tomonda esa $h_2 = 2m$.

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.

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

- 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:

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

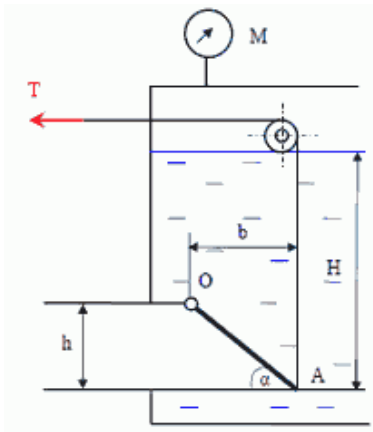
$$= \frac{420 \cdot [3.71 - (5 - 3)] - 80 \cdot [1.33 + (3 - 2)]}{3 \cdot 0.5}$$

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

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

Mustaqil yechishga doir masalalar:

15 – Masala. Rezervuardan benzinni kvadrat quvur ($h = 0.3 \text{ m}$) ga chiqish qismida qiya joylashgan AO klapan to‘shib turibdi. Qiyalik $\alpha = 45^\circ$. Benzin chuqurligi $H = 0.85 \text{ m}$, benzin zichligi $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$, benzin rezervuaridagi manometrning ko‘rsatgichi $M = 0.05 \text{ kg/m}^2 = 5000 \text{ Pa} = 50 \text{ kN/m}^2$. 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: $T = 4.55 \text{ kN}$

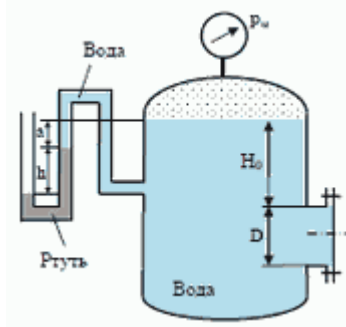
16 – Masala. Ikki qismga ajralgan rezervuar o‘rtasiga kvadrat shakildagi $a \cdot a = 0.6 \times 0.6 \text{ m}^2$ shit(darvoza) quyilgan. O‘ng tomondagi suvning sathi $H_1 = 2 \text{ m}$, ga etishi bilan shit avtomatik tarzda ochilishi uchun sharnir berilgan o‘qdan qancha masofada- x bo‘lishi kerak?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

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

17 – Masala. Diametri $D = 1m$ bo'lgan qopqoqqa ta'sir etayotgan GBK ni quyidagi holatlarda aniqlang.

a) Manometr ko'rsatgichi $P_m = 0.08 MPa$ $H_0 = 15.m$.

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



Berilgan

$H_0 = 1.5 m$

$D = 1 m$

$P_M = 80 kN/m^2$

$\gamma = 10 kN/m^3$

Javob: $F = 0$

2.12. 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:

$$p = p_u + p_0 \tag{2.38}$$

Uni hisoblash uchun egri sirtga kichkina $d\omega$ yuzaga 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:

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

Uning gorizontal tashkil etuvchisi esa

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

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

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

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

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

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 ω_y - egri sirtning yOz o'qdagi proyeksiyasi; h_0 - ω yuza og'irlik markazining chuqurligi; $h_0 = \frac{h_1}{2}$. Shunday qilib, egri sirtga tushadigan bosimning gorizontal 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 ω_y yuza egri sirtning yOz tekislikdagi proyeksiyasi ekanligi bilan farq qiladi.

Endi, egri sirtga tushadigan bosimning vertikal tashkil etuvchisini topamiz.

2.34-rasmdan

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

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:

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

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:

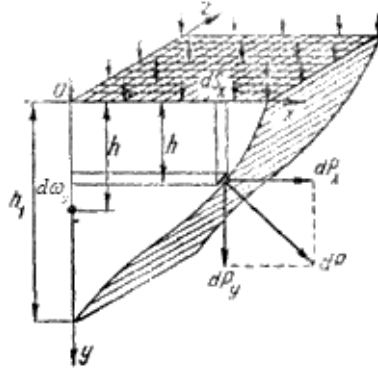
$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}. \quad (2.42)$$

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.



