

A.M. ARIFJANOV

GIDRAVLIKA

DARSLIK

TOSHKENT - 2021

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI

TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO`JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI

A.M. ARIFJANOV

GIDRAVLIKA

DARSLIK

TOSHKENT - 2021

Darslik O'zbekiston Respublikasi OO'MTVning 23.11.2021 yildagi, № 500-buyrug'iga asosan chop etishga tavsiya etilgan. Ro'yxatga olish raqami 500-710.

UDK 532(075.8)

A.M. ARIFJANOV

/GIDRAVLIKA /

Darslik, T-2021., 160 b.

Darslik to'rtta kitobdan iborat bo'lib, e'tiboringizga darslikning birinchi kitobi havola etilmoqda. Darslikning gidrostatika qismida suyuqlikning muvozanatdagi qonuniyatlari yoritilgan bo'lib, asosiy tushunchalar, amaliy mashg'ulotlarini bajarish bo'yicha metodik yondoshuvlar hamda laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish bo'yicha ko'rsatmalar hamda amaliy masalalarni yechimiga doir namunalarni o'z ichiga oladi. Darslikda har bir mavzular doirasida masalalar yechimi keltirilgan bo'lib, masalalar zamonaviy texnologiyalardan foydalanib yechish uslublari bilan boyitilgan va fanning so'nggi yutuqlarini o'z ichiga olgan.

Darslik 5450200 – Suv xo'jaligi va melioratsiya, 5450300 – Suv xo'jaligi va melioratsiya ishlarini mexanizatsiyalashtirish, 5430500 – Qishloq va suv xo'jaligida energiya ta'minoti, 5430300 – Qishloq va suv xo'jaligida texnik servis, 5430400 – Qishloq xo'jaligida innovatsion texnika va texnologiyalarni qo'llash bakalavriat ta'lim yo'nalishlari fan dasturlari asosida tayorlangan. Darslikda keltirilgan alohida ma'lumot va masalalardan soha bo'yicha ta'lim olayotgan magistratura mutaxassisligi talabalari hamda mutaxassislar ham foydalanishlari mumkin.

Учебник состоит из четырёх книг, предоставляется вашему вниманию первая книга – Гидростатика. В учебнике раскрыты законы покоящейся жидкости, где рассмотрены теоретические понятия, методические подходы по выполнению практических занятий, указания по выполнению лабораторных занятий, а также показательные примеры для решения практических задач. В учебнике приведены практические задачи, решения которых даются с использованием современных технологий, также в учебнике отражены последние достижения науки в данной области.

Учебник подготовлен на основе программ направлений бакалавриатов 5450200 – Водное хозяйство и мелиорация, 5450300 – Водное хозяйство и механизация мелиоративных работ, 5430500 – Энергоснабжение в сельском и водном хозяйстве, 5430300 – Технический сервис в сельском и водном хозяйстве, 5430400 – Использование инновационной техники и технологий в сельском хозяйстве. Учебником могут пользоваться студенты специальности магистратуры, обучающиеся в этой отрасли, а также специалисты.

The textbook consists of four books, the first book is presented to your attention - Hydrostatics. The textbook discloses the laws of a fluid at rest, where theoretical concepts, methodological approaches to performing practical exercises, instructions for performing laboratory exercises, as well as illustrative examples for solving practical problems are considered. The textbook contains practical tasks, the solutions of which are given using modern technologies, and the textbook also reflects the latest achievements of science in this area.

The textbook was prepared on the basis of undergraduate programs 5450200 - Water management and melioration, 5450300 - Water management and mechanization of reclamation work, 5430500 - Energy supply in agriculture and water management, 5430300 - Technical service in agriculture and water management, 5430400 - Use of innovative equipment and technologies in rural economy. The textbook can be used by graduate students studying in this industry, as well as specialists.

Taqrizchilar:

A.Ibadullayev, Toshkent Davlat Transport Universiteti “Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari” kafedrası professori, texnika fanlari doktori.

F.A.Gapparov, Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti “Gidrologiya va gidrogeologiya” kafedrası mudiri, texnika fanlari doktori,

© TIQXMMI 2021

SO'Z BOSHI

Darslik 5450200 – Suv xo'jaligi va melioratsiya, 5450300 – Suv xo'jaligi va melioratsiya ishlarini mexanizatsiyalashtirish, 5430500 – Qishloq va suv xo'jaligida energiya ta'minoti, 5430300 – Qishloq va suv xo'jaligida texnik servis, 5430400 – Qishloq xo'jaligida innovatsion texnika va texnologiyalarni qo'llash bakalavriat ta'lim yo'nalishlari fan dasturlari asosida tayorlangan.

Darslikni tayorlashda bu sohada respublikamizda va xorijiy adabiyotlarda (K.Sh.Latipov, Melvyn Kay) keltirilgan metodik va ilmiy yondoshuvlarga asoslandi hamda fanda erishilgan yangi ma'lumotlar bilan boyitildi.

Darslik to'rtta kitobdan iborat bo'lib, e'tiboringizga darslikning birinchi kitobi Hidrostatika qismi havola etilmoqda. Darslikning gidrostatika qismida suyuqlikning muvozanatdagi qonuniyatlari yoritilgan bo'lib, asosiy tushunchalar, amaliy mashg'ulotlarini bajarish bo'yicha metodik yondoshuvlar hamda laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish bo'yicha ko'rsatmalar, amaliy masalalarni yechimiga doir namunalarni o'z ichiga oladi. Darslikda har bir mavzular doirasida masalalar yechimi keltirilgan bo'lib, masalalar zamonaviy texnologiyalardan foydalanib yechish uslublari bilan boyitilgan va fanning so'nggi yutuqlarini o'z ichiga olgan. Darslikdan soha mutaxassislari, magistratura talabalari ham foydalanishlari mumkin.

O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish Kontsepsiyasida keltirilgan vazifalarni jumladan: “mustaqil ta'lim soatlari ulushini oshirish, talabalarda mustaqil ta'lim olish, tanqidiy va ijodiy fikrlash, tizimli tahlil qilish, tadbirkorlik ko'nikmalarini shakllantirish, o'quv jarayonida kompetentsiyalarni kuchaytirishga qaratilgan metodika va texnologiyalarni joriy etish, o'quv jarayonini amaliy ko'nikmalarni shakllantirishga yo'naltirish...” kabi ishlarni amalga oshirish, talabalarda amaliy ko'nikmalarni shakllantirish maqsadida darslikning har bir bo'lim yakunida yangi amaliy misol va masalarlar kiritildi. Keltirilgan masalalarni yechishda zamonaviy uslublardan foydalanish bo'yicha tavsiyalar berildi.

Darslikni tayyorlash jarayonida Toshkent Irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti “Gidravlika va gidroinformatika” kafedrası xodimlari hamda taqrizchilar bildirilgan do'stona fikr va mulohazalariga minnatdorchilik bildiramiz.

KIRISH

Nega gidravlika?

Gidravlika fani ta'rifga ko'ra muvozanatdagi va harakatdagi suyuqlik qonuniyatlarini o'rganadi va ularning texnikaga tadbig'i bilan shug'ullanadi. Gidravlikaning o'rganish ob'ekti – suyuqlik bo'lib, bu qonuniyatlar gazlar uchun ham taalluqlidir. Sizlar yaxshi bilasizlarki, tabiatdagi moddalarni quyidagi holatlarda ko'rish mumkin- qattiq holatda, suyuq holatda, gazsimon holatda. Demak, moddalar suyuqlik holatiga kelar ekan, bu gidravlikaning obektiga aylanadi. Ya'ni, suyuqlikda yuzaga keladigan jarayonlarni o'rganadigan fan – bu gidravlika fanidir. Yuqoridagi ta'rifdan kelib chiqib, shuni aytish mumkinki, Gidravlikaning muvozanatdagi suyuqlik qonunlarini o'rganuvchi bo'limi «Gidrostatika» deb yuritiladi. Suyuqlikning harakatdagi qonunlarini o'rganadigan qismi «Gidrodinamika» deb yuritiladi.

Gidravlika so'zining lug'aviy ma'nosi qadimiy fanlar qatori lotin tilidan olingan bo'lib, gidravlika so'zi ikkita so'zdan iboratdir, ya'ni “Xyudor”-suv va “Aulos”- quvur degan so'zlar yig'indisidan iborat. Bu iboralar bundan 2000 yildan ortiq paydo bo'lgan. Bugungi kunga kelib, iqtisodiyotning taraqqiyoti, insoniyat sivilizatsiyasining rivojlanishida Gidravlika qonunlari nafaqat quvurlardagi jarayonlar, balki iqtisodiyotning barcha sohalaridagi Gidravlik jarayonlar bilan bog'liq muammolarni yechishda qo'l kelmoqda. Bu fikrimizning tasdig'ini topish uchun bir necha oddiy savollarga javob izlaymiz, ya'ni nima uchun Gidravlika qonunniyatlarini o'rganish zaruriyati mavjud?

Masalan, Nega o'zanlarda, daryolarda, dengiz, okeanlarda va yer ostida suv harakatlanadi?





Suvning nega bunday harakatlanayotganligi sababini bilmoqchi bo'lsak, Hidravlika faniga murojat qilishimiz kerak va gidravlika qonunlarini bilsakgina bu savollarga javob topishimiz mumkin.

Yoki navbatdagi savolga o'tsak, **qanday qilib daryolar to'g'onlar orqali boshqariladi?**



Mana shu to'g'onlar orqali daryolarni boshqarishda bu to'g'onlarning o'lchamlari qaday bo'lishi kerak? **Bu inshootlar mustahkam va xavfsiz ishlashi uchun ularning suv o'tkazadigan qismlari qanaqa bo'lishi lozim?**



Yana navbatdagi savolga qaraymiz: **Nega daryolarda o'zanlar deformatsiyalanadi?**



Biz hammamiz yaxshi bilamizki, Amudaryo o‘z harakati davomida shunday harakatlanishi mumkinki, u qirg‘oqlarni yuvib ketishi yoki loyqa bosib qolishi mumkin. **Nega shunday bo‘ladi?**



Alohida Amudaryoniing quyi qismida Xorazm, Qoraqalpog‘iston respublikasi hududidan o‘tgan qismida bunday jarayonlarni ko‘rishimiz mumkin. Tarixga nazar solsak, shunday voqealar ko‘zga tashlanadiki, daryo toshqin



Sues (Suvaysh) kanali

(1869y. 193,3 km)

Qoraqum kanali

(1954y. 1445 km.)

vaqtlarida daryo o‘zini o‘zanini kilometrgacha o‘zgartiradi. Tasavvur qiladigan bo‘lsak, mana bugun daryo ma’lum bir joida oqayapti, ma’lum vaqtdan keyin esa bir kilometr uzoqda oqayapti. **Nega? sababi qanday? Bu odamlarga qanday**

tashvishlarni olib keladi? Bu savollarning va masalalarning yechimi Gidravlika qonuniyatlari bilan bog'liqdir.

Keyingi oddiy savolimiz: **Nega kemalar suvda muvozanatda turadi?**

Bu savollarga javoblar ham Gidravlikada. Demak, biz kemalarni yurgizmoqchi bo'lsak va unga mos kanallar, o'zanlar qurmoqchi bo'lsak **Gidravlika qonuniyatlaridan** foydalanishimizga to'g'ri keladi.

Navbatdagi savol: **Kanallar qanday loyihalanadi?**



Parkent kanali



Bozsu kanali

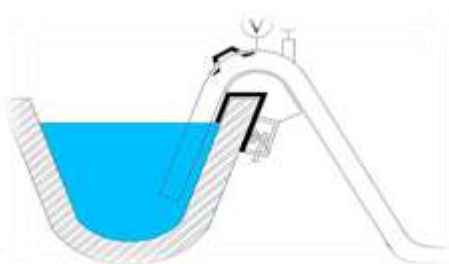
Kanallardan foydalanish, ularni qurish, loyihalash uchun nima qilish kerak? **Bu ham albatta, Gidravlika muammosi.**

Keyingi masala, gidrotexnik inshootlar qanday loyihalanadi? Buni ham ildizi, mohiyati gidravlikada.



Biz har kuni kundalik hayotimizda ko'plab suv uzatish moslamalarini ko'ramiz. Xonadonimizda yoki amaliyotda, ishxonada yoki biror bir o'zimizni faoliyatimizda juda ko'plab **suv uzatish** moslamalariga duch kelamiz. Har xil **quvurlar orqali suyuqliklarni uzatish**, suyuqliklarni taqsimlash yoki **nasoslar orqali har xil suyuqliklarni (suv, neft va boshqalar)** uzatmoqchi bo'lsak xilma

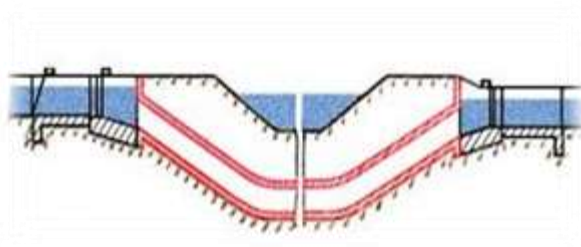
xil moslamalardan foydalanamiz. **Xo'sh, bu qurilmalar, bu moslamalar qanday ishlaydi?**



Sifon



Nasos stansiyasi



Dyuker



Quvurlar tizimi

Bunday tizimlarning yangi innovatsion texnologiyalarga asoslangan avlodini yaratmoqchi bo'lsak, **qanday yaratamiz? Nimaga tayanib yaratamiz?** Demak, mana shu fanning qonuniyatlarini o'rganibgina biz bu masalalarni, bu muammolarni bartaraf etishda salmoqli hissamizni qo'shishimiz mumkin bo'ladi. Suv uzatish tizimini avtomatlashtirish orqali suv bilan bog'liq jarayonlar boshqariladi va ular ekin maydonlarini sug'orishda, joylarni obodonlashtirishda hozirgi zamon innovatsion texnologiyalaridan foydalanib, amalga oshiriladi. **Qanday qilib?**



Sug'orishda innovatsion texnologiyalar



Suv uzatishni avtomatlashtirish

Mana shu jarayonlarni avtomatlashtirish uchun nimani bilishimiz kerak? Demak, biz buning uchun harakatlanayotgan suyuqlikning qonuniyatlarini bilishimiz kerak.

Favvoralar musiqalar, ranglar bilan qanday yaratiladi? Qanday qilib bunday chiroyli manzaralar paydo qilinadi? Buning ham mohiyatida gidravlika yotibti.



Rangli favvoralar



Musiqali favvoralar

Mana endi, hozirgi zamon resurstejamkor sug'orish usullariga e'tibor qiling. **Resurs tejamkor** sug'orish usullari qanday yaratiladi? Bularning mohiyatida nima yotibdi? **Yomg'irnatib sug'orish, tomchilatib sug'orish, gidroponika** va hokazo bularning xilma xil zamonaviyi, innovatsion usullari yaratilmoqda. Bularning negizida ham gidravlika qonunlari yotibti.



Yomg'irnatib sug'orish tizimi

Mana yana bitta oddiy savol. Hozirgi kunda eng dolzarb va muammoli masalalardan bittasi, sug'orma dehqonchilikda tomchilatib sug'orish tizimini amalga oshirish. Dunyo tajribasi, butun taraqqiy etgan mamlakatlarning tajribasi shuni ko'rsatadiki, suvdan tejamli foydalanish uchun yangi sug'orish usullarini yaratishda suv iqtisodini amalga oshirishda tomchilatib sug'orish tizimini

rivojlantirish kerak bo‘ladi.



Tomchilatib sug‘orish tizimi

Shu o‘rinda yana bir oddiy savol. **Dunyodagi eng zo‘r mashina qaysi mashina?**

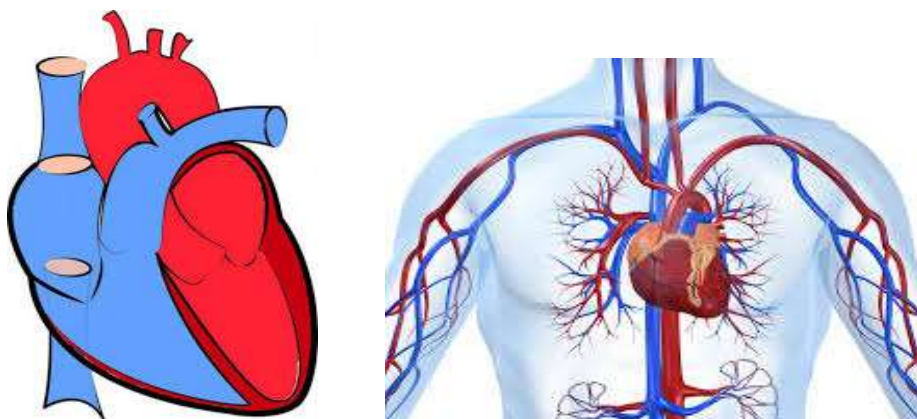


Sizlar bunga javoban “Mercedes”, “Shevrolet” va hokazolarni misol qilarsiz. Aslida bularning hammasiga bitta javob aytish mumkin, ya’ni, «**Gidravlikasi eng zo‘r bo‘lgan mashina**», deb. Demak har bir yaratiladigan yangi bir texnikaning mazmun mohiyatida gidravlika qonunlari yotadi.

Neft–yerning moyi, qanday olinadi? Neftni olish, uni qayta ishlash va quvurlar orqali uzatishning mohiyatida ham gidravlika qonunlari mavjud.



Yoki inson yurak faoliyati, tomirlarda qon harakati qanday sodir bo'ladi?



Muhtaram kitobxonlar va talabalar biz iqtisodiyotning qaysi tarmog'ida faoliyat olib borsak gidravlika qonunlariga asoslanib ish ko'rishimizga tog'ri keladi.

Gidravlika fanining rivojida buyuk mutaffakirlarning o'ziga xos xizmatlari bor. Insoniyat tarixining dastlabki davrlaridayoq suvdan foydalanish hayotda ma'lum o'rin egallagan. Arxeologik tekshirishlar bo'yicha odamlar juda qadim zamonlardan oq (eramizdan 4000-2000 yillar avval) turli gidrotexnika inshootlari qurishni bilganliklarini ko'rsatadi. Qadimgi Xitoyda, Misrda, Gresiyada, Rimda, Markaziy Osiyoda va boshqa ibtidoiy madaniyat o'choqlarida kemalar, to'g'onlar, suv quvurlari va sug'orish tizimlari bunyod etilganligi to'g'risida ma'lumotlar mavjud.

Bizgacha yetib kelgan, gidravlikaga aloqador ilmiy ishlardan birinchisi Arximedning "Suzib yuruvchi jismlar haqida"gi asaridir.



Arximed

(212-287)



Ahmad al-Farg'oni

(797-865)

Ahmad al-Farg'oni, Abu Rayhon Beruniy, Abu Abdullox Muhammad ibn Muso al-Xorazmiy, Abu Ali Ibn Sino singari Sharqning buyuk mutafakkirlari suv ilmining rivojlanishiga katta hissa qo'shganlar. Ularning ilmiy asarlari suyuqlik miqdori va xususiyatlarini, suv harakatining qonuniyatlarini kashf etishga asos bo'lgan. Misrning Qohira shahri yaqinidagi Fursat shahrida, Nil daryosi gidravlika qonuniyatlariga asoslangan suv sathini o'lchaydigan inshoot barpo etishga Ahmad al-Farg'oni katta hissa qo'shgan.

Ilmiy-texnik va me'moriy jihatdan g'oyat ulug'vor bu qurilma Nil daryosining Sayyolot ul-Rod mavzesida hozirga qadar saqlanib qolgan. O'tgan asrning 70-yillarida Nil daryosida Asuan suv omborini qurilishida shu qurilma orqali olingan ma'lumotlardan foydalanilgan.



**Abu Rayhon Beruniy
(973-1048)**



**Abu Ali Ibn Sino
(980-1037)**

Shunisi qiziqki, aynan shu uskuna yordamida Misr aholisidan olinadigan yillik soliq miqdori belgilanib turilgan. Ya'ni suv sathi ekinlar 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 XVI–XVII asrlaridan boshlandi. Bularga Leonardo da Vinchining suyuqliklarning o'zandagi va trubadagi 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, Ye.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 suyuqliklarnng 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.

Gidravlika fanini taraqqiy qilishiga XVII-XVIII asrlarda yashagan buyuk matematik-mexanik olimlar L.Eyler, D.Bernulli, M.Lomonosov, Lagranjlarning ilmiy asarlari asos bo'ldi. XVIII-XIX asrlarda Shezi, Darsi, Bussinesk, Veysbax va boshqa olimlarning XX asrlarda N.Ye.Jukovskiyning gidromexanikadagi muhim ishlari va trubalardagi zarba nazariyasi, V.G.Shuxovning neft quvurlarini hisoblash bo'yicha ishlari, A.N.Krilovning kemalar nazariyasi, N.N.Pavlovskiyning suyuqliklarning filtrasiyasi nazariyasi, L.S.Leybenzonning yer osti gidromexanikasi va boshqa olimlarining ishlari dunyo faniga qo'shilgan buyuk hissa bo'lib hisoblanadi.



X.A.Raxmatulin,
(1909-1988)



V.D.Jurin
t.f.d., prof.

Suyuqlik mexanikasi va gidravlikasining rivojlanishiga O'zbekistonlik olimlar X.A.Rahmatulin, V.D.Jurin, D.F.Fayzullaev, K.Sh.Latipov, Yu.M.Denisov, A.M.Muxamedov, A.V.Troitskiy, S.T.Altunin, R.M. Karimov va boshqalar ham katta hissa qo'shganlar.



Q.Sh.Latipov
t.f.d., prof.



R.M.Karimov
t.f.d., dos.

1-BO'LIM. SUYUQLIKLARNING ASOSIY FIZIK XOSSALARI

1.1 Fizik kattaliklarning o'lchov birliklari

Qadimda ota boblarimiz kundalik ishlarida zarur bo'lgan vaqt, uzunlik, yuza, hajm va og'irliklarni o'lchash uchun har xil usullardan foydalanishgan. O'lchash ishlarini amalga oshirish uchun o'lchashi lozim bo'lgan ob'yektни boshqa bir ob'yekt bilan solishtirilgan. Masalan eng qadimgi o'lchov birliklari antropometrik kattaliklar, ya'ni insonning muayyan a'zolariga asoslangan holda qabul qilingan o'lchov birliklari hisoblanadi. Haqiqatdan ham o'tmishda vaqtni o'lchashda erta, kech, kun, tun, kun–tun kabi atamalardan foydalanishgan bo'lsa, uzunlikni o'lchashda qadam, qarich, quloq, barmoq, tirsak, shuningdek arpa yoki bug'doy donlari og'irlik o'lchovi sifatida foydalanishgan.

Yuza va hajmlarni esa boshqa ma'lum yuza yoki hajmga nisbatan qiyoslab o'lchashgan. Og'irlikni o'lchash uchun bir narsani vazni ikkinchi narsani vazni bilan solishtirilgan, bunda asosan don (arpa, bug'doy, no'xat va hakoza) va meva (danak, yong'oq va haqozo) donalaridan foydalanishgan. O'lchashning mana shunday oddiy usullari ajdodlarimizning o'sha davrdagi kundalik ishlari uchun yetarli bo'lgan. Markaziy Osiyo hududidan buyuk ipak yo'lining o'tishi, g'arb bilan sharq o'rtasida joylashganligi uchun ajdodlarimiz tomonidan kashf qilingan o'lchov va o'lchov birliklari dunyoning to'rt tomoniga tarqalib, boshqa xalqlar tomonidan ham ba'zan bizning tilimizda yoki bo'lmasa, o'z tillariga tarjima qilinib qo'llanilgan.

O'lchov va o'lchov birliklari to'g'risidagi bir qator ma'lumotlar buyuk Xorazmlik olim Abu Abdullox Muhammad ibn Muso al-Xorazmiy algebraik risolasiining «O'lchashlar haqida» deb ataladigan asarida keltirilgan. Bu asarda uzunlik, yuza va hajmlarni hisoblash va o'lchash usullariga katta ahamiyat bergan. Unda tanob, gaz, barmoq kabi o'lchov birliklari va o'lchov yog'ochi kabi o'lchash vositalari to'g'risida ma'lumotlar berilgan.

O'lchov birliklari to'g'risida yagona tizimni joriy etish maqsadida 1875 - yilning 20 - mayida Parijda 17 mamlakatning diplomatik vakillari tomonidan metrik konvensiyaning hujjatlari imzolandi. Xalqaro birliklar tizimi (XBT-SI) 1960 yildan boshlab qator mamlakatlarda qo'llana boshladi.

Shunday qilib, bir-biriga qarama-qarshi bo'lmagan fizik kattaliklarning o'lchov birliklariga – o'lchov birliklar sistemasi deyiladi. Odatda, keng tarqalgan o'lchov birliklar tizimi – xalqaro sistema SI (*System International*) sistemasi hisoblanadi. SI sistemasida o'lchov birliklar asosiy yoki *birinchi darajali* va *ikkinchi darajali*

o'lchov birliklariga ajratilgan. Birinchi darajali asosiy va qo'shimcha o'lchov birliklar haqida ma'lumot 1.1, 1.2 –jadvallarda keltirilgan.

1.1 –jadval. Xalqaro birliklar sistemasi (SI) dagi asosiy birliklar

№	Kattalik nomi	Birliklar			Etaloni
		Nomi	Belgilanishi		
			O'lchovi	Xalqaro	
1	Uzunlik	Metr	L	m	Kripton-86 atomining vakumda 2p ₁₀ va 5d ₅ sathlari oralig`ida o`tish bo`lganda nurlanishga mos kelgan 1650763,73 to`lqin uzunligiga teng.
2	Massa	Kilogramm	M	kg	<u>silindr</u> , diametri va balandligi 39,17 mm, bulib <u>platino-iridiy quyilmadan</u> iborat (90 % platina, 10 % iridiy). Bu quyilma Parijda saqlanadi.
3	Vaqt	Sekund	T	s	Asosiy holatda bo`lgan seziy-133 atomining ikkita juda yupqa sathlar oralig`ida o`tish bo`lganda 9192631770 nurlanish davriga teng
4	Elektr toki kuchi	Amper	I	A	Vakuumda bir biridan 1 m uzoqlikda joylashgan ko`ndalang kesimi hisobga olinmas darajada kichik bo`lgan cheksiz uzun o`tkazgichdan ok o`tganda o`tkazgichning har bir metriga o`zaro

					ta'sir kuchi $2 \cdot 10^{-7}$ N ga teng bo'ladigan holatda, o'tkazgichlardan o'tadigan tok kuchi.
5	Termodinamik temperatura	Kelvin	K	K	Suvning uchlangan nuqtasiga mos kelgan termodinamik temperaturaning $1/273.16$ qismiga teng
6	Modda miqdori	Mol	J	Mol	Massasi 0.012 kg bo'lgan ugleroddagi modda miqdori
7	Yorug'lik kuchi	Kandela	N	cd	Yuzasi $1/600000$ m ² temperaturasi platinaning qotish temperaturasiga teng, tashqi bosim 101325 Pa bo'lgan holda, to'liq nurlantirgichdan perpendikulyar yo'nalishda chiqayotgan yorug'lik kuchi.

1.2 –jadval. Qo'shimcha birliklar

№	Kattalik nomi	Birliklar			
		Nomi	Belgilanishi		Ta'rifi
			O'lchovi	Xalqaro	

1	Yassi burchak	Radian	x^0	Rad	O`z radiusi uzunligiga teng bo`lgan yoy qarshisidagi burchak
2	Fazoviy burchak	Steradian	x^0	sr	Sfera yuzasidan tomoni sfera radiusiga teng bo`lgan kvadrat yuzasiga teng bo`lgan soha hosil qiladigan, bir uchi sfera markazida bo`lgan markaziy burchak

Ikkinchi darajali o`lchov birliklar

Ikkinchi darajali o`lchov birliklar deb birinchi darajali o`lchov birliklari asosida aniqlovchi formulalar yordamida yaratilgan o`lchov birliklariga aytiladi. Ikkinchi darajali o`lchov birliklar haqida ma`lumot 1.3 –jadvalda keltirilgan. Fizik kattaliklar haqida ma`lumot 1.4 –jadvalda keltirilgan.

O`lchov birliklarni ifodalashda quyidagi qoidalarga amal qilish lozim buladi:

1. Tenglamaning ikkala tomonining o`lchov birligi faqat bir xil bo`lishi mumkin, chunki ular fizik jihatdan bir xil mohiyatga ega.
2. O`lchov birliklar algebrasi multiplikativ xarakterga ega, ya`ni ular bilan faqat ko`paytirish amalini bajarish mumkin.
3. Bir necha kattalikning o`lchov birligi, har bir kattalikning o`lchov birliklari ko`paytmasiga teng: Agar quyidagi kattaliklar Q, A, B, C orasidagi shunday munosabat bo`lsa

$$Q = A * B * C$$

$$\dim Q = \dim A * \dim B * \dim C$$

4. Agar quyidagi kattaliklar orasidagi shunday munosabat, $Q = A/B$, bo`lsa, o`lchov birliklari:

$$\dim Q = \dim A / \dim B$$

5. Kattaliklar orasidagi shunday munosabat bo`lsa $Q = A^n$, o`lchov birliklari:

$$\dim Q = \prod_1^n \dim A = \dim^n A$$

Misol: Agar tezlik quyidagi formula bo'yicha aniqlansa: $V = l/t$, o'lchov birliklari:

$$\dim V = \dim l / \dim t = L/T = LT^{-1}$$

Agar kuchni Nyuton qonuni bo'yicha ifodalasak: $F = ma$, bu yerda $a = V/t$ – tezlanish, o'lchov birliklari:

$$\dim F = \dim m * \dim a = ML/T^2 = LMT^{-2}$$

Xulosa: Har qanday fizik kattalikning o'lchov birligini, quyidagi darajali funktsiya orqali asosiy fizik kattaliklar o'lchov birligi asosida ifodalanadi:

$$\dim Q = L^\alpha * M^\beta * T^\gamma$$

bu yerda: L, M, T, ... - mos ravishda asosiy fizik kattaliklar o'lchov birligi;

$\alpha, \beta, \gamma, \dots$ - daraja ko'rsatgichlari.

1.3 –jadval. Ikkinchi darajali o'lchov birliklarni ifodalash qoidalari (SI)

№	Fizik kattaliklar nomi	Formulasi	Belgilanishi	
			O'lchovi	SI sistemasida
1	Zichlik	$\rho = \frac{m}{v}$	$[M]*[L]^{-3}$	kg/m ³
2	Kuch	F=ma	$[M]*[L]*[T]^{-2}$	N
3	Solishtirma og'irlik	d=F/V	$[M]*[L]^{-2}*[T]^{-2}$	N/m ³
4	Impuls	P=mv	$[M]*[L]*[T]^{-1}$	kg*m/s
5	Birklik	k=F/l	$[M]*[T]^{-2}$	N/m
6	Tovush chastotasi	V=1/T	$[T]^{-1}$	Hz

7	Elektr tok zichligi	$j=I/S$	$[A]*[L]^{-2}$	A/m^2
8	Kinetik energiya	$E=mv^2/2$	$[M]*[L]^2*[T]^{-2}$	J
9	Hajm	$V=abc$	$[L]^3$	m^3
10	Kuch momenti	M	$[M]*[L]^2*[T]^{-2}$	$N*m$

1.4 –jadval. Geometrik, kinematik, dinamik va o'lchamsiz kattaliklar

Fizik kattaliklar	Belgilanishi	Fundamental o'lchovlar	Xalqaro sistemada (SI)
Geometrik kattaliklar (L)			
Uzunlik	L,h,d,	L	m
Yuza	ω, S	L^2	m^2
Xajm	V, W	L^3	m^3
Kinematik kattaliklar (L,T)			
Tezlik	ϑ	LT^{-1}	m/s
Tezlanish	a	LT^{-2}	m/s^2
Kinematik yopishqoqlik	ν	L^2T^{-1}	m^2/s
Solishtirma suv sarfi	q	L^2T^{-1}	m^2/s
Suv sarfi	Q	L^3T^{-1}	m^3/s
Dinamik kattaliklar (L,M,T)			
Massa	m	M	1 kg
Kuch	F, P	MLT^{-2}	$1 \text{ kg m/s}^2 = 1 \text{ N}$
Bosim	$p=F/\omega$	$ML^{-1}T^{-2}$	$1 \text{ kg/ms}^2 = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Paskal}$
Kuchlanish	τ	$ML^{-1}T^{-2}$	$1 \text{ kg/ms}^2 = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Paskal}$
Energiya	$E=F*L$	ML^2T^{-2}	$1 \text{ Nm} = 1 \text{ Joul}$
Quvvat	$N=E/t$	ML^2T^{-3}	$1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ Watt}$
Zichlik	ρ	ML^{-3}	kg/m^3
Solishtirma og'irlik	γ	$ML^{-2}T^{-2}$	N/m^3
Dinamik yopishqoqlik	μ	$ML^{-1}T^{-1}$	$1 \text{ kg/ms} = 1 \text{ Ns/m}^2 = 1 \text{ Puaz}$
O'lchamsiz kattaliklar (--)			
Nishablik	i, J_e , J_p	-	-

Nisbiy solishtirma og'irlik	$G = \gamma / \gamma_{\text{suv}}$	-	-
Reynolds soni	Re	-	-
Frud soni	Fr	-	-
Konsentratsiya	C	-	-

1.2 Suyuqlik nima?

Juda kichik miqdordagi kuchlar ta'sirida o'z holatini o'zgartiruvchi, ammo siqilishga juda qattiq qarshilik ko'rsatuvchi fizik moddalar suyuqliklar deb ataladi. Ular qattiq moddalardan o'z tarkibidagi zarrachalarining o'ta harakatchanligi bilan ajralib turadi. Suyuqliklar oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lib, shu boisdan ular qaysi idishga quyilsa, o'sha idishning shaklini oladi.

Gidravlika fanida suyuqliklar ikki qismga ajralgan holda, ya'ni tomchilanuvchi suyuqliklar hamda gazsimon suyuqliklarga bo'lib o'rganiladi. Odatda tomchilanuvchi suyuqlik deganda suv, spirt, neft, simob, turli moylar va tabiatda hamda texnikada uchrab turuvchi boshqa har xil suyuqliklarga aytiladi.

Bunday suyuqliklar (tomchilanuvchi suyuqliklar) quyidagi xususiyatlarga ega:

- 1) bosim ta'sirida juda kam o'zgaradi va siqilishga qarshiligi o'ta sezilarli;
- 2) harorat o'zgarishi bilan hajmi juda kam miqdorga o'zgaradi;
- 3) cho'zishga ishlamaydi, yani cho'zuvchi kuchlarga ta'siri deyarli sezilmaydi;
- 4) suyuqlik sirtida molekulalararo o'zaro ta'sir kuchi (qovushqoqlik) yuzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi.

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

Gidravlika fani tomchilanuvchi suyuqliklar bilan shug'ullanadi. Keyingi holatlarda uni to'g'ridan-to'g'ri suyuqlik deb atayveramiz.

Suyuqliklar tutash muhitlar qatoriga kiradi. Muvozanat va harakat hollarida doimo qattiq jismlar (suyuqlik solingan idish devorlari, quvur va kanallarning sirtlari, daryo o'zani va boshqalar) bilan chegaralangan bo'ladi. Suyuqliklarning gazlar (havo) bilan chegaralangan qismiga **erkin sirt** deyiladi.

Suyuqliklardagi ichki kuchlarning namoyon bo'lishi siljitivshi kuchlarga sezilarli darajada qarshilik ko'rsatishi hisobiga yuzaga keladi. Bu kuchlarni aniqlash suyuqliklar harakatini o'rganishda muhim ahamiyatga egadir.

1.2.1 Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar

Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi asosiy kuchlar ichki va tashqi kuchlarga ajraladi:

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

tashqi kuchlar - suyuqlikka boshqa moddalarning ta'sirida namoyon bo'ladi (masalan, suyuqlik solingan idish devorlarining ta'siri, suyuqlik oshiq yuzasiga ta'sir qilayotgan havo bosimi va h.k.).

Ishki kuchlar asosan siljitivshi kuchlarga qarshilik sifatida namoyon bo'ladi va bu kuchlar *ichki ishqalanish* kuchi deyiladi.

Tashqi kuchlarni suyuqlik yuzasiga va hajmiga ta'sir qiluvchi kuchlar sifatida ko'rish mumkin. Shuning ushun suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar yuza va massa (hajmiy) kuchlarga bo'linadi.

Yuzai kuchlar, ya'ni yuzaga bog'liq kuchlar – qaralayotgan suyuqlikning sirtlariga ta'sir qiluvchi kuchlardir. Bunday kuchlarga bosim kuchi, sirt taranglik kuchi, idish devorining reaksiya kuchlari, ichki ishqalanish kuchi kiradi. Ichki ishqalanish kuchlari suyuqlik harakat qilgan vaqtda namoyon bo'ladi hamda suyuqlikning qovushqoqlik xususiyatini yuzaga keltiradi.

Massa kuchlar, yani hajmiy kuchlar - qaralayotgan suyuqlik hajmining har bir zarrasiga ta'sir ko'rsatadi va uning massasiga proporsional bo'ladi. Ularga og'irlik va inertsiya kuchlari misol bo'ladi.

1.3 Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari

a) Zishlik. Suyuqlikning zichligi ρ (kichik yunoncha rho) bilan belgilanadi. Suyuqlik massasining egallangan hajmiga nisbati uning zichligi deb ataladi. U holda ta'rifga asosan

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

bunda M - suyuqlikning massasi [$\frac{N \cdot s^2}{m} = kg$].

Zichlikning o'lishov birligi quyidagicha aniqlanadi:

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

Turli moddalar aralashmasining zichligi 1.2 ifoda bilan aniqlanadi

$$\rho_{\text{CM}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} \quad (1.2)$$

Gazlarda zichlik juda o'zgaruvchan bo'ladi va bosim darajasiga deyarli proporsional ravishda ortadi. Suyuqliklarning zichligi deyarli o'zgarmasdir, agar suvning bosimi 220 marta oshirilsa, suvning zichligi (taxminan 1000 kg/m^3) atigi 1 % ga oshadi. Shuning uchun ko'pgina suyuqlik oqimlari analitik jihatdan deyarli "siqilmaydigan" deb olinadi. Umuman olganda, atmosfera bosimidagi suyuqliklar gazlarga qaraganda zichligi anchagina katta bo'lib, eng og'ir suyuqlik - simob, eng yengil gaz - vodorod hisoblanadi. Ularning zichliklarini 20°C temperatura va 1 atm bosimda solishtirilganda:

Simob: $\rho = 13580 \text{ kg/m}^3$

Vodorod: $\rho = 0,0838 \text{ kg/m}^3$

Ularning zichliklari 162 ming marta farq qiladi. Har xil suyuqlik va gazlarning fizik parametrlari sezilarli darajada farq qilishi mumkin.

Suyuqlik zichligi haroratga (temperatura) bog'liq bo'lib, odatda, temperatura ortishi bilan kamayadi. Bu o'zgarish neft mahsulotlari uchun quyidagi munosabat orqali ifodalanadi (suvdan tashqari):

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta_t(t - 20)} \quad (1.3)$$

bunda t – harorat, $[\text{C}]$, β_t – hajmiy kengayish harorat koeffitsiyenti; ρ_{20} – suyuqlikning 20°C dagi zichligi.

Suvning zichligi yuqoridagi qonunga bo'ysinmaydi, uning zichligi eng katta qiymatga 4°C (aniqrog'i $3,98^\circ\text{C}$) da ega bo'ladi. Suvning issiqligi bundan oshsa ham, kamaysa ham zichligi kamayib boradi.

b) Suyuqlikning nisbiy zichligi (SG). Suyuqlik zichligining suvning 4°C haroratdagi zichligiga nisbati uning nisbiy zichligi deyiladi.

SG Suyuqlikning nisbiy zichligi - bu suyuqlik zichligining etalon suyuqligiga nisbati, odatda bunday hollar uchun temperaturasi 4°C dagi suv (suyuqliklar uchun) va havo (gazlar uchun) ishlatiladi:

$$SG_{gaz} = \frac{\rho_{gaz}}{\rho_{xavo}} = \frac{\rho_{gaz}}{1.205 \text{ kg/m}^3}$$

$$SG_{suyuqlik} = \frac{\rho_{suyuqlik}}{\rho_{suv}} = \frac{\rho_{suyuqlik}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

Masalan, simobning nisbiy zichligi

$SG_{simob} = 13580/1000 < 13.6$ ga teng. Muhandislar bu o'lchamsiz nisbatlarni turli xil suyuqliklar zichliklarining haqiqiy qiymatlariga qaraganda osonroq eslab qolishadi.

c) Solishtirma og'irlik. Suyuqlikning solishtirma og'irligi γ (kichik yunoncha gamma) bilan belgilanadi, suyuqlikning hajm birligiga to'g'ri keladigan og'irligidir

Suyuqlik og'irligining hajm birligiga teng miqdoriga solishtirma og'irligi deyiladi. Solishtirma og'irlik ta'rifga asosan:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.4)$$

bu yerda: V - suyuqlik hajmi [m^3], G – og'irligi [N]. Solishtirma og'irlikning o'lchov birligi SI sistemasida

$$|\gamma| = \frac{|G|}{|V|} = \left[\frac{N}{m^3} \right]$$

texnik sistemada esa $\left[\frac{kgk}{m^3} \right]$ - bo'lib, ular o'zaro quyidagicha bog'langan:

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

Solishtirma og'irlik hajmi ma'lum bo'lgan turli idishlardagi suyuqliklarning og'irligini o'lchash usuli bilan yoki areometrlar yordamida aniqlanishi mumkin.

Og'irlik $W = mg$ bo'lgani uchun, zichlik va solishtirma og'irlik shunchaki ham gravitatsiya bilan bog'liq:

$$\gamma = \rho g$$

Hajm birligiga to'g'ri keladigan og'irlikdan kelib chiqsak γ ning birligi i N/m^3 larda o'lchanadi. Yerning tortishish kuchida $g = 32,174 \text{ fut/s}^2 = 9,807 \text{ m/s}^2$. Misol uchun, $20 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatura va 1 atm bosimda havo va suvning solishtirma og'irligi taxminan quyidagicha bo'ladi:

$$\gamma_{air} = (1.205 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2) = 11.8 \text{ N/m}^3 = 0.0752 \text{ lbf/ft}^3$$

$$\gamma_{water} = (998 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2) = 9790 \text{ N/m}^3 = 62.4 \text{ lbf/ft}^3$$

Solishtirma og'irlik bosimga va temperaturaga bog'liq ravishda o'zgaradi va bu bog'liqlik ideal gazlar ushun Mendeleev-Klayperon quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{p}{\gamma} = RT \quad (1.5)$$

bu yerda: p - bosim [$\frac{N}{m^2}$], T - absolyut temperatura, R - gaz doimiysi

$$(R_{havo} = 287 \frac{J}{kg \cdot grad}, R_{me tan} = 518 \frac{J}{kg \cdot grad}), \quad (1.6)$$

Nisbiy solishtirma og'irligi deb suyuqlik solishtirma og'irligining 4°C dagi suvning solishtirma og'irligiga nisbatiga aytiladi.

d) **Suyuqliklarning haroratdan (issiqlikdan) kengayishi.** Yuqorida aytib o'tilganidek, suyuqlikning asosiy fizik xossalari (zichlik va bosh.) harorat (issiqlik) o'zgarishi bilan o'zgarib boradi. O'z navbatida bu jarayon o'z-o'zidan issiqlik o'zgarishi bilan hajmning o'zgarishiga olib keladi. Suyuqliklarning haroratdan (issiqlikdan) kengayish xususiyati gidravlik mashinalarni hisoblash va turli masalalarni hal qilish vaqtida inobatga olish zarur bo'ladi.

Suyuqlikning haroratdan (issiqlikdan) kengayish holatlarini idishga solingan suyuqlikning qizdirilganda hajmi oshishi, suyuqlik to'ldirilib germetik yopib qo'yilgan sisternalarning quyosh nurida qolganda yorilib ketishi, to'ldirilgan idishdagi suyuqlikning sirtidan oqib tushishi kabi hodisalarda kuzatish mumkin.

Suyuqlikning haroratdan (issiqlikdan) kengayish xususiyatidan foydalanib suyuqlik termometrlari va boshqa turli sezgir o'lchov asboblari yaratiladi. Suyuqlikning haroratdan (issiqlikdan) kengayishi harorat koeffitsiyenti orqali ifodalanadi va β_t bilan belgilanadi.

1.5 - jadval. Suvning hajmiy kengayish 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
	0,000072	0,000183	0,000426	0,000539	0,000561
19.6	0,000149	0,000236	0,000429	0,000523	0,000621
49,0	0,000229	0,000294	0,000437	0,000514	

Suyuqlikning harorati 1°C ga oshirilganda (birlik hajmdagi) kengaygan miqdori uning *hajmiy kengayish harorat koeffitsiyenti* deyiladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$\beta_t = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta t}, \left[\frac{1}{grad} \right]; \quad (1.7)$$

bunda $\Delta V = V - V_c$ –keyingi va boshlang`ich hajmlar farqi; $\Delta t = t - t_0$ – keyingi va boshlang`ich haroratlar farqi;

Suyuqlikning haroratdan (issiqlikdan) kengayish koeffitsiyenti β_t juda kichik miqdor bo`lib, u suv uchun $\beta_t = 2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{grad}$, mineral moylar uchun $\beta_t = 7 \cdot 10^{-4} \frac{1}{grad}$; simob uchun $\beta_t = 18 \cdot 10^{-5} \frac{1}{grad}$ teng.