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

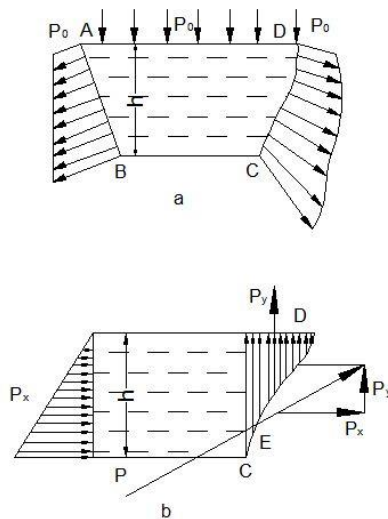
2.13. Bosim epyurasi

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. Hidrostatikaning asosiy tenglamasiga asosan

$$p = p_0 + \gamma h$$

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



2.35-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 chiziqning 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 sirtda 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 ($\mathcal{K}_1, \mathcal{K}_2$) ($\rho_1 = 1150 \text{ kg/m}^3$ va $\rho_2 = 1060 \text{ kg/m}^3$) quyilgan. Sistema diametri $D = 2.6 \text{ m}$, silindr qismining

balandligi $H = 4.5 \text{ m}$, \mathcal{K}_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.

Berilgan;

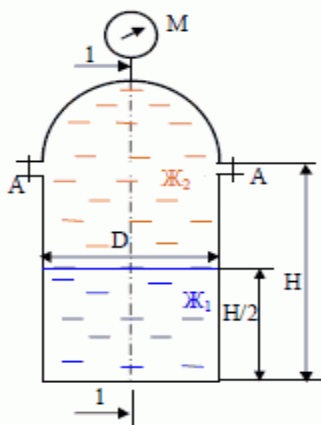
$$D = 2.6 \text{ m}$$

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

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

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

$$\gamma_2 = 10.6 \text{ kN/m}^3, \underline{R = 1.3 \text{ m}}, P_x = ? P_A = ?$$



2.36-rasm

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 boltdagi 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.

$$F_x = F_2 + F_1$$

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

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

$$F_x = F_2 + F_1 = 244.9 + 354.2 = 599 \text{ kN}$$

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.

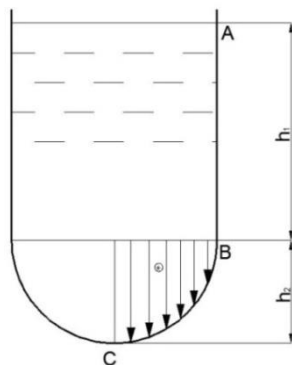
Yechish:

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.



2.37 rasm

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

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:

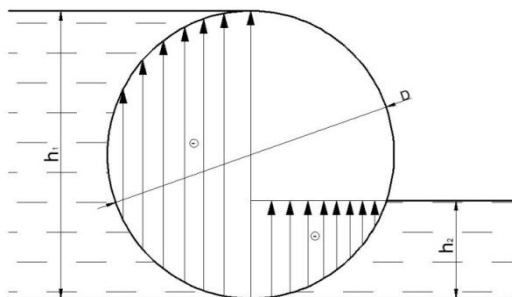
$$P_{ABC} = \sqrt{P_{AB}^2 + P_{BC}^2} = \sqrt{2.2^2 + 1.0^2} \approx 2.41 \text{ MN}$$

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:

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

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



2.38 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.

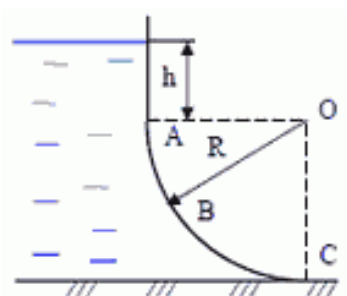
$$P_2 = \sqrt{P_{2x}^2 + P_{2z}^2} = \sqrt{4905^2 + 0.7^2} = 4905 \text{ N} \approx 5 \text{ kN}$$

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.

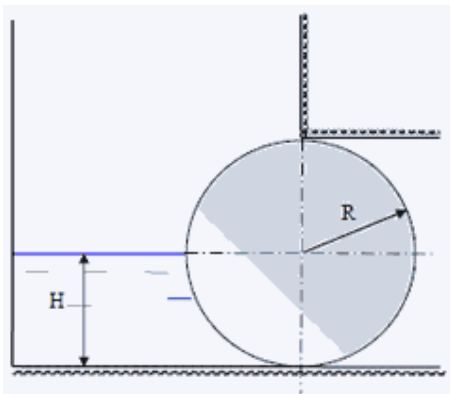
$$P = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = \sqrt{31.2^2 + 39.4^2} = 50.25 \text{ kN}$$

- 5) Gorizantal 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 gorizantal 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.