4. Suyuqliklarning siqilishi. Hidravlik hisoblash ishlarida odatda suyuqliklarni siqilmaydi deb qaraladi, bu holat tomchilanuvchi suyuqliklar uchun o`rinli bo`ladi.

Ammo texnikada va tabiatda bosim juda katta bo`lgan holatda hajm o`zgarishi sezilarli miqdorda bo`ladi va uni hisobga olishga to`g`ri keladi.

Suyuqliklarning siqilishi *hajmiy siqilish koeffitsiyenti* orqali ifodalanadi 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 quyidagicha aniqlanadi:

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

bunda $\Delta p = p - p_0$ – o`zgargan va boshlang`ich bosimlar farqi; β_p ham β_t kabi juda kichik miqdor bo`lib, suv ushun $\beta_p = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{MN}$ (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 ushun ham ko`p hollarda siqilishni hisobga olinmaydi. Bosim va haroratga bog`liq ravishda suvning hajmiy siqilish koeffitsiyenti 1.6 – jadvalda keltirilgan.

1.6 - 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

Hajmiy siqilish koeffitsiyenti koeffitsiyentiga teskari kattalik hajmiy bikirlik moduli deyiladi $E = 1 / \beta_p$

Solishtirma hajm. Amaliyotda solishtirma hajm tushunchasidan ham foydalaniladi. Suyuqlik hajmining og'irlikka nisbati solishtirma hajm deyiladi:

$$\nu = \frac{V}{G} \left[\frac{m^3}{N} \right] \quad (1.9)$$

(1.4) va (1.9) formulalardan ma'lumki:

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

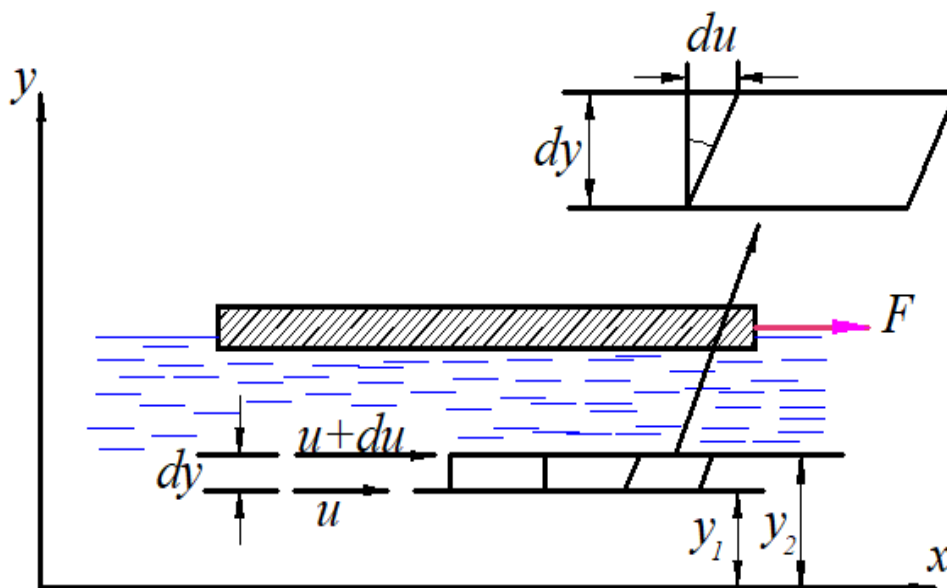
e) Qovushqoqlik (yopishqoqlik) Suyuqliklarning qovushqoqlik hodisasi ularning harakati vaqtida yuzaga keladi va harakatlanayotgan zarracha harakatiga qarshilik sifatida namoyon bo'ladi.

Yopishqoqlik - bu suyuqlikning oqimiga qarshiligini miqdoriy o'lchovidir. Boshqacha qilib aytganda oquvchan moddalar (suyuqliklar va gazlar)ning ulardagi bir qismning ikkinchi qismga nisbatan harakatiga (siljishiga) qarshilik ko'rsatish xossasidir. Biz yopishqoqligi juda past bo'lgan havoda osongina harakat qilishimiz mumkin, ammo havoga qaraganda yopishqoqligi 50 barobar yuqori bo'lgan suvda harakat qiyinroq bo'ladi. Moylarda (SAE 30 moyida) ko'proq qarshilik mavjud bo'lib, bu suvning yopishqoqligiga qaraganda 300 barobar ko'proqni tashkil etadi. SAE 30 moyidan besh barobar ko'proq yopishqoq glitserin yoki glitserindan besh baravar yuqori bo'lgan qora shokolad orqali qo'lingizni o'tkazishga harakat qiling bu qarshilikni sezasiz. Bu qarshilikni yengish ushun ma'lum miqdorda kuch sarflash kerak bo'lib, qovushqoqlik qancha yuqori bo'lsa, sarflash kerak bo'lgan kuch ham shuncha katta bo'ladi. Qovushqoqlik miqdori dinamik va kinematik qovushqoqlik (yopishqoqlik) koeffitsiyentlari bilan ifodalanadi.

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

belgilashga o`tsak, u holda yuqoridagi nisbat tezlik gradiyenti $\left(\frac{du}{dy}\right)$ ni beradi. Agar suyuqlik sirtidagi plastinkaga qancha ko`p kuch qo`ysak, siljish shuncha ko`p bo`ladi. Bu narsa qo`yilgan kuch bilan tezlik gradiyenti orasida qandaydir bog`lanish mavjudligini ko`rsatadi.



1.1 - rasm. Qovushqoqlik tushunchasiga doir chizma

Shunday qilib, suyuqliklardagi ichki ishqalanish kuchi tezlik gradiyentiga bog`liq ekanligini tushunish mumkin.

Nimaki biz bilamiz bu bir qatra,
nimaki biz bilmaymiz bu okean.

Isaak Nyuton

(1642 — 1727)



Suyuqliklardagi ichki ishqalanish kuchi tezlik gradiyentiga bog`liq ekanligini (1686 y.) I.Nyuton 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:

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

Proportsionallik koeffitsiyenti μ *dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti* deb qabul qilingan. Nyuton gipotezasi keyinchalik (200 yildan keyin) N.P.Petrov tomonidan nazariy asoslab berildi. Albatta, hisoblash ishlarini osonlashtirish uchun ishqalanish kuchining birlik yuzaga to`g`ri kelgan miqdori yoki gidravlikada urinma kuchlanish (ishqalanish kuchidan kuchlanish) deb atalgan miqdorga o`tish zarur bo`ladi. Bu miqdorni yunoncha (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 kuchlanish ikki tashkil etuvshining 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 molekulalarning o`tishini bildiruvchi koeffitsiyentdir.

Urinma kuchlanish (1.10) formuladan ko`rinadiki, tezlik gradiyentiga (yoki umumiyroq qilib aytganda tezlikning normal bo`yicha hosilasi) ga to`g`ri proporsionaldir.

Tenglamadagi mutanosiblik koeffitsiyenti μ - *dinamik yopishqoqlik koeffitsiyenti* deyiladi. SI tizimida dinamik yopishqoqlik koeffitsiyenti

$$[\mu] = \left[\frac{\tau}{\Delta u / \Delta y} \right] = \frac{N \cdot s \cdot m}{m^2 \cdot m} = \frac{N \cdot s}{m^2} = Pa \cdot s \text{ ga teng.}$$

SGS tizimida esa dinamik yopishqoqlik birligi fransuz shifokori (suyuqliklar yopishqoqligini o'rgangan) Puazeyl nomi bilan (puaz) ataladi.

$$1P = 1 \frac{dina \cdot s}{sm^2} = 1 \frac{g \cdot sm \cdot s}{sm^2 \cdot s^2} = 1 \frac{10^{-3} kg \cdot 10^{-2} m \cdot s}{10^{-4} m^2 \cdot s^2} = 1 \cdot 10^{-1} Pa \cdot s.$$

Nyuton suyuqliklarining yopishqoqligi haqiqiy termodinamik xususiyat bo'lib, harorat va bosimga qarab o'zgaradi. Muayyan holatda (P, T) umumiy suyuqliklar orasida qiymatlarning katta diapazoni mavjud. 1.7 -jadvalda normal bosim va haroratda bir nechta suyuqlik va gazlarning yopishqoqligi ko'rsatilgan. Bu jadvalda bir xil sharoitdagi har xil suyuqliklar o'rtasida yopishqoqlik koeffitsientining qiymati katta diapazonda o'zgarishini ko'rish mumkin.

1.7-jadval. Normal (1 atm) bosim va (20 C) haroratdagi suyuqlik gazlarning dinamik va kinematik yopishqoqligi.

Suyuqliklar	μ , $kg/(m \cdot s)^\dagger$	Nisbat $\mu/\mu(H_2)$	ρ kg/m^3	ν m^2/s^\dagger	Nisbat $\nu/\nu(Hg)$
Vodorod	9.0 E-6	1.0	0.084	1.05 E-4	910
Havo	1.8 E-5	2.1	1.20	1.50 E-5	130
Benzin	2.9 E-4	33	680	4.22 E-7	3.7
Suv	1.0 E-3	114	998	1.01 E-6	8.7
Etil spirti	1.2 E-3	135	789	1.52 E-6	13
Simob	1.5 E-3	170	13,550	1.16 E-7	1.0
SAE 30 moyi	0.29	33,000	891	3.25 E-4	2,850
Glitserin	1.5	170,000	1,260	1.18 E-3	10,300

$$\dagger 1 kg/m \cdot s = 0.0209 slug/ft \cdot s, \quad 1 m^2/s = 10.76 ft^2/s$$

Umuman olganda, bosim oshishi hisobiga suyuqlikning yopishqoqligi juda kam oshadi. Masalan, havoning P bosimini 1 atm dan 50 atm gacha oshirsak μ atigi 10 foizga oshadi.

Tomchi suyuqliklarni harorati oshishi bilan yopishqoqligi kamayadi, chunki suyuqlikda bir-biriga yaqin joylashgan molekular orasidagi masofa ortadi va shuning hisobiga orasidagi tortishish kuchlariga bog'liq bo'lgan yopishqoqlik kamayadi.

Yopishqoqlikka harorat kuchli ta'sir ko'rsatadi, bosim esa kamroq ta'sir etadi. Gazlar va suyuqliklarning yopishqoqligi bosim ortishi hisobiga kam miqdorda ortadi.

Gazning yopishqoqligi haroratga bog'liq holda ortadi. Kuch qonuni va Sazerlend qonuni ikkita umumiy taxminlardir:

$$\frac{\mu}{\mu_0} \approx \begin{cases} \left(\frac{T}{T_0}\right)^n & \text{Kuch qonuni} \\ \frac{(T/T_0)^{3/2}(T_0+S)}{T+S} & \text{Sazerlend} \end{cases} \quad (1.13)$$

bu yerda μ_0 - ma'lum bo'lgan absolyut T_0 haroratidagi (odatda 273 K) yopishqoqlik. n va S o'zgarmas kattaliklar, har ikkala formulalar ham keng harorat oralig'ida mos keladi. Havo uchun $n < 0,7$ va $S < 110$, $K = 199^\circ\text{R}$. Suyuqlikning harorat ko'tarilishi bilan yopishqoqligi kamayadi va taxminan $\mu \approx ae^{-bT}$, lekin yaxshiroq mos keladigan empirik natija $\ln \mu$ bu $1/T$ ga kvadratik bog'langan, bu yerda T absolut haroratdir:

$$\ln \frac{\mu}{\mu_0} \approx a + b \left(\frac{T}{T_0}\right) + c \left(\frac{T}{T_0}\right)^2 \quad (1.14)$$

$T_0 = 273,16 \text{ K}$, $m_0 = 0,001792 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ suv uchun tavsiya etilgan qiymatlar $a = 21,94$, $b = 24,80$ va $c = 6,74$ aniqlik taxminan $\pm 1 \%$ ni tashkil qiladi.

Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyent. Dinamik yopishqoqlik koeffitsiyentni zichlikka nisbatini olsak, unda kinematik yopishqoqlik koeffitsiyentini hosil qilamiz, ya'ni

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\text{s} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}} = \frac{\text{kgm}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{\text{s} \cdot \text{m}^3}{\text{kg}} = \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

SGS tizimida kinematik yopishqoqlik koeffitsiyenti ingliz fizigi Stoks nomi bilan ataladi.

$$1St = 1 \text{ sm}^2/\text{s} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ sm}^2/\text{s}$$

1 Stoksga nisbatan 100 barobar kichik boʻlgan kinematik yopishqoqlik ko'effitsiyentini (sSt) santistoks deyiladi.

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

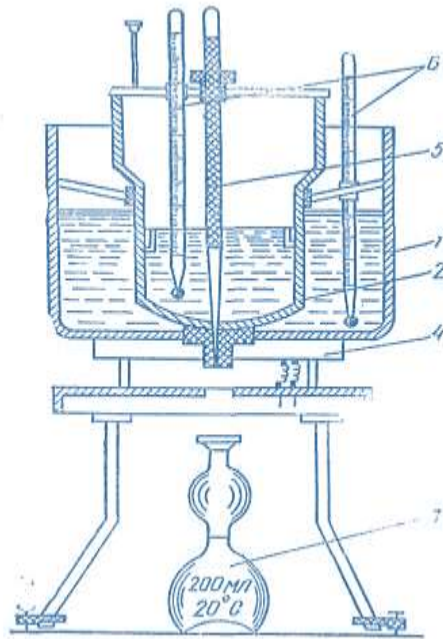
Qovushqoqlik ko'effitsiyentini aniqlash uchun viskozimetr deb ataluvchi asbob qoʻllaniladi. Suvga nisbatan yopishqoqligi katta boʻlgan suyuqliklar uchun Engler viskozimetri qoʻllaniladi (1.2-rasm). U birining ichiga ikkinchisi joylashgan 1, 2 ikki idishdan iborat boʻlib, ular orasidagi boʻshliq, suv bilan, toʻldiriladi. Ichki idish 2 ning sferik tubiga diametri 3 mm li naycha kavsharlangan, u tiqin 5 bilan berkitilgan boʻladi.

Ichki idishga tekshirilayotgan suyuqlik quyilib, uning harorati ikki idish oraligʻidagi suvni qizdirish yoʻli bilan zarur boʻlgan temperaturagacha yetkaziladi. Tekshirilayotgan suyuqlik haarorati termometr 6 yordamida oʻlchab turiladi. Suyuqlik zarur harorat t° gacha qizigandan soʻng tiqin ochiladi va sekundomer yordamida 200 sm^3 suyuqlik 3 oqib chiqqan vaqt belgilanadi. Xuddi shunday tajriba $t = 20^{\circ}\text{C}$ da distillangan suv bilan ham oʻtkaziladi. Tekshirilayotgan suyuqlikning $t = 20^{\circ}\text{C}$ dan oqib chiqqan vaqtlarining nisbati Qovushqoqlikning shartli graduslari yoki Engler graduslarini bildiradi:

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

Engler gradusidan m^2/s ga oʻtish uchun Ubbelode formulasi qoʻllaniladi:

$$\nu = \left(0,0731 {}^0 E - \frac{0,0631}{{}^0 E} \right) 10^{-4} \quad (1.15)$$



1.2 - rasm. Engler viskozimetri.

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

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

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

Havo uchun

$$\nu_t = (0,132 + 0,000918 t + 0,00000066 t^2) \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \quad (1.16)$$

Suv uchun

$$\nu_t = \frac{0,0177}{1 + 0,0337 t + 0,000221 t^2} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \quad (1.17)$$

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

$$\nu_t = \nu_{50} \left(\frac{50}{t} \right)^n \quad (1.18)$$

bu yerda: ν_t , ν_{50} – tegishli haroratda va 50°C da kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti; t - harorat, $^\circ\text{C}$ da; n - daraja ko'rsatkichi; uning miqdori quyidagi jadvalda ν_{50} ning turli miqdorlari uchun keltirilgan:

1.8 - jadval

ν_{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 qovushqoqligi boshlang'ich qovushqoqlik va temperaturasi qarang turlicha o'zgaradi. Ko'pchilik suyuqliklarning qovushqoqligi bosim ko'tarilishi bilan ortadi. Mineral moylarning qovushqoqligi bosimning $0-50 \text{ MN/m}^2$ chegarasida taxminan chiziqli o'zgaradi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\nu_p = \nu_0(1 + k_p p), \quad (1.19)$$

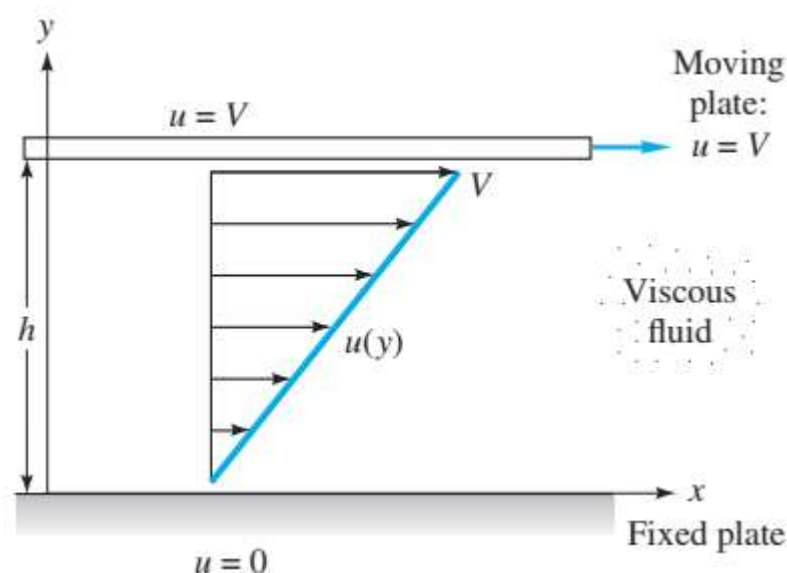
bu yerda: ν_p va ν_0 – tegishli bosimda va atmosfera bosimida kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, p – qovushqoqlik o'lchangan bosim, MN/m^2 ; k_p – eksperimental koeffitsiyent, uning miqdori gidroyuritmalarni hisoblashda yuqorida aytilgan chegarada $0,03$ ga teng deb qabul qilinadi.

1.4 Plastinalar orasidagi oqim

Gidravlikaning klassik muammolardan biri 1.3-rasmda ko'rsatilgandek, harakatlanuvchi yuqori va pastki plastinkalar o'rtasida hosil bo'lgan V tezlikdagi barqaror oqim parametrlarini aniqlash. Plastinkalar orasidagi masofa h , suyuqlik esa Nyuton qonuniga bo'y so'navchi bo'lib, plastinkalarning ikkalasidan birida suyuqlik sirpanmaydi. Agar plastinka kata bo'lsa, bu barqaror siljish harakati $v=w=0$ bilan ko'rsatilgandek $u(y)$ tezlik taqsimotiga ega bo'ladi, suyuqlikning tezlashishi hamma joyda nolga teng. Nol tezlanish va oqim yo'nalishi bo'yicha bosim o'zgarishini hisobga olsak, kichik suyuqlik elementidagi kuch muvozanati suyuqlik bo'ylab siljish kuchining doimiy bo'lishiga olib keladi. 1.11-tenglamadan:

$$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{\mu} = \text{const}$$

$$u = a + by$$



1.3-rasm. Ikki parallel plastinka orasidagi yopishqoq suyuqlik oqimi.

Rasmda (1.3-rasm) ko'rsatilgandek tezlik taqsimoti chiziqli bo'lib, a va b doimiylarni yuqori va pastki plastinkalarda siljishsiz holatidan baholash mumkin:

$$u = \begin{cases} 0 = a + b(0) & y = 0 \\ V = a + b(h) & y = h \end{cases}$$

Demak, $a = 0$ va $b = V/h$. Hamda rasmda ko'rsatilganidek plastinkalar orasidagi tezlik profili:

$$u = V \frac{y}{h} \quad (1.20)$$

Turbulent oqimda tezlik taqsimoti bunday shakilga ega emas.

1.5 Sirt tarangligi (kapillyarlik)

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

Sirt taranglik kushi Laplas formulasi bilan ifodalanadi:

$$P = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right), \quad (1.21)$$

bu yerda: σ – sirt taranglik koeffitsiyenti; r_1, r_2 – bosh egrilik radiuslari.

O'xshash kapillyar idishlar uchun:

$$P = \frac{2\sigma}{r} \quad (1.22)$$

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

$$h = \frac{k}{d}, \text{ mm} \quad (1.23)$$

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

1.9 - jadval. 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 haroratda yuz

beradigan sirt bo'yicha bug'lanishdan farqli ravishda, faqat ma'lum haroratda, ya'ni to'yingan bug' bosimi suyuqlik sirtidagi bosimga teng bo'ladigan haroratda yuz beradi. Bosim ortishi bilan qaynash harorati ortadi, kamayishi bilan esa kamayadi.

Bir jinsli suyuqliklarda to'yingan bug' bosimi har bir harorat 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 harorat kamayishi bilan erigan gazlar miqdori ortadi va aksincha, bosim kamayganda yoki harorat ortganda ularning miqdori kamayadi. Shuning uchun bosim kamayishi yoki harorat 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 haroratli 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, harorat 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. Suyuqlikning termodinamik xossalari

Harorat T suyuqlikning ichki energiya darajasi bilan bog'liq bo'lib, gaz yuqori tezlikda oqishi paytida u sezilarli darajada farq qilishi mumkin. Muhandislar qulaylik uchun odatda Selsiy va Kelvin shkalalaridan foydalanishlariga qaramay, hisoblashlarda Farengeyt yoki Rankin harorat shkalalari ham qo'llaniladi.

$$^{\circ}R = ^{\circ}F + 459.69$$

$$K = ^{\circ}C + 273.16$$

Suyuqlikning tezlik maydoni eng muhim xususiyati bilan suyuqlikning termodinamik xossalari chambarchas bog'liq. Suyuqlikning termodinamik xossalari quydagilar bilan izohlanadi: Bosim: r , Zichlik ρ , Harorat T .

Bu uchala kattaliklar suyuqlik oqimni tahlil qilishda tezlik vektori bilan uzviy bog'liq hamda ish, issiqlik va energiya balansi oqimni tahlil qilishda muhim rol o'ynaydi: Ichki energiya \hat{u} , Entalpiya $h = \hat{u} + \frac{P}{\rho}$, Entropiya S , Issiqlik sig'imi C_p va C_v qovushqoqlik koeffitsienti μ Issiqlik o'tkazuvchanligi k .

Ushbu to'qqizta kattalikning barchasi suyuqlikning termodinamik holati yoki holati bilan bog'liq bo'lgan termodinamik xossalardir. Masalan, suv yoki kislorod kabi bir fazali modda uchun bosim va harorat kabi ikkita asosiy kattalik ma'lum bo'lsa, qolgan barcha qiymatlarni aniqlash mumkin:

$$\rho = \rho(P, T)$$

$$h = h(P, T)$$

$$\mu = \mu(P, T)$$

Termodinamik xossalar tizimning holatini tavsiflaydi, ya'ni o'zining atrofi bilan o'zaro ta'sirlashib turadigan bir xil moddalar to'plami. Ko'pgina hollarda, tizim kichik suyuqlik elementi bo'ladi va barcha xususiyatlar oqim maydonining uzluksiz xususiyatlari sifatida qabul qilinadi:

$$\rho = \rho(x, y, z, t)$$

Termodinamika odatda statik tizimlar bilan bog'liq bo'ladi, suyuqliklar esa odatda doimo o'zgaruvchan xossalarga ega bo'ladi. Normal bosimdagi gazlarda (va undan ham ko'proq suyuqliklar uchun) juda oz miqdordagi molekulyar to'qnashuvlar $1 \mu m$ oralig'ida sodir bo'ladi, shuning uchun to'satdan o'zgarishlarga uchragan suyuqlik tezda muvozanat holatiga moslashadi.

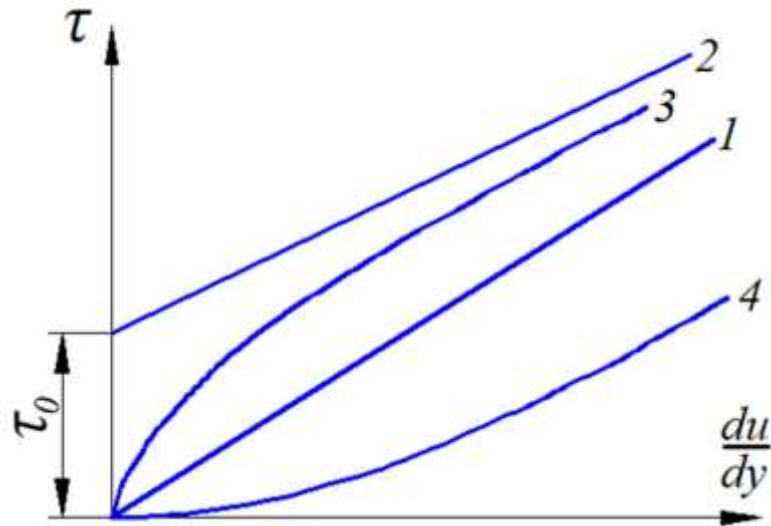
1.9 Ideal suyuqlik modeli

Suyuqliklarning harakati tekshirilganda, odatda, hamma kuchlarni hisobga olib bo'lmagani ushuni, ularning suyuqlik muvozanati yoki harakati holatiga ta'siri katta bo'lganlarini saqlab qolib, ta'siri kichiklarini tashlab yuboramiz. Shu usul bilan suyuqliklar uchun ideal va real suyuqliklar modeli tuziladi. Hozirgi vaqtda suyuqlik harakatini ifodalovchi umumiy tenglamalar juda murakkab bo'lib, uni yechishni osonlashtirish uchun yuqorida aytilgandek soddalashtirishlar kiritiladi. Bunday soddalashtirishlar esa suyuqliklarning fizik xossalariga chegara qo'yadi va bu suyuqliklar ideal suyuqliklar deyiladi. Ideal suyuqliklar absolyut siqilmaydigan, issiqlikdan hajmi o'zgarmaydigan, cho'zuvchi va siljitivchi 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 – siljitivchi kuchga qarshilik ko'rsatish xossasi, ya'ni ichki ishqalanish kuchi bo'lib, uning bu xususiyatini qovushqoqlik degan tushuncha orqali ifodalaniladi. Shunga asosan ideal suyuqliklarni noqovushoq (nevyazkiy), real suyuqliklarni esa qovushoq suyuqlik deyiladi.

1.10 Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar

Yuqorida aytilganidek, suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlanish tezlik gradiyentiga bog'liq bo'lib, Nyuton qonuni (1.11) 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 shizsak, u holda bu grafikni ifodalovchi 1.4-rasmdagi 1 - chiziq (1.10) formulani ifodalaydi. Bu grafik bilan ifodalanuvchi, ya'ni Nyuton qonuniga bo'ysunuvchi suyuqliklar Nyuton suyuqliklari deyiladi.



1.4 - rasm. Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklarga doir shizma.

Hozir suyuqliklarning xossalarini chuqurroq o'rganish va texnikada ishlatiladigan suyuqliklar turining ko'payishi natijasida Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan ko'pgina suyuqliklar mavjud ekanligi aniqlandi. Suyuqliklarning xossalarini o'rganuvchi fan reologiya deb ataladi. Bunday suyuqliklarda kuchlanish τ umumiy holda tezlik gradiyenti $\frac{du}{dy}$ ning funktsiyasi sifatida qaraladi:

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

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

1. Bingam suyuqliklari (plastik yopishqoq suyuqliklar). Bu suyuqliklar kichik kuchlanishlarda ozgina deformatsiyalanib, kuchlanish yo'qolsa, yana avvalgi holiga qaytadi. Kuchlanish kuchi τ biror τ_0 qiymatdan ohsa, harakat boshlanadi. Bingam suyuqliklari xuddi Nyuton suyuqliklari kabi harakatlanadi. Bu suyuqliklar ushun Nyuton qonuni o'rnida quyidagi qonun qo'llaniladi.

$$\tau = \tau_p + \eta \frac{du}{dy} \quad (1.24)$$

bu yerda: η – struktura yopishqoqligi deb ataladi. (1.20) formula bilan ifodalanuvchi qonun 1.4 - rasmdagi 2 - chiziqqa ega bo'ladi.

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

2. Soxta plastik suyuqliklar. Bular Nyuton suyuqliklari kabi kuchlanishning eng kichik qiymatlarida ham harakatga keladi. Lekin u tezlik

gradiyenti ortishi bilan kamayib borib, sekin-asta o'zgarmas qiymatga intiladi (1.4 - rasmda, 3 - chiziq).

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

$$\tau = k \left(\frac{du}{dy} \right)^m \quad (1.25)$$

bu yerda: k, m – tajribadan aniqlanuvshi o'zgarmas miqdorlardir (o'zgarmas m , odatda, 0 bilan 1 orasidagi qiymatlarni qabul qiladi). Bu suyuqliklarga siljituvchi kuchlanishning 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 (1.4 - rasm, 4 - chiziq), siljituvchi kuchlanish (1.21) 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 uchrab turadi. Ularning yopishqoqlik koeffitsiyenti kuchlanishning qancha vaqt ta'sir qilganiga qarab o'zgarib boradi. Bunday suyuqliklarga ko'pgina bo'yoqlar, sut mahsulotlarining ko'p turlari, turli smolalar misol bo'ladi. Ular tiksotrop suyuqliklar, reopektant suyuqliklar va maksvell suyuqliklari deb ataluvchi guruhlariga bo'linadi. Bu suyuqliklarning yana bir xususiyatlari shundan iboratki, ularning ba'zi turlari (maksvell suyuqliklari) qo'yilgan kuchlanish kuchi olinishi bilan avvalgi holatiga qisman qaytadi (ya'ni hozirgi zamon fanining tili bilan aytganda xotirlash xususiyatiga ega bo'ladi).

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma:

Muammoni (**masala**) hal qilish uchun quydagi bosqichlar tavsiya etiladi:

1. Muammoni o'qing va kerakli natijalar haqida o'zingiz qayta qisqacha ma'lumot yozing.
2. Jadvallar yoki diagrammalardan kerakli ma'lumotlarini to'plang: zichlik, yopishqoqlik va boshqalar.
3. Siz so'ralgan narsani tushunganingizga ishonch hosil qiling. Talabalar savolga noto'g'ri javob berishga moyildirlar - masalan, bosim gradienti o'rniga bosim, tortish kuchi o'rniga ko'tarish kuchi yoki hajmiy oqim o'rniga massaviy oqim. Muammoni diqqat bilan o'qing.
4. Ehtiyotkorlik bilan o'ylab ko'ring va taxminlaringizni sanab o'ting. Siz oqim barqarormi yoki barqaror emasmi, siqiluvchanmi yoki siqilmaydimi, yopishqoqmi yoki yopishqoqmasmi, tenglamalar yoki qisman differentsial tenglamalar kerakmi yoki yo'qligini hal qilishingiz kerak.
5. Iloji bo'lsa, algebraik yechim toping. Keyin, agar raqamli qiymat kerak bo'lsa, oldingi mavzuda ko'rib chiqilgan SI yoki BG birlik tizimlaridan foydalaning.

1-masala. Faraz qilaylik, 1.3 - rasmdagi oqim 20 C dagi SAE 30 moyi bo'lsin. Moyning tezligi $V = 3 \text{ m/s}$ va balandligi $h = 2 \text{ sm}$ bo'lsa, yog'dagi siljish kuchini hisoblang.

Yechish.

Tizim sxemasi: Bu oldin 1.3 – rasmda ko'rsatilgan.

Taxminlar: Chiziqli tezlik profili, laminar Nyuton suyuqligi, ikkala plastinka yuzasida sirpanish yo'q.

Yondashuv: 1.7 -rasmning tahlili laminar oqim uchun (1.16) tenglamaga olib keladi.

O'zgarmas qiymatlari: 1.4-jadvalga asosan, SAE 30 moyi yopishqoqligi $m = 0,29 \text{ kg/(m} \cdot \text{s)}$.

Yechim bosqichlari: (1.26) tenglamada yagona noma'lum narsa suyuqlikning siljish kuchlanishidir:

$$\tau = \mu \frac{V}{h} = \left(0.29 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}\right) \frac{3\text{m/s}}{0.02 \text{ m}} = 43.5 \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{m}^2} = 43.5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \approx 44 \text{ Pa}$$

Izohlar: O'lchov birliklariga e'tibor bering, 1 kg-m/s²; 1 N va 1 N/m²; 1 Pa. Yog 'juda yopishqoq bo'lsa-da, bu siljish kuchlanishi oddiy, atmosfera

bosimidan taxminan 2400 marta kamroq. Gazlar va yupqa suyuqliklardagi yopishqoq kuchlar undan ham kichikroq.

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

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

issiqlikdan kengayish harorat koeffitsiyenti.

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

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:

$$\beta_w P_1 = \beta_t t_1$$

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

3-masala. Quvuprlarni gidravlik tekshirish davomida diametri $d = 200$ mm va uzunligi 250 m bo'lgan quvur bosimi 3 Mpa gacha oshirildi va ma'lum vaqtdan keyin 2 MPagacha tushirildi. Quvurdagi tirqishlardan qancha suv chiqib ketishi mumkin?

Yechim:

1. Quvurdagi suv hajmini aniqlaymiz:

$$W = \frac{\pi \cdot d^2 l}{4} = \frac{\pi \cdot 0,2^2 \cdot 250}{4} = 7,85 \text{ m}^3.$$

2. Tekshirish davrida bosim o'zgarishini aniqlaymiz:

$$\Delta p = p_1 - p_2 = 3 - 2 = 1 \text{ МПа.}$$

3. hajmiy kengayish harorat koeffitsiyenti $\beta_p = 5 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{кПа}}$, qabul qilib, tirqishlardan chiqib ketgan suv hajmini aniqlaymiz:

$$\Delta W = -\beta_p W \Delta p = 5 \cdot 10^{-10} \cdot 7,85 \cdot 1 \cdot 10^6 = 3,925 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \approx 3,93 \text{ л.}$$

4 –masala: Isitish qurilmasi rezervuaridan chiqib ketgan suv hajmini aniqlang, agar bir soat vaqt davomida rezervuarga (bak) harorati 70°S bo'lgan 50 m³ suv quyilgan bo'lib, keyinchalik suv harorati 90°S gacha ko'tarilgan bo'lsa..

Yechim:

1. Hajmiy kengayish harorat koeffitsiyenti $\beta_t = 0,00064 \frac{1}{\text{град}}$, suv sarfini aniqlaymiz:

$$\Delta Q = \beta_t Q_H \Delta t = 0,00064 \cdot 50 \cdot 20 = 0,64 \text{ m}^3/\text{ch.}$$

2. Rezervuardan chiqib ketayotgan suv sarfi: ($t = 90^\circ\text{C}$):

$$Q_K = Q_H - \Delta Q = 50 + 0,64 = 50,64 \text{ m}^3/\text{ch.}$$

5-masala. Suv harorati 20 dan 40°S gacha o'zgarsa, zichligi qanday o'zgaradi.

Yechim: Harorat ta'sirida zichlik o'zgarishini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\rho = \frac{\rho_t}{1 + \beta_t (T - T_0)},$$

Bu yerda $\rho_t = 998 \text{ kg/m}^3$ - harorat 20 °S; $\beta_t = 0,00029$ bo'lganda.

Yuqoridagi formuladan:

$$\rho = \frac{998}{1 + 0,00029 \cdot (313 - 293)} = 992,25 \text{ кг/м}^3.$$

6-masala: Suvning kinematik va dinamik yopishqoqligini 50° C haroratda (bosimi $p = 100\,000 \text{ Pa}$) aniqlang.

Yechimi: Kinematik yopishqoqlikni aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{0,01775}{1 + 0,0337t + 0.000221t^2} = \\ &= \frac{0.01775}{1 + 0.0337 \cdot 50 + 0.000221 \cdot 50^2} = 0.0054 \text{ Стокс(СТ)} \end{aligned}$$

Dinamik yopishqoqlik koeffitsientini quyidagicha aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{0,0179}{1 + 0,0368t + 0.000221t^2} = \frac{0.0179}{1 + 0.0368 \cdot 50 + 0.000221 \cdot 50^2} = \\ &= 0,0053 \text{ Пяз(П)} = 0,00053 \text{ Па} \cdot \text{с} \left(\frac{\text{КГ}}{\text{М}} \cdot \text{с} \right) \end{aligned}$$

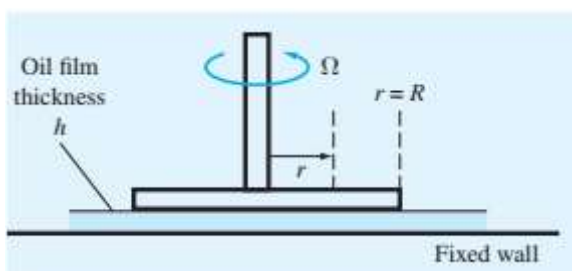
Tekshirish:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho},$$

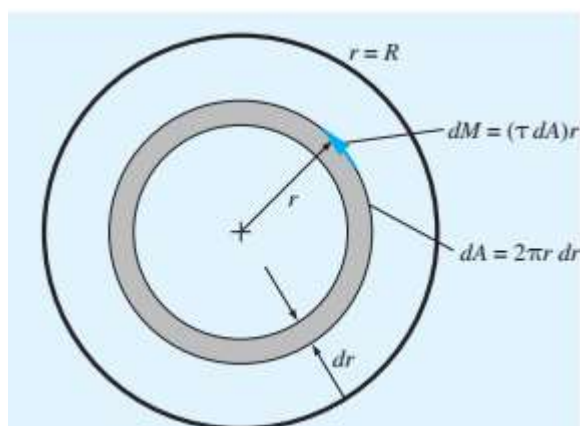
$\rho = 988 \text{ kg/m}^3$ –suv zichligi , 50°S haroratda , u holda:

$$\nu = \frac{0.00053}{988} = 0.54 \cdot 10^{-6} \text{ М}^2/\text{с}.$$

7 – masala. Yopishqoqligi μ va qalinligi $h \ll R$ bo‘lgan moy qatami qo‘zg‘almas qattiq devor va aylana disk o‘rtasida joylashgan(E1.10-rasm). Disk ω burchak tezligida barqaror aylanadi. Har ikkala tezlik va siljish kuchlanishi r radiusga qarab o‘zgarib turishini e‘tiborga olib, diskni aylantirish uchun zarur bo‘lgan moment M momentining formulasini keltirib chiqaring. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.



a)



b)

Yechish: Tizim eskizi: Rasmning (a) tizimning yon ko‘rinishi va (b) tepadan ko‘rinishi ko‘rsatilgan.

Taxminlar: Chiziqli tezlik profili, laminar oqim, sirpanmaslik, mahalliy siljish kuchlanishi (1.23) tenglama orqali ifodalangan.

Yondashuv: E1.10b-rasmda kengligi dr va maydoni $dA = 2\pi r dr$ bo‘lgan aylana chiziqdagi siljish kuchlanishini hisoblang, so‘ngra bu siljish kuchlanishining kelib chiqishi haqida dM momentini toping. Umumiy momentni M topish uchun butun diskni birlashtiring.

O‘zgarmas qiymatlari: Yog‘ning yopishqoqligi μ o‘zgarmas. Ushbu barqaror oqimda neft zichligi muhim emas.

Yechim bosqichlari: Radius r da moydagi tezlik tangensial bo‘lib, qo‘zg‘almas devorda noldan (slipmas) disk yuzasida $u = \Omega r$ gacha (shuningdek sirpanishsiz). Bu holatda kesish stressi quyidagicha:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \approx \mu \frac{\Omega r}{h}$$

Bu siljish kuchlanishi hamma joyda boshlang‘ich radiusga perpendikulyar (b-rasmga). Keyinchalik, bu aylana chiziqni kesish natijasida kelib chiqqan diskning umumiy momentini topish va birlashtirish mumkin:

$$dM = (\tau)(dA)r = \left(\mu \frac{\Omega r}{h}\right)(2\pi r dr)r$$
$$M = \int dM = \frac{2\pi\mu\Omega}{h} \int_0^R r^3 dr = \frac{\pi\mu\Omega R^4}{2h}$$

Izohlar: Bu soddalashtirilgan muhandislik tahlili bo‘lib, unda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan burchak effektlar, diskning yuqori qismidagi havo qarshiliklari va disk juda tez aylansa, yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan turbulentslik e‘tibordan chetda qoladi.

1- bo‘lim 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 ushuni Nyuton qonuni. Qovushqoqlik.
5. Nyuton qonuniga bo‘ysunmaydigan suyuqliklar.
6. Suv nima?

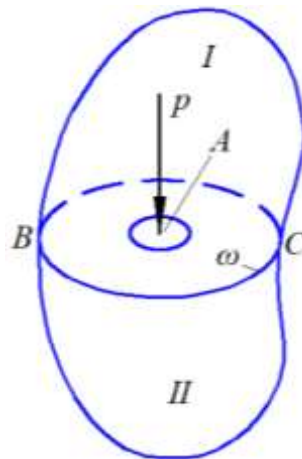
2-BO'LIM. GIDROSTATIKA

Gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini o`rganib, ularni texnikaga tadbiiq qilish bilan shug`ullanuvchi bo`limi *gidrostatika* deb ataladi. Bu qonunlarni tahlili suyuqliklarda bosim kuchlari ta'sirini baholash va uzatish bilan bog`liq masalalarni hal qilishda muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, gidrostatika suyuqliklardagi qattiq jismlarning muvozanat qonunlarini ham o`rganadi.

Suyuqliklar muvozanat holatda bo`lganda ularda ta'sir etayotgan kuchlanish normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Normal bo'yicha ta'sir etayotgan kuchlanishga *gidrostatik bosim* deyiladi.

2.1 Gidrostatik bosim

Yuqorida bayon etilganidek, suyuqliklarga ta'sir qiluvchi asosiy kuchlardan biri gidrostatik bosim kuchidir. Uni tushuntirish ushun 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. Nazariy mexanikadan, bog`lanishlardan bo'shatish aksiomasi bo'yicha qaralayotgan hajmning I qismini uning II qismiga ta'sirini P kuch bilan belgilaymiz. Xulosa shundan iboratki, hajmning I qismi orqali uning II qismiga BC yuzaga bo'yichabosim kuchi beriladi.



2.1 - rasm. Suyuqliklarda bosim tushunchasiga doir shizma.

BC sirtida A nuqta atrofida biror ω yuzaga ajratamiz. Qaralayotgan ω yuzaga ta'sir qiluvshi P kuch *gidrostatik bosim kuchi* yoki qisqasha *gidrostatik kuch* deyiladi. P kuch II qismga nisbatan tashqi kuch, butun hajmga nisbatan esa ishki kuch hisoblanadi. P kuchning ω yuzaga nisbati bu yuzaning birlik miqdoriga ta'sir qiluvshi kuchni beradi va u o`rtacha gidrostatik bosim deb ataladi:

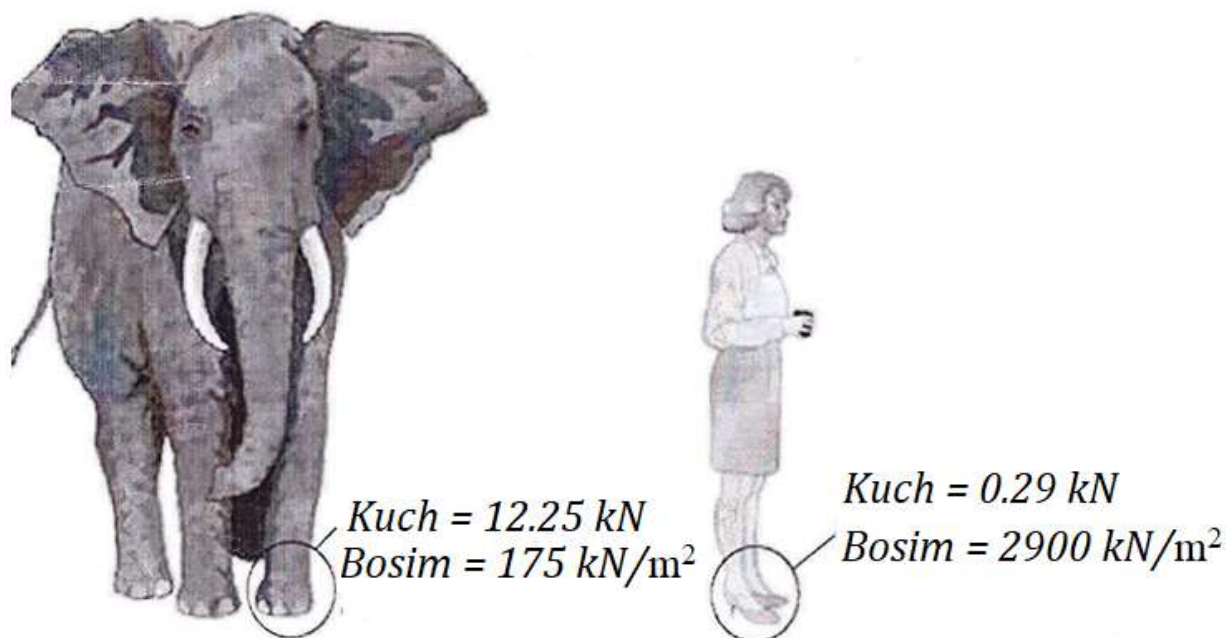
$$p_{or} = \frac{P}{\omega}$$

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

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

Bu qiymat A nuqtaga ta'sir qilayotgan bosimni beradi va u nuqtadagi gidrostatik bosim deb ataladi. Umumiy holda gidrostatik bosim p bilan belgilanadi. Bosim suyuqlikning har bir yuzasiga ta'sir qilgan normal kuch deb ta'riflanadi.

Kuch va bosimni farqini anglashda quyidagi rasmga e'tibor qilamiz.