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

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

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

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

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

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:

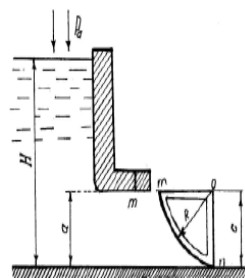
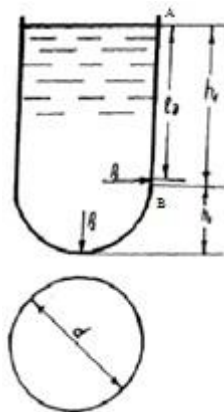
1. Tubi yarim shar shaklidagi silindrik rezervuarga neft quyilgan. Agar $d = 4,0 \text{ m}$; $h_1 = 4,0 \text{ m}$; $h_2 = 2 \text{ m}$ bo'lsa:

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).



2.39-rasm.

2.40-rasm.

3. Benzin rezervuarining yon tomoniga oʻrnatilgan qopqogʻi yarim sfera shaklida Rezervuar qopqogʻiga taʼsir etayotgan gidrostatik bosim kuchini hisoblash kerak, agar

$$H = 2,0 \text{ m}; d = 0,5 \text{ m}; \rho = 700 \text{ kg/m}^3; P_s = 102 \text{ kPa boʻlsa.}$$

2.14. Arximed qonuni

Suyuqlikka tushirilgan jismlarning qay yoʻsinda harakat qilishi va qanday holatlarni qabul qilishini tekshirish uchun ularning suyuqlik bilan taʼsirlashish va muvozanat qonunlarini oʻrganish kerak. Bu qonuniyatlar eramizdan 250 yil avval kashf qilingan Arximed qonuniga asoslanadi. Bu qonun asosida kemalar nazariyasi yaratilgan boʻlib, ular L. Eyler, S. A. Makarov va A. N. Krilov asarlarida ifodalangan. Arximed qonuni quyidagicha ifodalaniladi: *suyuqlikka botirilgan jasmga siqib chiqaruvchi kuch taʼsir qilib, bu kuchning kattaligi botirilgan jism siqib chiqargan suyuqlik ogʻirligiga teng boʻladi.*

Bu qoidani isbotlash qiyin emas. Suyuqlikka V hajmli jism botirilgan boʻlsin (2.40-rasm). Unga taʼsir etuvchi kuchlar quyidagilar boʻladi:

1) jismga yuqoridan taʼsir etuvchi bosim kuchi

$$P_1 = \gamma H_1 \omega$$

2) jismga pastdan taʼsir etuvchi bosim kuchi

$$P_2 = \gamma H_2 \omega$$

3) pastga yoʻnalgan ogʻirlik kuchi

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

4) jismga yon tomonlaridan taʼsir etuvchi kuch P_H ; gidrostatikaning asosiy qonuniga asosan bu kuchlar teng va qarama-qarshi yoʻnalgan boʻlib, oʻzaro muvozanatlashadi (teng taʼsir etuvchi kuch nolga teng). Bu holda bosim kuchlarining teng taʼsir etuvchisi P_1 , va P_2 kuchlarning ayirmisiga teng boʻlib, yuqoriga yoʻnalgan boʻladi:

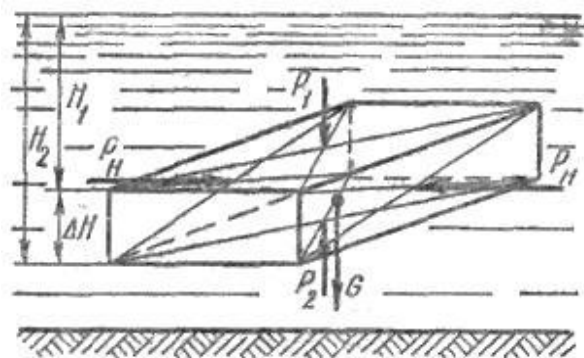
$$P = P_2 - P_1 = \gamma \omega (H_2 - H_1) = \gamma \omega \Delta H. \quad (2.43)$$

Bu yerda: γ va γ_1 – suyuqlik va jismning solishtirma ogʻirliklari; H_1 – jismning yuqori qismining chuqurligi; H_2 – jismning pastki qismining chuqurligi; ΔH – jismning balandligi; ω – jismning yuqori va pastki sirtlarining yuzasi.

Jismning hajmi $V = \Delta HS$ boʻlgani 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 jis-mning 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.