2.2 -rasm. Bosim va kuch o'rtasidagi farq

Bosim tushunchasi suyuqliklar tomonidan har bir kvadrat metr yuzaga ta'sir qiladigan kuchni ifodalash uchun ishlatiladi. Ya'ni

$$\text{bosim} = \frac{\text{kuch}}{\text{yuza}}$$

yoki:

$$\text{bosim} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right) = \frac{\text{kuch}(\text{N})}{\text{yuza}(\text{m}^2)}$$

2.2 Hidrostatik bosimning xossalari

Tinch turgan suyuqlikdagi bosim (ya'ni gidrostatik bosim) quyidagi asosiy xossalarga 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.

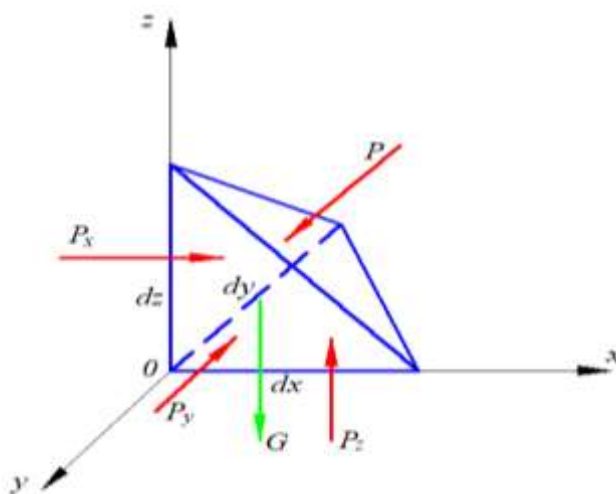
Kuchning urinma yo'nalishidagi proektsiyasi mavjud bo'lsa, I va II qismlarining bir-biriga nisbatan siljishiga olib keladi (2.1 - rasm). Suyuqlik muvozanatda bo'lgani uchun bu hol yuz berishi mumkin emas. Bundan p normal bo'yicha yo'nalmagan degan fikr noto'g'ri ekanligi kelib chiqadi.

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 (2.3 – rasm).

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 ($pd\omega$) ning o'qlardagi proyeksiyalari $pd\omega \cos\alpha$, $pd\omega \cos\beta$, $pd\omega \cos\gamma$ 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



2.3-rasm. Bosimlarning xossalriga 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.

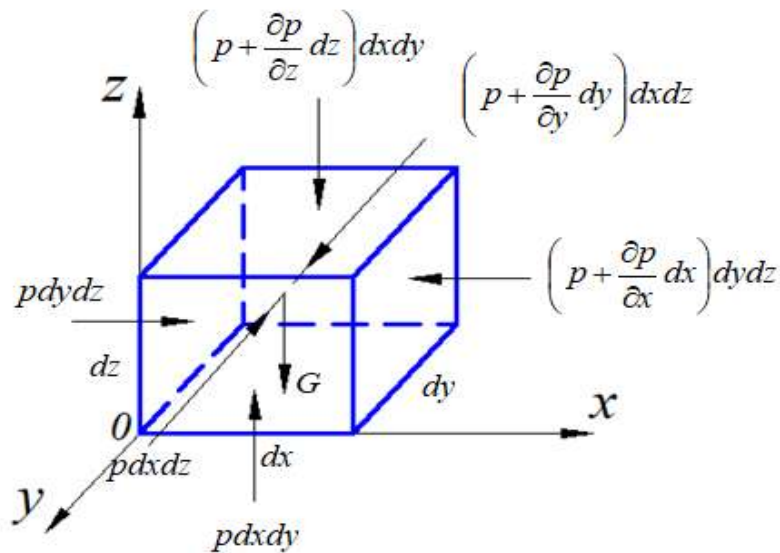
2.3 Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi

Muvozanat holatidagi suyuqliklarga bosim va og`irlik kuchlari ta'sir qiladi. Bosim suyuqlik egallagan hajmning har xil nuqtasida har xil qiymatga ega. Shuning uchun bosimni koordinata o`qlari x, y, z larning funktsiyasi deb qarash kerak. Ko`rilayotgan suyuqlikda tomonlari dx, dy, dz ga teng bo`lgan parallelopipedga teng elementar hajm ajratib olamiz (2.4 - 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 boʻlgan sirtga esa $p + \frac{\partial p}{\partial x}$ ga teng bosimlar ta'sir qiladi (2.4 - rasm). Bu sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim kuchlari esa tegishli $pdydz$ va $\left(p + \frac{\partial p}{\partial x} dx\right)dydz$ larga teng. Olingan elementar hajm Ox oʻqi boʻyicha muvozanatda boʻlishi uchun bu oʻq boʻyicha yoʻnalgan kuchlar yigʻindisi nolga teng boʻlishi kerak:

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

Shuningdek, Oy oʻqi boʻyicha, yOz tekislikda yotuvchi sirtga $pdx dz$, unga parallel boʻlgan sirtga esa, $\left(p + \frac{\partial p}{\partial y} dy\right)dx dz$ kuchlar ta'sir qiladi.



2.4-rasm. Muvozanatdagi suyuqlikning tenglamasiga doir

Shuning uchun elementar hajmning Oy oʻqi boʻyicha muvozanat sharti quyidagicha boʻladi:

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

Shuningdek, Oz oʻqi boʻyicha

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

kuchlar ta'sir qiladi hamda ularning muvozanat sharti quyidagicha boʻladi:

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

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

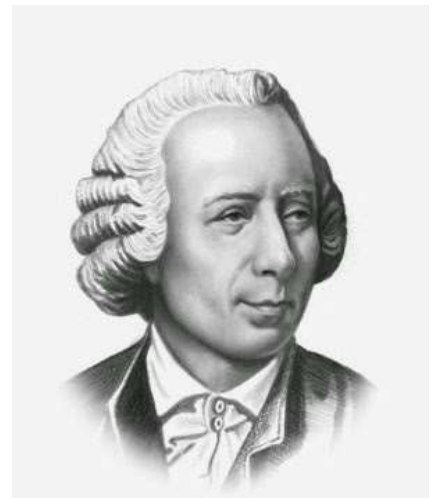
$$\begin{cases} \rho X = \frac{\partial p}{\partial x}; \\ \rho Y = \frac{\partial p}{\partial y}; \\ \rho Z = \frac{\partial p}{\partial z}. \end{cases} \quad (2.2)$$

bu yerda: X, Y, Z - birlik massa kuchlarining koordinata o`qlariga proektsiyasi;

$\frac{\partial p}{\partial x}$; $\frac{\partial p}{\partial y}$; $\frac{\partial p}{\partial z}$ - bosim gradienti; ρ - suyuqlik zichligi.

Biz hozirda fizikadan aniq biladigan hamma narsa ilgari taxminlarga asoslangan edi, agar taxminlarga, hatto noto'g'ri bo'lganlarga ham ruxsat berilmaganida, biz bitta ham haqiqatga erishmagan bo'lar edik.

L. Eyler



Leonard Eyler
(1707-1783)

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. Keltirilgan (2.2) tenglamalar sistemasi suyuqliklar muvozanat holatining umumiy differentsial tenglamasidir. Bu tenglama **1755 yil L.Eyler** tomonidan taklif etilgan.

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 hadmahad qo`shib chiqamiz:

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

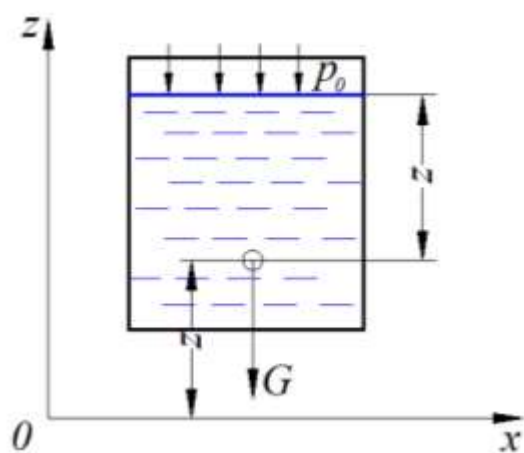
Bu tenglamaning chap tomoni bosimning to`liq differentsialini beradi, shuning uchun

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

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

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

Bosimi teng sirtlar xususiy holda suyuqlikning erkin sirti bo`lishi mumkin. Suyuqlikning devor bilan chegaralanmagan sirti erkin sirt deyiladi. Masalan, idishda gaz va suyuqlik birga saqlangan bo`lsa, u holda suyuqlikning yuqori sirti jism devoriga tegmay gaz bilan chegaralangan bo`ladi. Xususiy holda ochiq idishdagi suyuqlikning yuqori sirti havo bilan chegaralangan bo`lib, erkin sirtni tashkil qiladi (2.5 - rasm).



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

Bosimi teng sirtlar va erkin sirtlar uchun misollar sifatida og'irlik kuchi ta'siridagi idishda tinch turgan, tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan va aylanma harakat qilayotgan idishlardagi suyuqliklarni tekshiramiz.

2.5 Nisbiy muvozanat

Odatda harakatlanayotgan Idishning devorlariga nisbatan tinch turgan suyuqlik holatiga **nisbiy muvozanat** deyiladi. Quyida shu holat bilan bog'liq masalalarni ko'rib chiqamiz. Biz yuqorida Eyler tenglamasini (2.3) va (2.4) ko'rinishga keltirdik. Bu ko'rinishda uni integrallash va bosimi teng sirtlarni topish oson bo'ladi. Quyida Eyler tenglamasining integrallari sifatida uchta masalani keltiramiz.

a) Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik

Suyuqlik a tezlanish bilan harakat qilayotgan idishda muvozanat holatida bo'lsin (2.6 - rasm), bu holda suyuqlik zarralari tezlanish va og'irlik ta'sirida bo'ladi, ular uchun birlik massa kuchlar esa quyidagicha bo'ladi:

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

Bu qiymatlarni (2.4) ga qo'ysak, $-adx - gdz = 0$ tenglamani olamiz. Uni integrallab quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

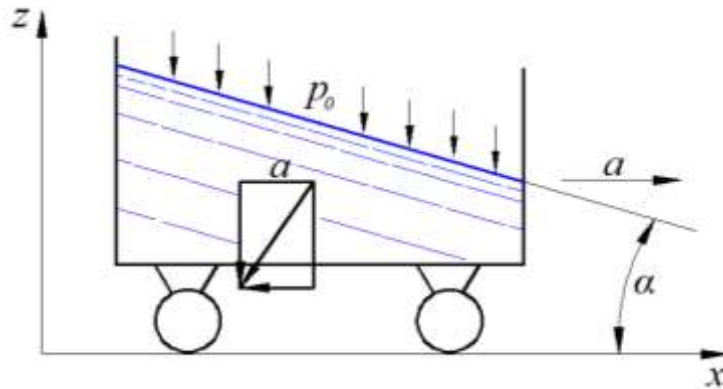
$$ax + gz = const \quad (2.6)$$

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 gorizontaal tekislik bilan tashkil qilgan burchagi quyidagicha aniqlanadi:

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

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

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



2.6 - rasm Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik

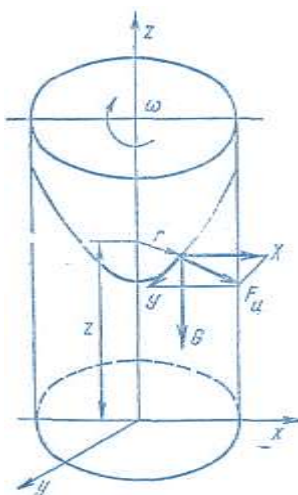
b) Aylanayotgan idishdagi suyuqlik.

Suyuqlik vertikal o`q atrofida ω_0 burchak tezlik bilan aylanayotgan idish ichida muvozanat holatida bo`lsin (2.7 - rasm). Bu holda suyuqlik zarralari markazdan qochma kuch va og`irlik kuchlari ta'sirida bo`ladi. Markazdan qochma kuch quyidagiga teng:

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

Uning proyeksiyalari esa quyidagicha topiladi:

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



2.7 - 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

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

bo‘ladi.

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

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

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 tekisliklar bilan kesishganda esa markazi Oz da bo‘lgan konsentrik aylanalar hosil qiladi.

2.6 Hidrostatikaning asosiy tenglamasi

Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamalaridan foydalanib, gidrostatikaning asosiy tenglamasini keltirib chiqaramiz. Buning uchun (2.2) tenglamani dx, dy, dz larga ko‘paytirib, hadma had qo‘shamiz:

$$\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = \rho(Xdx + Ydy + Zdz) \quad (2.8)$$

Tenglamaning chap tomoni bosimning to'liq differensialini ifodalaydi, u holda (2.8) tenglamadan (2.6) tenglamani hosil qilamiz:

$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz) \quad (2.9)$$

Idishda tinch turgan suyuqlikka faqat og'irlik kuchi ta'sirini inobatga olsak u holda birlik massa kuchlarining projektsiyalari:

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

U holda (2.9) dan:

$$dp = -\rho g dz \quad (2.10)$$

Uni integrallasak, $gz = \text{const}$ bo'ladi. 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 bo'lib, u **erkin sirt** bo'ladi. Yuqoridagi (2.10) tenglamani integrallab quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

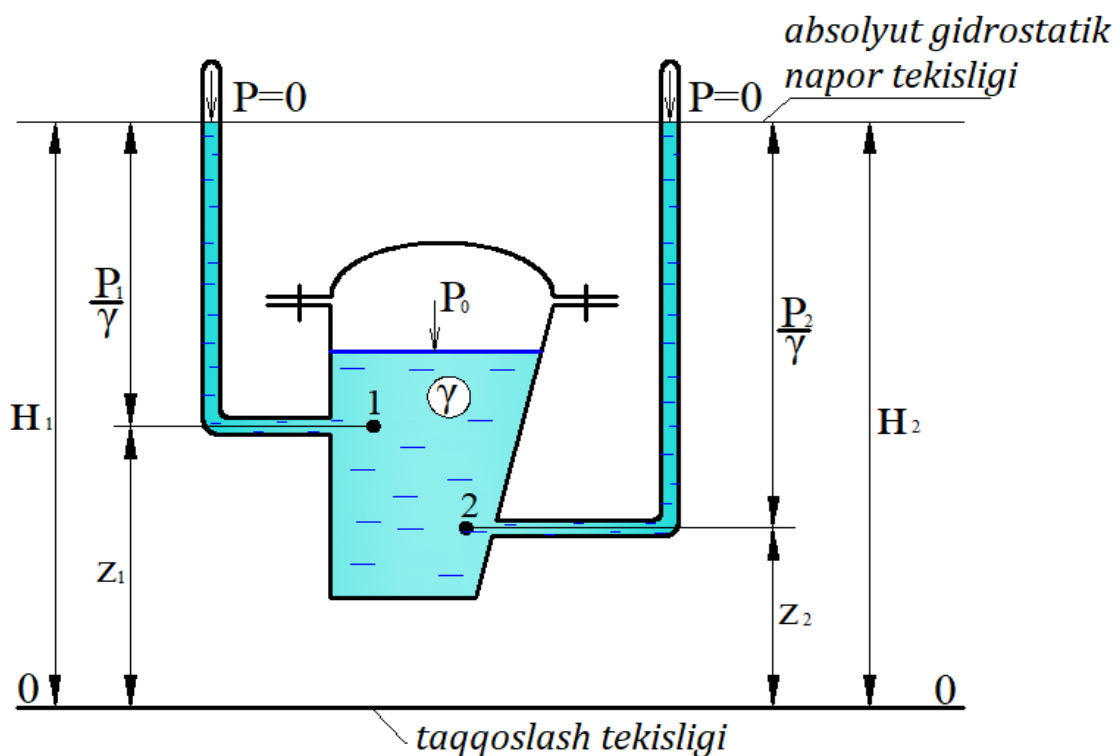
$$z + \frac{p}{\rho g} = \text{const} \quad (2.11)$$

yoki:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \quad (2.12)$$

$\gamma = \rho g$ - suyuqlikning solishtirma og'irligi.

Bu (2.11), (2.12) ifodalarga **gidrostatikaning asosiy tenglamasi** deyiladi. Tenglamaning geometrik va energetik ma'nosini qarab chiqamiz.



2.8-rasm. Hidrostatikaning asosiy tenglamasiga doir chizma

Tenglamaning geometrik ma'nosini bayon etishda (2.8 rasm) quyidagi tushunchalar kiritilgan: z – geometrik balandlik, (m); $\frac{p}{\gamma}$ - pezometrik balandlik, (m);

ikkala handing yig'ndisi H – gidrostatik napor, (m) deyiladi:

$$H = z + \frac{p}{\gamma};$$

Tenglamaning energetik ma'nosini bayon etishda muvozanatdagi suyuqlik uchun potensial energiyani quyidagicha yozamiz:

$$\mathcal{E}_n = mg H; \text{ u holda } H = z + \frac{p}{\gamma}; \text{ ekanligidan}$$

$$\mathcal{E}_n = mg(z + \frac{p}{\gamma}); \text{ yoki } E = \frac{\mathcal{E}_n}{mg};$$

Bu ifodaga solishtirma potensial energiya deyiladi.

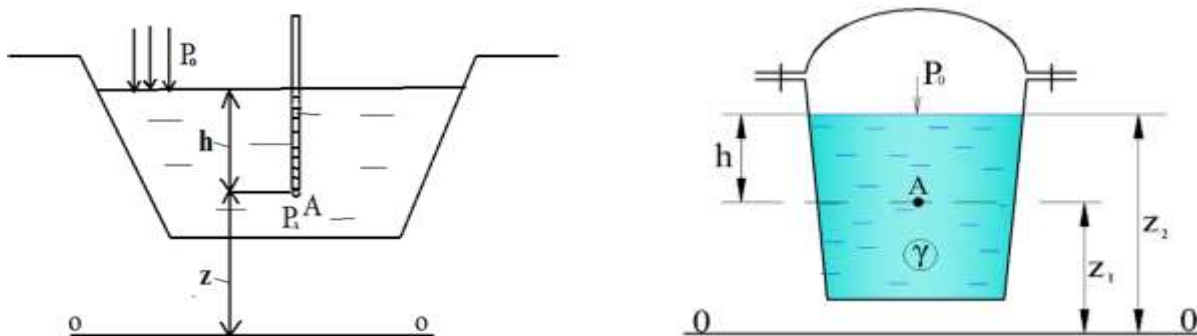
U holda $E = E_1 + E_2 = z + \frac{p}{\gamma}$ - solishtirma potensial energiya ikkita haddan iborat

bo'lib, bu yerda, z – solishtirma holat energiyasi; $\frac{p}{\gamma}$ - solishtirma bosim energiyasi deyiladi.

2.7. Hidrostatika asosiy tenglamasining natijalari

2.7.1. Ixtiyoriy nuqtadagi bosimni aniqlash. Faraz qilamizki, muvozanatdagi suyuqlikning A nuqtasidagi bosimni aniqlash lozim (2.9-rasm). Buning uchun gidrostatikaning asosiy tenglamasini yozamiz:

$$z_1 + \frac{p_A}{\gamma} = z_2 + \frac{p_0}{\gamma}$$



2.9-rasm. Ixtiyoriy nuqtadagi bosimni aniqlashga doir

Yuqoridagi tenglamadan ixtiyoriy A nuqtadagi bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$p_A = p_0 + \gamma(z_2 - z_1)$$

$$z_2 - z_1 = h$$

$$p_A = p_0 + \gamma h$$

Bu yerda: p_A – ixtiyoriy nuqtadagi bosim yoki absolyut bosim deyiladi;

p_0 – tashqi bosim; γh - og'irlik bosimi.

Bu ifodaga ixtiyoriy nuqtadagi bosimni aniqlash formulasi deyiladi va suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosimni, suyuqlik turi va olingan nuqtaning erkin sirtidan qanday masofada ekanligiga qarab aniqlaydi. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagi qonuniyatni ifodalaydi: *suyuqlik ichidagi ixtiyoriy nuqtadagi bosim suyuqlik erkin sirtidagi, bosim p_0 va shu nuqtadagi suyuqlik ustunining bosimi (γh) yig'indisiga teng.*

2.7.1 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 (2.12) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$p = p_a + \gamma h \quad (2.13)$$

Agar suyuqlik ixtiyoriy nuqtasidagi bosim atmosfera bosimidan katta ($p > p_a$) bo`lsa, (2.13) tenglamaning oxirgi hadi manometrik bosim deb ataladi:

$$p_m = \gamma h = p - p_a \quad (2.14)$$

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, $p = p_a$ 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. Manometrik bosim odatda manometrlar orqali o`lchanadi.

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:

$$P_v = \gamma h = p_a - p \quad (2.15)$$

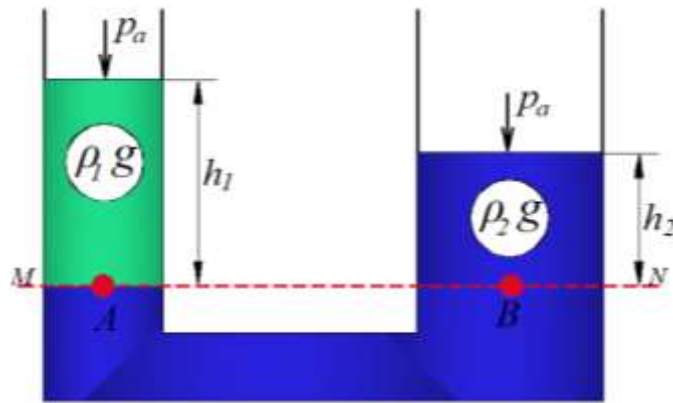
Vakuummetrik bosim nuqtadagi bosimning atmosfera bosimidan qancha kamligini ko`rsatadi va $p = p_a$ da $p_v \rightarrow \infty$; $p \rightarrow 0$ da $p_v \rightarrow p_a$ bo`ladi. Shunday qilib, vakuummetrik bosim 0 dan p_a gacha bo`lgan qiymatlarni qabul qiladi. Vakuummetrik bosim odatda vakuummetrlar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

2.7.2. Tutash idishlar qonuni

Tutash idishlar qonunini bayon etish uchun U-simon idishga bir birlari bilan aralashmaydigan suyuqliklarni quyamiz. Suyuqliklarni tutashgan joyidan $M-N$ tekislik o'tkazamiz. Hidrostatika asosiy tenglamasining birinchi natijasidan ma'lumki, suyuqlikdagi gorizantal tekislikning hamma nuqtalarida bosim bir hil bo'ladi, ya'ni $p_A = p_B$.

Ixtiyoriy nuqtadagi bosimni aniqlash formulasidan A va B nuqtalardagi bosimni aniqlaymiz.

$$p_A = p_a + \rho_1 g h_1; \quad p_B = p_a + \rho_2 g h_2 \quad (2.16)$$



2.10 – rasm. Tutash idishlar qonunini tuchuntirishga doir shizma.

U holda $p_A = p_B$ ekanligidan quyidagi ifodani olamiz.

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

Bu ifodaga *tutash idishlar qonuni* deyiladi.

2.7.3. Paskal qonuni

Suyuqlikning sirtiga ta'sir etayotgan bosim shu suyuqlikning har bir zarrachasi uchun bir xil bo'lib, har tomon bo'yicha bir xil tarqalgan bo'ladi. Ko'rsatilgan 2.11-rasmda P_0 bosim A va B nuqtalarga ham beriladi. Paskal qonuni asosida gidravlik presslar ishlaydi. Agar kichik silindr ichidagi suyuqlik sirtiga porshen orqali F_1 kuch bilan ta'sir etsak, unda porshenni tagida bosim hosil bo'ladi (2.12-rasm).



Inson tafakkur uchun yaratilgan. U uzluksiz, har lahza-soniya tafakkur yuritadi, mulohaza qiladi.

**Blez Paskal
(1623-1662)**

Suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir hil miqdorda uzatiladi. Hidrostatikaning asosiy tenglamasidan:

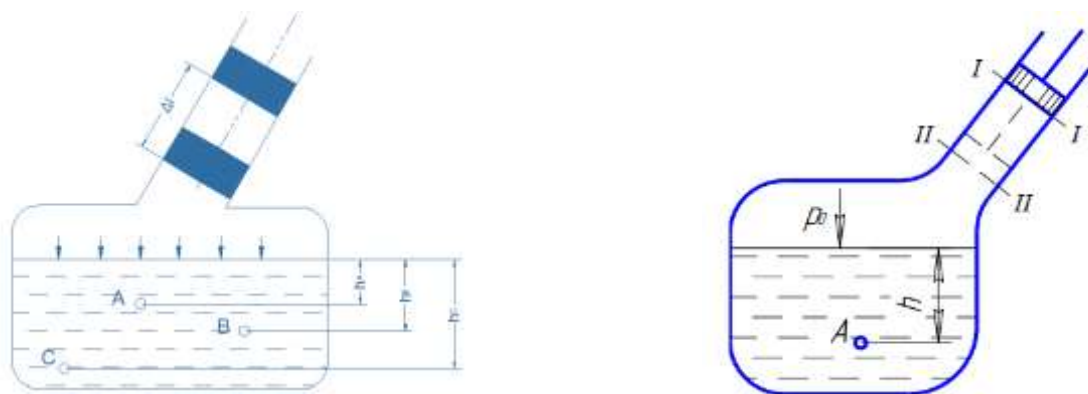
$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \quad (2.17)$$

Birinchi nuqtaning bosimini Δp_1 - miqdorga o'zgartiramiz, u holda, ikkinchi nuqtaning bosimi qandaydir Δp_2 - o'zgaradi.

Demak, $z_1 + \frac{p_1 + \Delta p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2 + \Delta p_2}{\gamma}$ bo'ladi. Keltirilgan ifodani (2.17) bilan solishtirib $\Delta p_1 = \Delta p_2$ ekanligini isbotlaymiz.

Bu holatni quyidagidagi rasmdagi misolda ham ko'rishimiz mumkin. Suyuqlik solingan va og'zi porshen bilan yopilgan biror idish olamiz. Suyuqlik erkin sirtidagi bosim p_0 bo'lsin. Agar porshenni Δl masofaga (2.11 - 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:

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



2.11 - rasm. Paskal qonunini tuchuntirishga doir chizma.

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

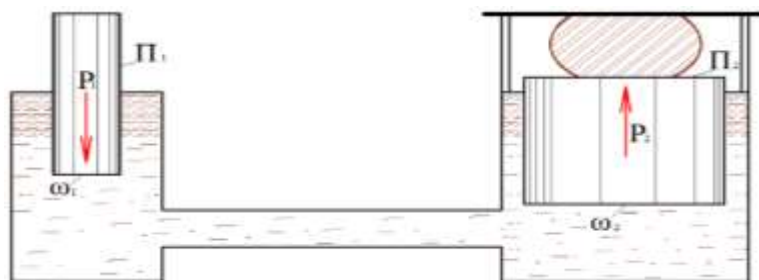
$$\left. \begin{aligned} p'_A - p_A &= \Delta p \\ p'_B - p_B &= \Delta p \\ p'_C - p_C &= \Delta p \end{aligned} \right\}$$

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 va ishlashi ana shu qonunga asoslangan (masalan, gidropress, domkratlar, gidroakkumulyatorlar, hajmiy gidroyuritma va hokazo).



2.12 - rasm. Paskal qonuniga asoslangan gidromashinalardan namunalar

Quyidagi rasmda (2.13–rasm) gidravlik pressning ishlash prinsipi keltirilgan.



2.13 - rasm. Gidravlik pressning ishlash prinsipi

Gidravlik pressdan foydalanishdan asosiy maqsad katta kuch hosil qilishdan iborat. Paskal qonuni bo'yicha bosim suyuqlikning har bir zarrachasiga ta'sir etadi. Demak, bosim P_1 yuzasi ω_2 ga teng bo'lgan porshenga ham ta'sir etadi va uning kuchi $F_2 = P_1 \cdot \omega_2$ teng bo'ladi, ya'ni

$$F_2 = \omega_2 \cdot \frac{F_1}{\omega_1} = F_1 \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (2.18)$$

Ko'pgina gidromashinalarning tuzilishi ana shu qonunga asoslangan (masalan, gidropress, domkratlar, gidroakkumulyatorlar, hajmiy gidroyuritma va hokazo).

2.8 Bosim o'lchov birliklari

Bosimni o'lchash uchun texnikada turli birliklar ishlatiladi:

1. SI sistemasida gidrostatik bosim N/m^2 bilan o'lchanadi. Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati, masalan,

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

Ba'zan bosim Blez Paskal (1620-1662) sharafiga Paskalda (Pa) o'lchanadi, bugungi zamonaviy texnikada barometrlarda atmosfera bosimini o'lchash uchun ko'p qo'llaniladi.

$$1Pa = 1N / m^2$$

Bir Paskal juda kichik miqdor va shuning uchun ko'pincha kilo-Paskal ishlatiladi:

$$1kPa = 1kN / m^2$$

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

2.1 Jadval. Bosim birliklari orasidagi munosibat.

Miqdor	Bosim birliklari orasidagi nisbat.				
	Pa	Bar	mm.simob ustuni	m.suv ustuni	kgk/ sm ²
Pa	1	10^{-5}	$7,5 \cdot 10^{-3}$	10^{-4}	$1,02 \cdot 10^{-5}$
Bar	10^5	1	$7,5 \cdot 10^2$	10	1,02
mm simob. ustuni.	133,3	$1,33 \cdot 10^{-3}$	1	$1,36 \cdot 10^{-2}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$
mm suv. ustuni.	9,8	$0,98 \cdot 10^{-5}$	$7,35 \cdot 10^{-2}$	1	10^{-4}
kgk/sm ²	$9,8 \cdot 10^4$	0,98	$7,35 \cdot 10^2$	10	1

Eslatma: Standart atmosfera qiymati 1.01325 bar (101325 Pa), bu esa 760 mm simob ustuniga teng deb qabul qilinadi.

2.9 Bosim o'lchash asboblari

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

1. Suyuqlik asboblari:

a) *pezometrlar* - idishdagi bosim unga ulangan shisha naychada tekshirilayotgan suyuqlikning ko'tarilishiga qarab aniqlanadi (2.14 - 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:

$$P_a = p_a + \gamma(h + h_o) \quad (2.19)$$

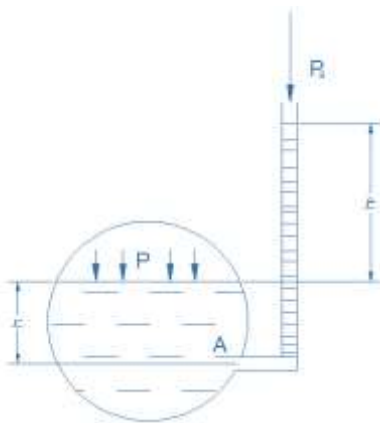
U holda pezometrda suyuqlik erkin sathining balandligi bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$h + h_n = \frac{P_A - P_a}{\gamma}$$

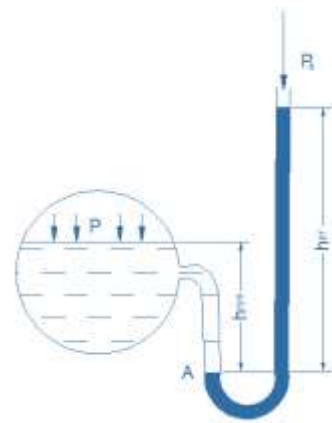
Bunday asboblarda 0,5 atm dan yuqori bo'lmagan kichik chegirma bosimlarni o'lchashda ishlatiladi. Haqiqatda ham 1 atm ga teng bo'lgan bosim 10 m suv ustunning balandligiga teng bo'lgani uchun yuqori bosimlarni o'lchashda juda uzun shisha naychalar ishlatishga to'g'ri kelgan bo'lar edi.

b) *Suyuqlik U-simon manometrlari* - bosim tekshirilayotgan suyuqlik bilan emas, simob ustuni yordamida o'lchanadi (2.15 - 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:

$$P_A = \rho \gamma h_1$$



2.14 - rasm. Pezometr.



2.15 - rasm. U - simon manometr.

Simobli naychadagi qiymatlari orqali esa

$$P_a = P_a + \gamma_{sm} h_{sm}$$

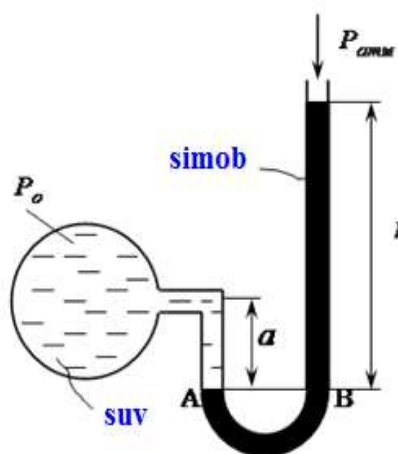
Bu ikki tenglikdan p ni topamiz:

$$P = P_a + \gamma_{sm} h_{sm} - \gamma h_1 \quad (2.20)$$

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

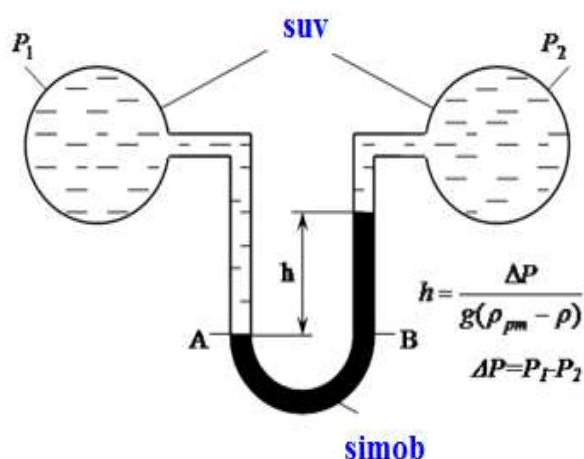
v) *Differentsial manometrlar* - ikki idishdagi bosimlar farqini o'lash uchun ishlatiladi (2.17 - rasm). Bosimlarni p_A va p_B ga teng bo'lgan ikki idish simobli U - simon naycha orqali tutashtirilgan. Bu holda C nuqtadagi bosim birinchi idishdan bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$P_c = \rho_a + \gamma_1 h_1$$



2.16 – rasm
Manometr

$$h = \frac{P_{atm} - P_o}{\rho g} + \frac{\rho \cdot a}{\rho_{fm}}$$

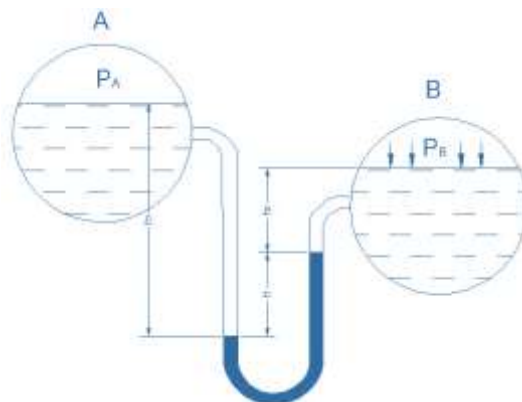


2.17 – rasm

Differentsial manometr

$$h = \frac{\Delta P}{g(\rho_{fm} - \rho)}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2$$



2.18 - rasm. Differentsial manometr.

Ikkinshi idishdagi bosim orqali esa

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

U holda idishlardagi bosimlar farqi

$$p_a - p_b = \gamma_1 (h_2 - h_1) + \gamma_{sm} h \quad (2.21)$$

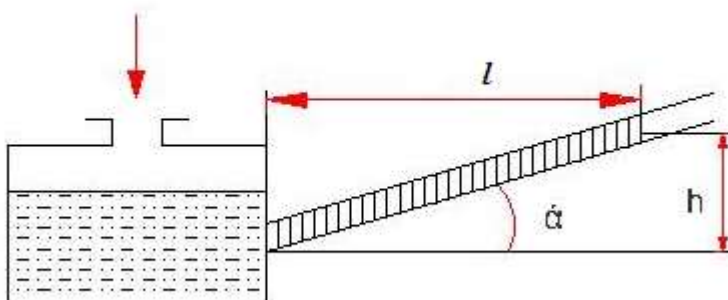
Ikki idishdagi suyuqliklar sathi teng bo`lganda esa $h_2 - h_1 = h$ va

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

g) *Mikromanometr*lar - 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 (2.18 - rasm). U holda idishdagi chegirma bosim quyidagicha aniqlanadi: $p = \gamma h$ bo`lgani uchun

$$p = \gamma l \sin \alpha \quad (2.22)$$

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.



2.18 - rasm. Mikromanometr

d) *Vakuummeter*lar. Tuzilishi xuddi suyuqlik U-simon manometrlariga o`xshash bo`lib, idishdagi siyraklanish darajasini aniqlaydi (2.19-rasm). Hidrostatik bosim tenglamasiga asosan

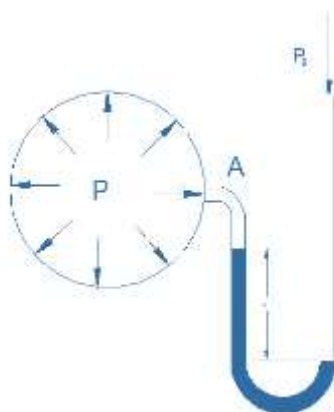
$$p + \gamma_{sm} h_{sm} = p_a$$

u holda

$$p = p_a - \gamma_{sm} h_{sm}; \quad (2.23)$$

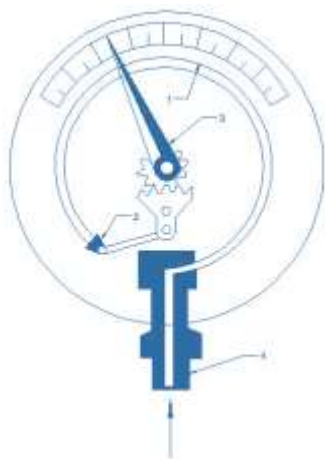
simob ustunining pasayishi idishdagi bosim va p_a orqali quyidagicha ifodalanadi:

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

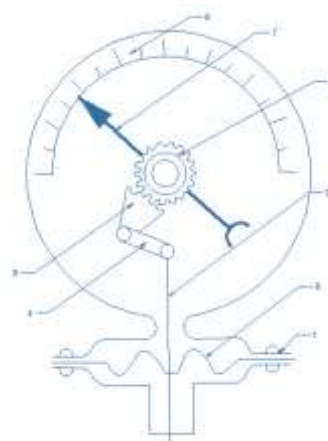


2.19 - rasm. Vakuummeter

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



2.20 - rasm. Prujinali manometr.



2.21 - rasm. Membranali manometr.

a) *Prujinali manometr* (2.20 - 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.

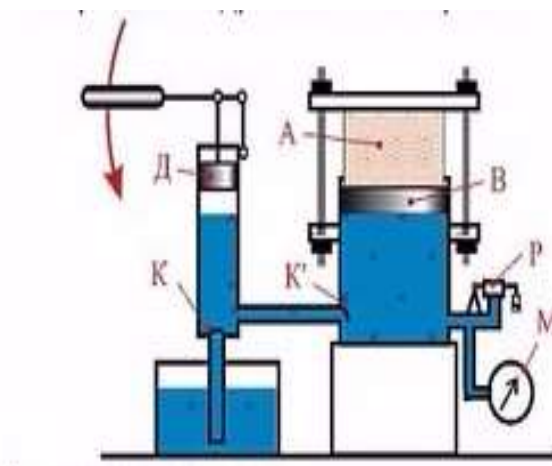
Ikkinchi uchi esa bosimi o`lshanishi zarur bo`lgan idishga bo`yin 4 orqali tutashtiriladi. Egik latun naycha havo bosimi ta'sirida to`g`rilanishga harakat qilib, tishli uzatma yordamida strelkaning burilishiga sabab bo`ladi. Bunday manometrlarda bosimni ko`rsatuvchi shkala bor.

b) *Membranali manometr* (2.21 - rasm) - yupqa metall plastinka yoki rezina shimdirilgan materialdan tayyorlangan plastinkaga ega bo`lib, u membrana deyiladi. Suyuqlik bosimi idish bilan tutashtiruvchi bo`yincha orqali o`tib, membranani egadi. Bu egilish natijasida richaglar sistemasi orqali strelka harakatga keladi va shkala bo`yicha surilib, bosimni ko`rsatadi.

2.10 Hidrostatik mashinalar

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

a) Gidropresslardan (2.22 - rasm) gidrostatik qonunlar asosida katta kuchlar hosil qilish uchun foydalaniladi. Bu narsa presslash, shtamplash, toblash, materiallarni sinash va boshqa ishlar uchun kerak. Texnikada turli xil tuzulishdagi gidropresslardan foydalaniladi (2.23 - rasm). 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.



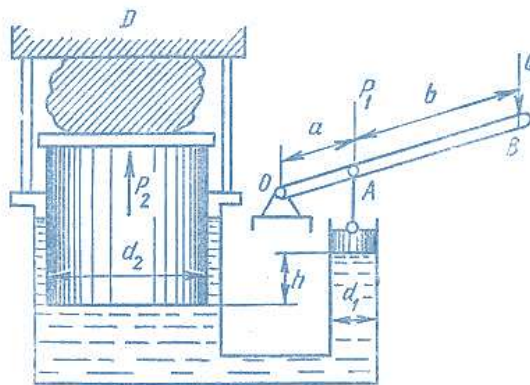
2.22 – rasm. Gidravlik press qurilmasi

A-siqiladigan tanasi; B-katta porshen; D-kichkina porshen;

M-suyuqlik bosimini o`lchash uchun bosim o`lchagich (manometer);

P-xavfsizlik valfi (klapani);

K va K' - klapanlar



2.23 - rasm. Hidroressning sxemasi

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

$$p + \gamma h = \frac{a+b}{a} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h. \quad (2.24)$$

bu yerda: h porshenlarning ostki sirlari orasidagi geometrik masofa.

Natijada katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch quyidagicha topiladi:

$$P_2 = (p + \gamma h) \omega_2 = \left(\frac{a+b}{b} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h \right) \frac{\pi d_2^2}{4}. \quad (2.25)$$

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

$$P_2 = \frac{a+b}{b} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 Q \quad (2.26)$$

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

$$P_2^1 = \frac{a+b}{b} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 Q\eta. \quad (2.27)$$

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 gidroresslarda 500 t gacha kuch hosil qilish mumkin, ayrim hollarda esa (mustahkam materiallarni presslashda) kuch 4000-8000 t ga ham yetadi.

b) Gidroakkumulyatorlar. Gidravlik sistemalarda bosim va suyuqlik sarfining 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.

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

Diafragmani harakatga keltiruvchi kuch:

$$F_1=(p_1-p_2)\omega \quad (2.27)$$

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

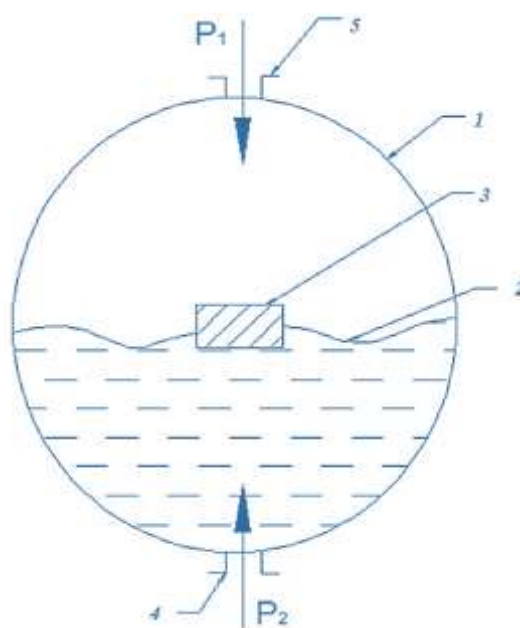
$$p = \frac{(p_1 - p_2)\omega + F_2}{\omega}. \quad (2.28)$$

Bu holda haqiqiy bajarilgan ish

$$A_x = \eta A = \eta \int p \, sh \, dh \quad (2.29)$$

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.



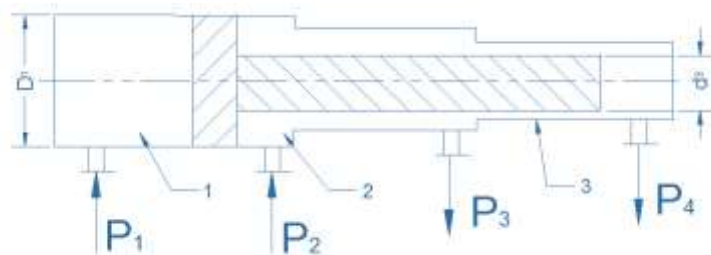
2.24 - rasm. Pnevmatik gidroakkumulyatorning sxemasi.

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. 2.25 - 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

bogʻlangan. Boʻshliq 2 dagi chegirma bosimni hisobga olmaganimizda uchinchi boʻshliqdagi bosim quyidagi formula yordamida hisoblanadi

$$p_3 = p_1 \left(\frac{D_1}{d_3} \right)^2 \eta_g \eta_{mex} \quad (2.29)$$

bu yerda: η_g – gidravlik qarshiliklarini hisobga oluvchi koeffitsiyent; η_{mex} – mexanik qarshiliklarni hisobga oluvchi koeffitsiyent.



2.25 - rasm. Gidromultiplikatorning shizmasi.

Gidromultiplikatorlarning sarfi suyuqlik sarfining miqdoriga qarab hisobga olinadi va ular suyuqlik sarfining kichik qiymatlari uchun ishlatiladi. Suyuqlik sarfi katta oʻzgarishlarga toʻgʻri kelganda bunga qaraganda boshqacharoq sxemalar ishlatiladi.

Amaliy mashgʻulotlarga doir koʻrsatma:

1 - masala. Sisterna suyuqlik bilan toʻldirilgan. Agar sistema $x=3t^2+2t$ tenglama bilan harakatlanayotgan boʻlsa, $t=20$ sekunddan keyin oqim sathining gorizont bilan tashkil etgan burchakni aniqlang.