2.41- rasm. Arximed qonuniga oid chizma

2.15. Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik

Jismlarning suyuqlik sirtiga qalqib chiqishi yoki suyuqlik ichida suzib yuri-shi 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 $\Delta H \cdot \omega = V$ 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.

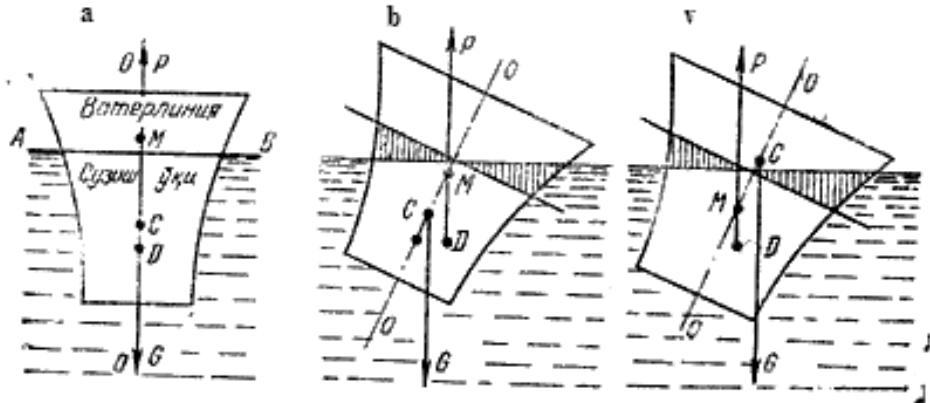
1. *Suzish tekisligi* – jismni kesib o'tuvchi erkin sirt AB.
2. *Vater chiziq* – suzish tekisligi bilan jism sirtining kesishish chizig'i.
3. *Suzayotgan jismning og'irlik markazi* (2.42-rasmda C nuqta).
4. *Suv sig'imi markazi yoki bosim markazi* (2.42-rasmda D nuqta). Bu yerda suv sig'imi – jismning 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° 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.



2.42- rasm. Suzib yuruvchi jismlarning turli holatlari.

Agar G va P kuchlarning momenti jism qiyalangan tomonga teskari yo'nalgan bo'lsa, u tiklovchi moment deyiladi. Bunday holat esa *turg'un* holat deyiladi. Agar moment jism qiyalangan tomonga bo'lsa, uni *ag'daruvchi moment* deyiladi. Bu holda jism avvalgi holatiga qaytmaydi G va P kuchlar momentining yo'nalishi bu kuchlarning qo'yilish nuqtalari, ya'ni og'irlik markazi C bilan suv sig'imi markazi D ning o'zaro holatiga bog'liq. Bunda uch hol bo'lishi mumkin:

1) agar metamarkaz og'irlik markazidan yuqorida bo'lsa (2.42-rasm, *b*), G va P kuchlarning momenti jismni normal holatga qaytaradi, ya'ni jism *turg'un* holatda bo'ladi;

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

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

2.16. Nisbiy tinchlik

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

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

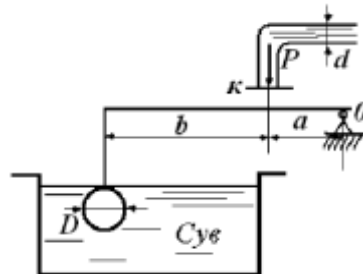
Nisbiy tinchlikda bosimi teng sirtlar va erkin sirt tinch turgan idishdagi gorizontal tekisliklar oilasidan iborat bo'lgan bunday sirtlardan butunlay farq qiladi. Bu hollarda ta'sir etuvchi massa kuchlar bosimi teng sirtlarga tik yo'nalgan bo'ladi.

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)



2.43-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:

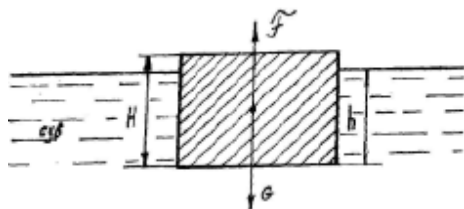
$$F_1 = \gamma \cdot W; F_2 = P \cdot \frac{\pi d^2}{4} = m \cdot 0,785d^2$$

Aniqlangan hadlarni tenglamaga qo'yib, bosim miqdorini aniqlaymiz:

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

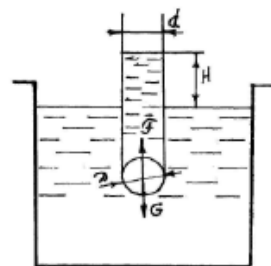
Mustaqil yechishga doir masalalar:

1. Suvdagi prizmasimon jismning hajmiy og'irligini aniqlang. Uning balandligi $H = 20$ sm va suyuqlikka cho'kkan qismi $h = 16$ sm (2.44- rasm).