Yechish:

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

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

2. Sistemaning tezlanishini aniqlaymiz. Buning uchun yoʻldan harakat tenglamasidan ikkinchi tartibli hosila olish kerak.

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

Yuqoridagi formulaga asosan, burchak quyidagiga teng boʻladi:

$$a = \arctg \frac{a}{g} = \arctg \frac{6}{9,81} \approx 31^\circ$$

2 - masala. Diametri $D=2,0$ m ga teng bo'lgan silindrsimon bakka $H=1,5$ m gacha suv va benzin quyilgan. Pezometrda suv sathi benzin sathidan $h=300$ mm past. Bakdagi benzin og'irligini aniqlang, benzin zichligi $\rho_b=700$ kg/m³

Yechimi:

1. Hidrostatikaning asosiy tenglamasiga asosan A nuqtadagi bosim

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

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

Tenglamaning o'ng tomonlarini tenglashtirib, h ni aniqlaymiz:

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

Ma'lumki,

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

u holda

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

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

2. Bakdagi benzin og'irligi:

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

3 - masala. Agar simobli asbobning ko'rsatgichi $h=363$ mm, balandligi $h=1,0$ m bo'lsa, idishdagi havoning absolyut bosimini aniqlash kerak (2.26-rasm). Simobning zichligi $\rho_s=13600$ kg/m³. Atmosfera bosimi 736 mm simob ustuniga teng:

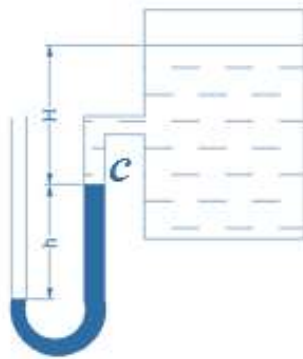
Yechimi:

1. (2.13) formuladan C nuqtadagi bosim

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

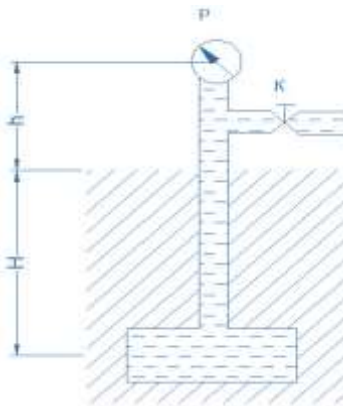
2. Suyuqlik sathidagi bosim

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



2.26 – rasm. Amaliy mashg’ulotga doir

4-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 $\rho_b=700$ kg/m³ bo‘lsa, $H=5$ m chuqurlikka o‘rnatilgan rezervuardagi absolyut bosimni aniqlang (2.27-rasm).



2.27 - rasm. Amaliy mashg’ulotga doir

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:

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

5-masala. Agar kichik yuzali porshenga F_1 kuch bilan ta'sir etilsa, undan suyuqlikka $P_1=F_1/S_1$ bosim uzatiladi. Paskal qonuniga ko'ra bu bosim o'zgarishsiz holda xar tomonga uzatiladi. Jumladan, S_2 yuzali ikkinchi porshenga ham.

Porshenda $P_1=F_1/S_1$ bosim hosil bo'ladi. $P_1=P_2$ dan

$$F_1/S_1=F_2/S_2$$

Bundan

$$F_2=S_2/S_1*F_1$$

Demak, S_2/S_1 nisbat katta bo'lsa, F_2 ham F_1 dan shuncha katta bo'ladi.

Masala yechish namunasi.

Gidravlik press kichik porshening yuzasi 5 sm^2 , katta porshening yuzasi 50 sm^2 bo'lsa bunday press kuchdan necha marta yutuq beradi

Berilgan:

Formulasi:

Yechilishi:

$$S_1=5 \text{ sm}^2$$

$$F_2/S_2=F_1/S_1 \text{ bundan}$$

$$F_2/F_1=50\text{sm}^2/5\text{sm}^2=$$

10marta

$$S_2=50 \text{ sm}^2$$

$$F_2/F_1=S_2/S_1$$

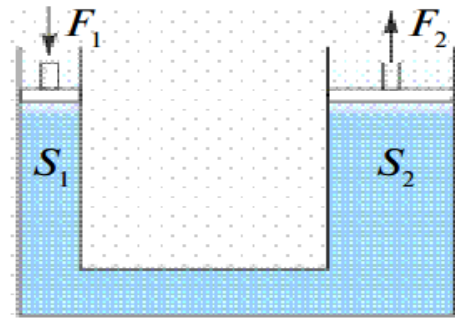
Topish kerak?

$$F_2/F_1=?$$

Javobi; 10 marta

6-masala. Agar kichik yuzali porshenga F_1 kuch bilan ta'sir etilsa, undan suyuqlikka $p_1 = \frac{F_1}{S_1}$

bosim uzatiladi. Paskal qonuniga ko'ra bu bosim o'zgarishsiz holda har tomonga uzatiladi. Jumladan, S_2 yuzali ikkinchi porshenga ham.



Porshenda $p_1 = \frac{F_1}{S_1}$ bosim hosil bo'ladi. $p_1 = p_2$ dan $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$. Bundan

$$F_2 = \frac{S_2}{S_1} F_1$$

Demak, $\frac{S_2}{S_1}$ nisbat katta bo'lsa, F_2 ham F_1 dan shuncha katta bo'ladi.

7-masala.

Okeanning eng chuqur qismidagi bosim taxminan 1100 atm . Ushbu bosimda dengiz suvining zichligini slug/ft^3 birligida toping.

Yechish.

P/P_a nisbati 1100 sifatida berilgan bo'lib, quydagi tenglama suv yoki dengiz suvi uchun amal qiladi:

$$\frac{P}{P_a} \approx (B + 1) \left(\frac{\rho}{\rho_a} \right)^n - B$$

$$1100 \approx (3001) \left(\frac{\rho}{\rho_a} \right)^7 - 3000$$

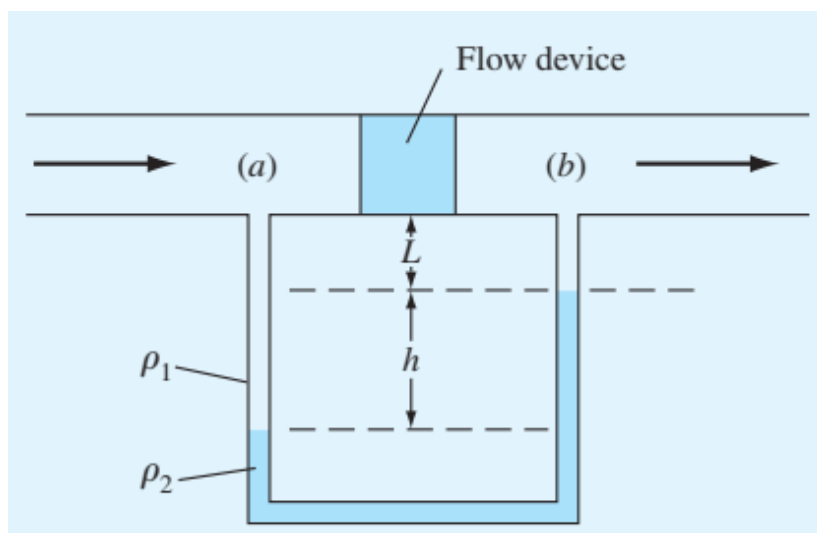
$$\frac{\rho}{\rho_a} = \left(\frac{4100}{3001} \right)^{1/7} = 1.046$$

Dengiz suvining o'rtacha sirt zichligini $\rho_{orr} = 2.00 \text{ slug}/\text{ft}^3$ deb olib, hisoblaymiz:

$$\rho \approx 1.046(2.00) = 2.09 \text{ slug}/\text{ft}^3$$

Hatto shunday katta bosimlarda ham, zichlikning oshishi 5 foizdan kam bo‘ladi, bu esa suyuqlik oqimining mohiyatan siqilmasligini ko‘rsatadi.

8-masala. 2.27-rasmda bo‘lgani kabi ikkita teng uzunlikda bo‘lgan U-shaklidagi naychalar manometrning klassik qo‘llanilishi bo‘lib, ikkita gorizontal nuqtadagi bosim farqini o‘lchash uchun qo‘llaniladi. 2.27-rasmdan foydalanib, bosimlar farqi $p_a - p_b$ ni toping.



2.27 -rasm.

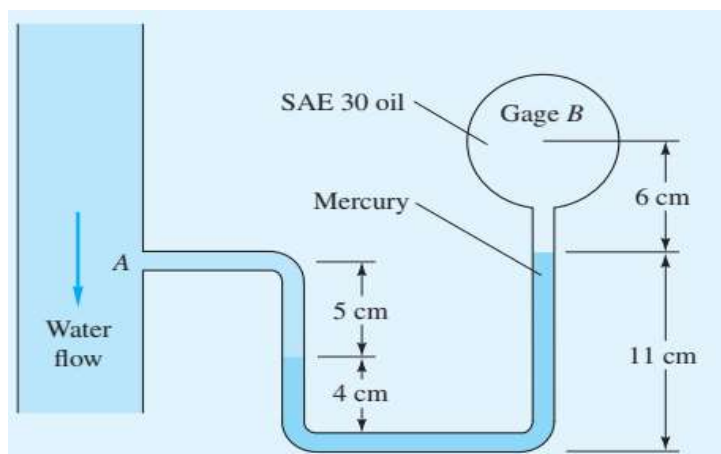
(2.16) tenglamadan foydalanib, (a) nuqtadan boshlang, U-naycha atrofidagi bosim o‘zgarishini baholang va (b) nuqtada tugating:

$$p_a + \rho_1 g L + \rho_1 g h - \rho_2 g L - \rho_2 g h = p_b$$

$$p_a - p_b = (\rho_1 - \rho_2) g h$$

O‘lchov faqat h , manometrda ko‘riladi. L bilan bog‘liq shartlar inobatga olinmaydi. Manometr va ishchi suyuqlik orasidagi zichlik farqining ko‘rinishiga e’tibor bering. Suyuqlik zichligi ρ_1 ni olib tashlamaslik talabalarining odatiy xatosi hisoblanadi - agar har ikkala suyuqlik ham suyuq bo‘lsa, jiddiy xato va agar biri gaz bo‘lsa, unchalik yomon emas. Akademik jihatdan, albatta, bunday xatolik suyuqlik mexanikasi o‘qituvchilari tomonidan har doim jiddiy hisoblanadi.

9-masala. B nuqtadagi bosim o'lgich A nuqtasidagi suv oqimining bosimni o'lchash uchun mo'ljallangan. Agar B nuqtadagi bosim 87 kPa bo'lsa, A nuqtadagi bosimni kPa da hisoblang. Barcha suyuqliklar 20°C da (2.28-rasm).



2.28-rasm

Yechish:

Tizim eskizi: Tizim 2.28 - rasmda ko'rsatilgan.

Taxminlar: Hidrostatik suyuqliklar bir-biri bilan aralashmaydi (2.28-rasmda vertikal "yuqoriga").

Yondashuv: A nuqtadan B nuqtaga o'tish uchun (2.16) tenglamadan ketma-ket foydalanamiz.

O'zgarmas qiymatlari:

$$\gamma_{suv} = 9790 \text{ N/m}^3; \quad \gamma_{simob} = 133,100 \text{ N/m}^3; \quad \gamma_{yogr} = 8720 \text{ N/m}^3$$

Yechish bosqichlari: A dan B gacha tenglama tuzishda "pastga", keyin "yuqoriga":

$$p_A + \rho_w |\Delta z|_w - \gamma_m |\Delta z_m| - \gamma_o |\Delta z|_o = p_b$$

$$p_A + \left(9790 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}\right) (0.05 \text{ m}) - \left(133,100 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}\right) (0.07 \text{ m}) - \left(8720 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}\right) (0.06 \text{ m}) = 87,000$$

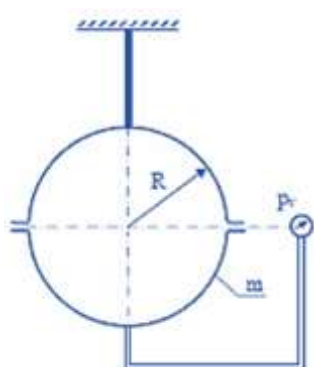
$$p_A + 490 - 9317 - 523 = 87,000$$

$$p_A = 96,350 \text{ N/m}^2 \approx 96.4 \text{ kPa}$$

Izohlar: E'tibor bering, biz N/m^2 birliklarini paskal yoki Pa deb qisqartirdik. Oraliq beshta raqamdan iborat natija, $p_A = 96,350 \text{ Pa}$, ma'lumotlarni uch raqamga yaxlitlaymiz.

Mustaqil yechishga doir masalalar:

1. Suv bilan to'ldirilgan (2.29-rasm), 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?



Berilgan:
 $R = 0,4 \text{ m}$
 $G = 1,5 \text{ kN}$
 $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$

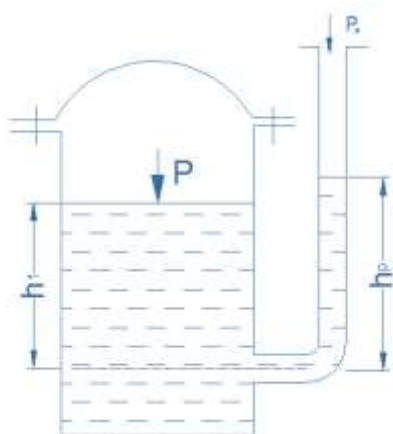
$p_v = ?$

2.29 – rasm. Amaliy mashg'ulotga doir

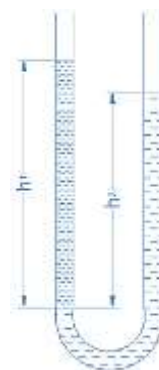
2. Idish tubidagi to'la gidrostatik bosimni toping. Idishning usti ochiq bo'lib, uning erkin sirtidagi bosim atmosfera bosimiga teng.

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: $p = 1,06 \text{ at}$; $h_1 = 60 \text{ sm}$; $p_a = 760 \text{ mm}$ simob ustuniga teng. (2.30 - rasm).



2.30 - rasm. Amaliy mashg'ulotga doir

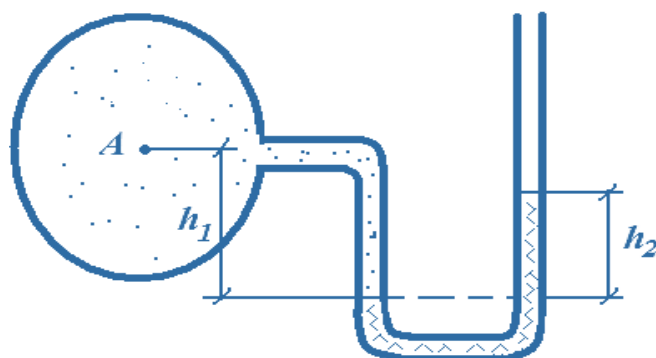


2.31 - rasm. Amaliy mashg'ulotga doir

4. Idishdagi suv sathidagi bosimni aniqlang. Pezometrda suyuqlik balandligi $h_p = 70 \text{ sm}$, $h_1 = 40 \text{ sm}$, $p_a = 100 \text{ kPa}$ (2.30 - rasm).

5. U – shakldagi idishga benzin va suv quyilgan. Agar $h_1 = 70$ sm; $h_2 = 50$ sm bo'lsa, benzin zichligini aniqlang (2.31 - rasm).

6. A quvurdagi suvning manometrik bosimini toping. Pezometrda simob ustuni balandligi $h_2 = 25$ sm va $h_1 = 40$ sm. (2.32 - rasm).



2.32 – rasm. Amaliy mashg'ulotga doir

7. Maxsus germetik yopilgan xonadagi absolyut bosim $P_0=2$ kgk/sm². Xonadagi idishga o'rnatilgan monometr $P_m=1$ at ni ko'rsatmoqda. Idish ichidagi absolyut bosim qancha?

8. Katta idish ichiga kichikroq idish o'rnatilgan bo'lib, ikkala idishlarning qopqoqlari ham germetik yopilgan. Katta idishga o'rnatilgan manometr 2 kgK/sm² ni, kichik idishga o'rnatilgan manometr 3 kgK/sm² ni ko'rsatmoqda. Agar katta idish qopqog'i ochib tashlansa, kichik idishga o'rnatilgan manometr ko'rsatkichi qanday bo'lib qoladi?

9. Tutash idishlarga quyilgan suyuqliklar zichligini nisbatini 2 marotaba oshirsak balandliklar nisbati qanchaga o'zgaradi?

10. Rezervuarda suyuqlik sathidagi bosim $P_0=1.2$ at. Rezervuarda 3 metr chuqurlikdagi A nuqtadagi bosim $P_A=1.6$ at. Suyuqlikning zichligini aniqlang?

11. Germetik yopilgan suv idishi sathidagi absolyut bosim $P_0= 1,6$ kgk/sm². Idishdagi A nuqtaning chuqurligi $h = 2$ m. Agar suv sathidagi bosim $1,4$ kgk/sm². ga o'zgartirilsa, A nuqtadagi bosim qanchaga o'zgaradi?

12. Silindrik shakldagi rezervuarga zichligi ikki hil $\rho_1=800$ kg/m³, $\rho_2=1200$ kg/m³ bo'lgan suyuqlik bir xil qiymatlardagi $h_1=h_2$ chuqurliklarda to'ldirilgan. Agar idish tubiga o'rnatilgan manometr $P_m=60$ kPa bosimini ko'rsatsa, har bir suyuqlikning chuqurligini aniqlang.

13. Silindrik shakldagi rezervuarga zichligi ikki xil $\rho_1=2000$ kg/m³ va ρ_2 suyuqlik $h_1=2h_2=2$ m qiymatlardagi chuqurliklarda to'ldirilgan bo'lib, uning tubiga o'rnatilgan manometr $P_m=0,7$ kgk/sm² bosimini ko'rsatmoqda, ikkinchi suyuqlikning zichligini aniqlang.

3-BO'LIM. GIDROSTATIK BOSIM KUCHINI HISOBLASH

3.1 Tekis sirtga ta'sir qiluvshi gidrostatik bosim kuchi

Amaliyotda ihtiyoriy tekis sirtga ta'sir qiluvshi bosim kuchini aniqlash kerak bo'ladi. Quyidagi fotosuratlarda tekis sirtga ta'sir etayotgan kuchni hisoblash asosida loyihalanadigan va quriladigan inshootlardan namunalar keltirilgan.



Chorvoq suv ombori to'g'oni



Akosombo to'g'oni, Gana



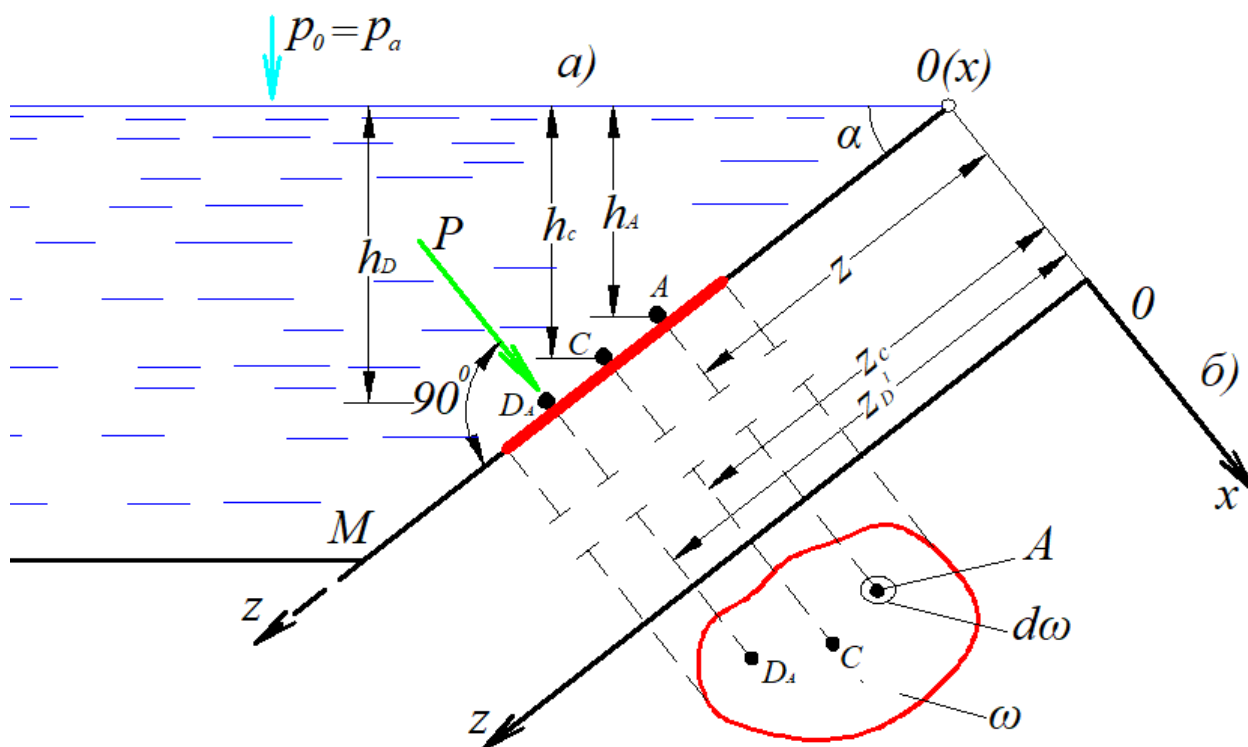
GES Tri Ushelya (Three Gorges Dam), Xitoy



Tekis sirtli suv darvozasi

3.1.1. Ihtiyoriy tekis sirtga ta'sir qiluvshi bosim kuchini hisoblash

Ihtiyoriy tekislikka bo'lgan bosim kuchini aniqlash masalasi quyilgan bo'lsin. Xususiyl holda tekis sirtli darvozalarga (zatvor, shitlarga) ta'sir qiluvshi kushlarni aniqlash xuddi shunday masalaga olib keladi. Hidrostatik bosim kuchini hisoblash ushun quyidagi masalani ko'ramiz. Suyuqlik biror qiya tekislikkga ta'sir etayotgan bo'lsin. Uning gorizont bilan α burshak tashkil etgan qiya sirtida ω yuzaga tushadigan bosim kuchini aniqlaymiz. Oz o'qini qiya sirt yo'nalishi bo'yisha, Ox o'qini esa unga tik yo'nalishda deb qabul qilamiz (3.1 - rasm).



3.1-rasm. Hidrostatik bosim kuchini aniqlashga doir chizma

Bu holda, utgan mavzulardan malumki ω sirdagi kichik $d\omega$ sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kushi quyidagisha aniqlanadi:

$$dP = p_A d\omega$$

p_A - A nuqtadagi gidrostatik bosim: $p_A = p_a + \gamma h$.

bu yerda γh - suyuqlik ustunining (oqirlik) bosimi; p_a - erkin sirdagi bosim.