2.44- 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).



2.45- 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'ovalardan sol qurildi. Agar g'ovalarning diametri $d = 0,3$ m va uzunligi $l = 6$ m va zichligi $\rho_T = 800 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, avtomobilni soldan o'tkazish uchun necha dona g'ova 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 $\rho_T = 900 \text{ kg/m}^3$. Agar muz erisa, idishdagi suv sathi qanchaga o'zgaradi?

II bob bo'yicha nazorat savollari

1. Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari 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. Hidrostatik mashinalarning qanday turlari mavjud?
8. Metamarkaz nuqta haqida tushuncha bering.

ILOVA

Ilova, 1 - jadval

Suvning kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti ν , $\text{cm}^2 / \text{сек}$, haroratga bog'liq xolda

t^0	ν	t^0	ν	t^0	ν
1	0,017321	11	0,012740	22	0,009892
2	0,016740	12	0,012396	24	0,009186
3	0,016193	13	0,012067	26	0,008774
4	0,015676	14	0,011756	28	0,008394
5	0,015188	15	0,011463	30	0,008032
6	0,014726	16	0,011177	35	0,007251
7	0,014289	17	0,010888	40	0,006587
8	0,013873	18	0,010617	45	0,006029
9	0,013479	19	0,010356	50	0,005558
10	0,013101	20	0,010105	55	0,005147
				60	0,004779

FOYDALANILGAN ADABIYOT

1. Bashta' T. M., Rudnev S. S, Nekrasov B. I. va boshqalar, Gidravlika i gidravlicheskiye mashini M., "Mashinostroyeniye" 1980 g.1.
2. Latipov Q.SH. Gidravlika , gidromashinalar va gidroyuritmalar.- 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.,Laptyev 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 Gorno-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., "Mashinostroenie" 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.

MUNDARIJA

KIRISH	4
I BOB. SUYUQLIKLARNING ASOSIY FIZIK XOSSALARI	7
1.1-§. Suyuqlik to`g`risida asosiy tushunchalar	7
1.2-§. Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar	8
1.3-§. Suyuqliklarning fizik xossalari	8
1.4-§. Suyuqliklardagi ishqalanish kuchi Nyuton qonuni. Qovushqoqlik	12
1.5-§. Sirt taranglik (kapillyarlik)	16
1.6-§. Suyuqlik to`yingan bug`ining bosimi	17
1.7 §. Gazlarning suyuqlikda erishi. Kavitatsiya hodisasi haqida tushuncha	18
1.8-§. Ideal suyuqlik modeli	18
1.9-§. Nyuton qonuniga bo`ysunmaydigan suyuqliklar	19
II BOB. GIDROSTATIKA	22
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	27
2.6-§. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi	29
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	46
2.12-§. Egri sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim	65
2.13-§. Bosim epyurasi	68
2.14-§. Arximed qonuni	74
2.15-§. Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik	76
2.16-§. Nisbiy tinchlik	78
ILOVA	235
FOYDALANILGAN ADABIYOT	236
MUNDARIJA	237

Rahimov Qudrat Toshbotirovich
Xodjiev Alisher Kuldoshevich
Apakxujayeva Tursunoy Ubaydullayevna
Ibragimova Zaytuna Iskandarovna
Otaxonov Maqsud Yusufovich
Allayorov Davronjon Shamsiddin o‘g‘li

“GIDRAVLIKA”

/ O‘QUV QO‘LLANMA /

*Ushbu o‘quv qo‘llanma institut Ilmiy Kengashining “31” oktyabr 2019 yilda bo‘lib o‘tgan 3-sonli majlisida ko‘rib chiqildi va nashr qilishga ruxsat berilgan.
Ro‘yxatga olish raqami: 5.38.24*

Muharrir: M. MUSTAFAYEVA

Musahhih: D. ALMATOVA

Bosishga ruxsat etildi: 2019 y. Qog‘oz o‘lchami 60x84 - 1/16

Hajmi 15 bosma taboq. 15 nusha. Buyurtma №_____

TIQXMMI bosmaxonasida chop etildi.

Toshkent-100000. Qori Niyoziy ko‘chasi 39 uy.