Chizmadan, $h = z \sin \alpha$ ekanligini inobatga olib,

$$dP = (p_a + \gamma h) d\omega = p_a d\omega + \gamma h d\omega = p_a d\omega + \gamma z \sin \alpha d\omega$$

bu erda: α - devor qiyaligi, h - suyuqlik chuqurligi.

U holda, oxirgi ifodani integrallab, ω yuzaga ta'sir qilayotgan to'la bosim kuchi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$P = p_a \int_{\omega} d\omega + \gamma \sin \alpha \int_{\omega} z d\omega$$

Ifodani hadma had integrallaymiz

$$\int_{\omega} d\omega = \omega; \quad \int_{\omega} z d\omega = (St) = z_c \omega$$

$(St)_{Ox}$ - tekis shaklning Ox o'qqa nisbatan statik momenti;

z_c - shaklning og'irlik markazi koordinatasi.

$z_c \sin \alpha = h_c$ bo'lgani uchun:

$$P = p_a \omega + \gamma \omega z_c \sin \alpha$$

yoki

$$P = p_a \omega + \gamma h_c \omega$$

h_c - og'irlik markazi chuqurligi.

$$P = (p_a + \gamma h_c) \omega$$

Atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan (og'irlik) bosim hisobiga paydo bo'ladigan gidrostatik bosim kuchi:

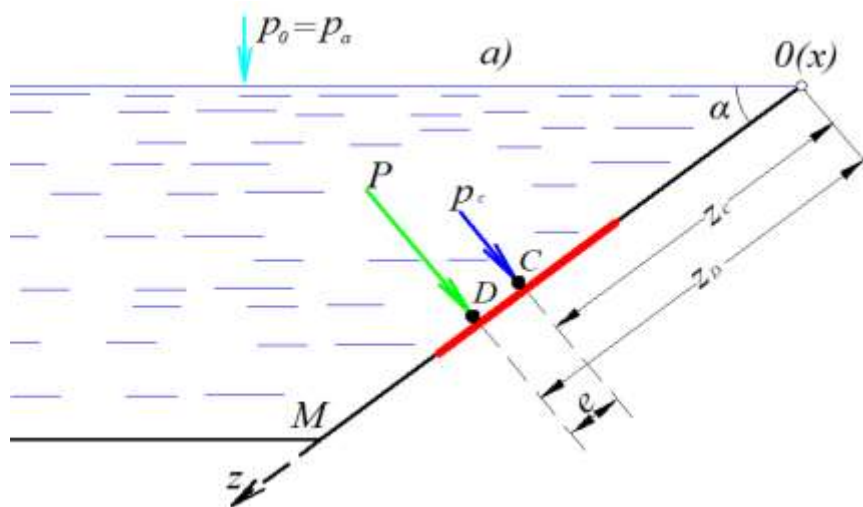
$$P = \gamma h_c \omega = p_c \omega, \quad (3.1)$$

Demak, *ihtiyoriy tekis yuzaga ta'sir etayotgan bosim kushi shu tekis sirt yuzasini tekis sirt og'irlik markaziga ta'sir qiluvshi bosimga ko'paytmasiga teng.*

3.2 Bosim markazini aniqlash

Gidrostatik bosim kuchining teng ta'sir etuvchisining qo'yilgan nuqtasi bosim markazi deb ataladi. Bu nuqtani topish amaliyotda inshootlarning o'lchamlarini aniqlash uchun kerak bo'ladi. Shuning uchun bosim markazi koordinatasini topish inshootlarni hisoblashda juda zarur.

Bosim markazi koordinatasini aniqlasda Varinon teoremasidan foydalanamiz.



3.2-rasm. Bosim markazini aniqlashga doir chizma

Keltirilgan 3.2- rasmdan bosim markazining koordinatasi z_D ga teng deb hisoblab, **Varinon teoremasidan foydalanib O nuqtaga nisbatan kuch momentini aniqlaymiz:**

$$\int_{\omega} (pd\omega)z = Pz_D$$

$$\int_{\omega} (\gamma h d\omega)z = (\gamma h_C)z_D$$

$$\int_{\omega} (\gamma \sin \alpha z d\omega)z = (\gamma \sin \alpha z_C \omega)z_D$$

$$z_D = \frac{\int z^2 d\omega}{z_C \omega} = \frac{I_{Ox}}{(St)_{Ox}}$$

bu yerda: $I_{ox} = \int_{(\omega)} z^2 d\omega$ – ko`rilayotgan sirtning Ox o`qqa nisbatan inertsiya momenti.

$$\int_{\omega} z^2 d\omega = I_{Ox}$$

$$(St)_{Ox} = z_C \omega$$

$$z_D = \frac{I_{Ox}}{(St)_{Ox}} = \frac{I_C + z_C^2 \omega}{z_C \omega} = z_C + \frac{I_C}{z_C \omega}, \quad (3.2)$$

$$e = \frac{I_C}{(St)_{Ox}} = \frac{I_C}{z_C \omega}$$

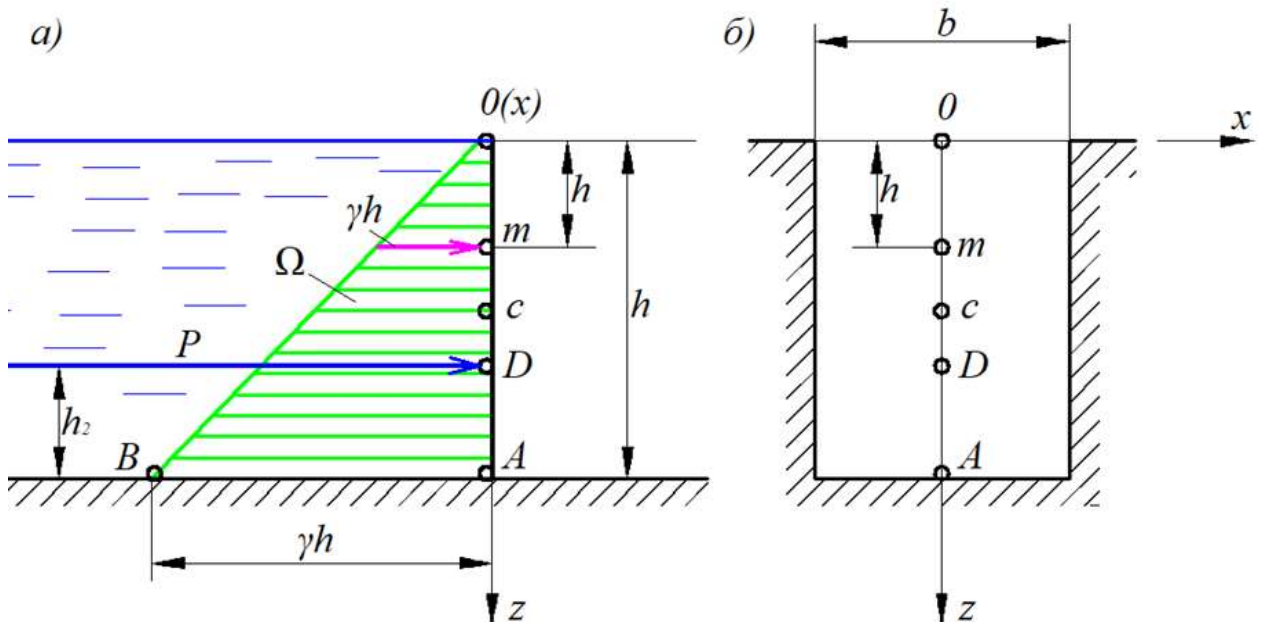
$$z_D = z_C + e$$

Bu tenglamadan (3.2) ko`rinadiki, bosim markazi ko`rilayotgan qiya sirt og`irlik markazidan ***e*-ekssentrisitet** 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).

3.3 Ihtiyoriy tekis sirtga ta'sir qiluvshi bosim kuchini grafoanalitik usulda hisoblash

Grafoanalitik usulda hisoblash quyidagicha amalga oshiriladi. Buning uchun 3.3-rasmda keltirilgan masalani ko`rib chiqamiz. Faraz qilamizki to`g`ri burchakli vertikal tekis sirtga ta'sir etayotgan og`irlik bosimi ta'siridagi kuchni hisoblash kerak. Masala quyidagi tartibda yechiladi:

1. Chizma masshtabda chiziladi; 2. Bosim epyurasi quriladi;



3.3-rasm. To`g`ri to`rtburchak shakldagi devor uchun gidrostatik bosim epyurasi

3. Bosim epyurasining hajmi aniqlanadi;

$$P = V_{\rho}$$

Grafoanalitik usulda gidrostatik bosim epyurasining hajmi gidrostatik bosim kuchiga teng. U holda gidrostatik bosim kuchini quyidagicha aniqlaymiz:

$$P = V_{\rho} = \Omega b = \frac{1}{2} \gamma b h h = \frac{1}{2} \gamma b h^2, \quad (3.3)$$

Ω - bosim epyurasining yuzasi;

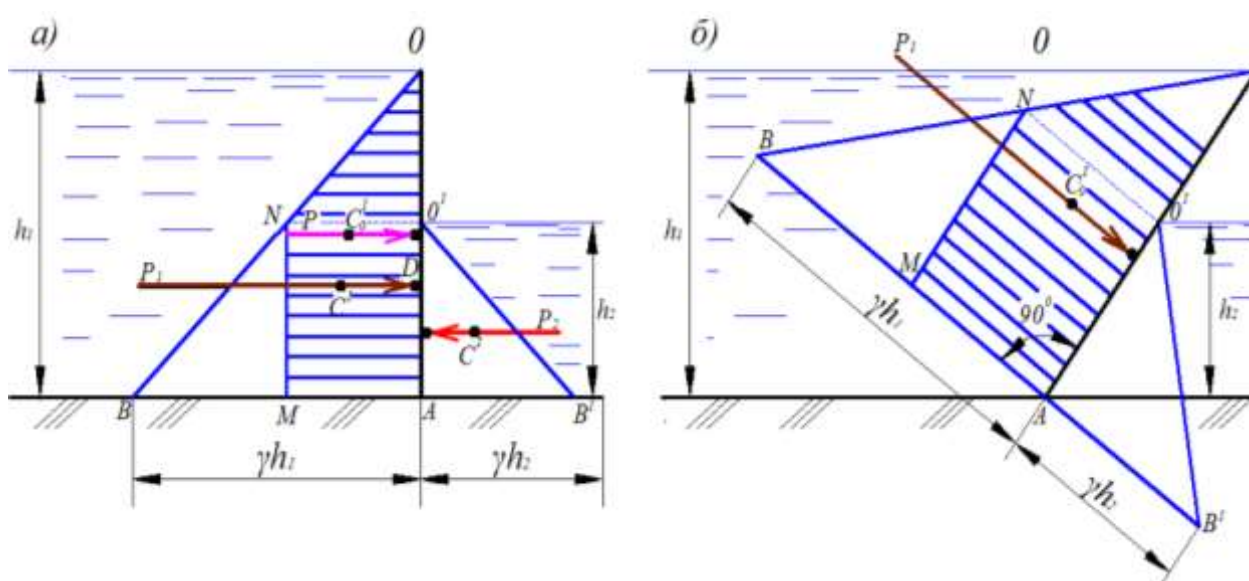
Huddi shu masalani analitik usulda ham ko'rib chiqamiz. U holda gidrostatik bosim kuchi quyidagicha (3.1) aniqlanadi:

$$P = \gamma h_c \omega = \gamma \frac{h}{2} b h = \frac{1}{2} \gamma b h^2;$$

Demak ikkala usulda ham bir hil natijaga erishdik. Shunday qilib, grafoanalitik usulda gidrostatik bosim epyurasining hajmi gidrostatik bosim kuchiga teng.

Grafoanalitik usulda bosim markazini aniqlashda bosim epyurasining og'irlik markazini aniqlash lozim bo'ladi. Gidrostatik bosim kuchining ta'sir chizig'i bosim epyurasining og'irlik markazidan o'tadi. Bu holatni quyidagi misollarda ko'ramiz.

To'g'ri to'rtburchak shakldagi devorga suyuqlik ikki tomondan ta'sir ko'rsatsa



3.4-rasm. Bosim markazini analitik usulda aniqlashga doir

3.4 Hidrostatik g`ayritabiiylik (paradoks)

Har xil shakldagi idishlardagi suyuqlikning shuqurligi 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.

3.5 - rasmda har xil shakldagi idishlar tasvirlangan va barsha idishlardagi suyuqlikning shuqurligi h ga, idish tubining sirti esa ω ga teng.

Bu holda idish tubiga bo`lgan bosim kuchi idishlarda

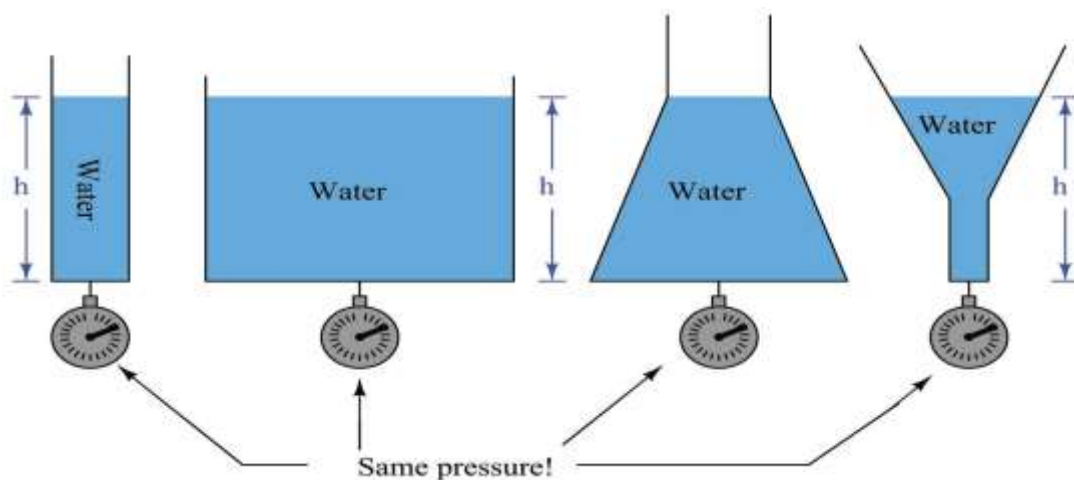
$$P_A = \gamma h \omega; \quad P_B = \gamma h \omega; \quad P_C = \gamma h \omega. \quad (3.4)$$

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

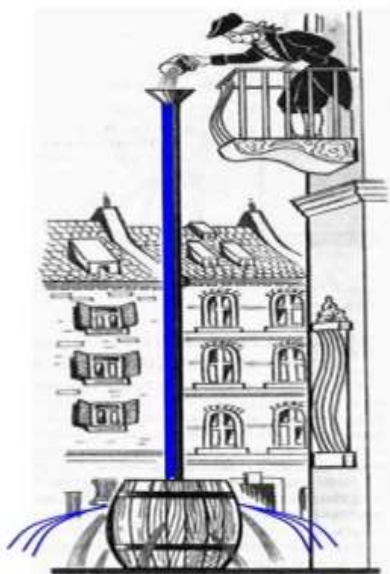
$$P = \gamma h \omega$$

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

Gidravlika qonunlari bo`yisha suyuqlikdagi bosim uning shakliga bog`liq bo`lmay, uning shuqurligiga bog`liq. Bu hodisa gidrostatik g`ayritabiiylik deb ataladi. Bu savolga javob olish ushun Paskal qonunini shuqurroq talqin qilish kerak. Ana shu hodisalar gidrostatik g`ayritabiiylikning mohiyatini ochib beradi.



3.5 - rasm. Hidrostatik paradoksga doir chizma



Paskal masalasi. Balkonga chiqib, Paskal trubkani suv bilan to‘ldira boshladi. U tushunarsiz kuch bilan parchalandi. Paskal ishonch hosil qiladi: ha, bochkani parchalagan kuch kolbadagi suv miqdoriga umuman bog‘liq emas. Bu kolbaning to‘ldirilgan balandligiga boqliq ekan. Shunday qilib, u o‘z nomini olgan qonun kashfiyotiga keldi.

Amaliy mashg‘ulotlarga doir ko‘rsatma

1 – Masala. Rezervuar qopqog‘iga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi (*GBK*) ni va bosim markazini quyidagi holatlarda aniqlang (3.6-rasm) .

1. Diametri $D = 1\text{ m}$. Manometr ko‘rsatgichi $P_m = 0.08\text{ MPa}$, $H_0 = 15\text{ m}$.

Berilgan

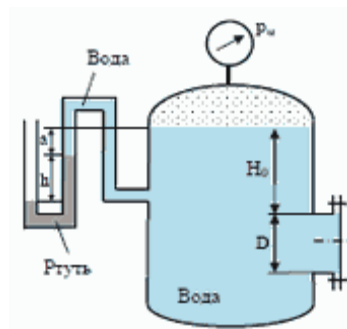
$$H_0 = 1.5\text{ m}$$

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

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

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

$$GBK = ?$$



3.6 – rasm.

Yechish

Birinchi holat uchun

1) Qopqoqning og‘irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

2) Qopqoq yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \pi d^2 / 4 = 0.785 * 1^2 = 0.785 \text{ m}^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

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

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:

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

bu yerda: p_o – tashqi bosim,

$$p_o = p_m + p_a$$

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:

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

Berilgan qiymatlarni qo'yib, gidrostatik bosim kuchini hisoblaymiz:

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

4. Bosim markazini aniqlaymiz:

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

bu yerda:

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

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 burshak ostida joylashgan bo‘lsa z_d ni aniqlaymiz:

bu yerda: $H_0 = 1,5$, $a = 1,4$ m, $b = 1,2$ m

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

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

u holda

$$h_d = z_d \sin \alpha = 2,17m$$

Bunday hollarda bosim markazini aniqlashning bir qulay usuli bor (Mazkur usul mualliflar tomonidan taklif qilingan). Burshak ostida joylashgan tekis shakl vertikal tekislikka proyeksiyalanib, bosim markazi (3.2) formula bilan hisoblanadi:

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

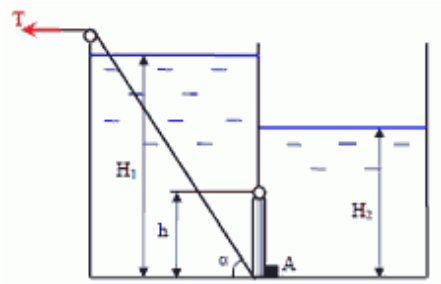
bu yerda: J_0^1 – tekis shakl proyeksiyasining inertsia momenti;

ω^1 – tekis shaklning vertikal tekislikka proyeksiyasi.

U holda,

$$h_D = 2,17 m$$

4 – Masala. Ikki qismga ajratilgan rezervuar o‘rtasiga bo‘yi $h = 0,4$ m, eni $b = 0,8$ m bo‘lgan shit o‘rnatilgan. Suvning chuqurliklari $H_1 = 1,6$ m, $H_2 = 1,0$ m, $\alpha = 60^\circ$, $\rho = 1000$ kg/m³. Shitni ochish uchun kerak bo‘lgan T kuchi va A tayanchdagi reaksiya kuchini aniqlang (3.7-rasm).



Berilgan:

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

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

$$\alpha = 60$$

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

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

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

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

3.7-rasm. Amaliy mashg'ulotga doir

Yechish:

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

$$P_{c1} = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \left(H_1 - \frac{h}{2}\right) = 10 \cdot 1,4 = 14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- 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.

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

$$h_{c2} = 0,8 \text{ m}; \quad \omega_2 = 0,32 \text{ m}^2$$

$$J_2 = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,8 \cdot 0,4^3}{12} = 0,0042$$

$$h_{d2} = 0,8 + \frac{0,0042}{0,8 \cdot 0,32} = 0,816m$$

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

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

$$T = \frac{P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 - h)] + P_2 \cdot [H_2 - h]}{h \cdot \cos \alpha} = \frac{14 \cdot [1,409 - (1,6 - 0,4)] - 8 \cdot [0,816 - (1 - 0,4)]}{0,4 \cdot 0,5}$$

$$= \frac{14 \cdot 0,209 - 8 \cdot 0,216}{0,2} = \frac{2,926 - 1,728}{0,2} = \frac{1,198}{0,2} = 6kN$$

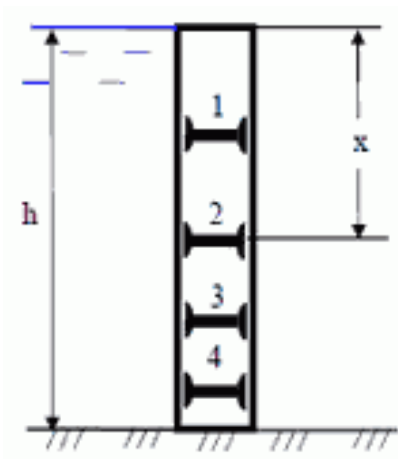
10) A nuqtadagi reaksiya kuchini aniqlaymiz.

$$\sum M_0 = 0$$

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

$$R_A = \frac{P_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 h)] - P_2 \cdot [h_{d2} - (H_2 - h)]}{h} = \frac{2,926 - 1,728}{0,4} = \frac{1,198}{0,4} = 4,95kN$$

Javob: $T = 6 kN$ $R_A = 4.95 kN$



3.8-rasm. Amaliy mashg'ulotga doir

5 – Masala. Eni $b = 6 m$ bo'lgan ikki qavat shit orasiga balkalar joylashtirilgan (3.8-rasm). Suvning chuqurligi va shitning balandligi $h = 4 m$. Zo'riqish bir xilda taqsimlanishi uchun x qanday masofada bo'lishi kerak?

Berilgan:

$$h = 4 m$$

$$b = 6 m$$

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

$$x = ?$$

Yechish:

1) Shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz

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

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.

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

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

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

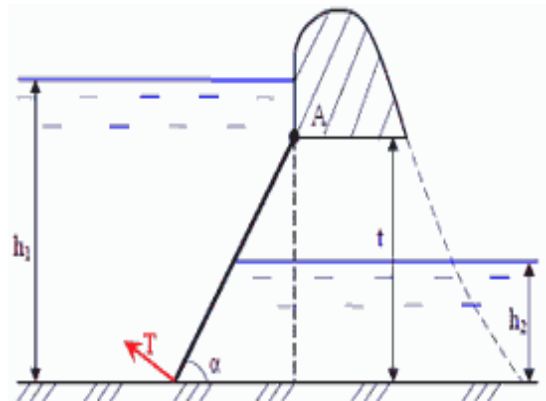
$$h_d = 2 + \frac{4}{2 \cdot 24} = 2,083 \text{ m} \rightarrow h_d = X = 2,083 \text{ m}$$

Javob: $X = 2,083 \text{ m}$

6 – Masala. To'g'onning suv chiqish qismida eni $b = 6 \text{ m}$ bo'lgan shit o'rnatilgan (3.9-rasm). 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.



3.9-rasm. Amaliy mashg'ulotga doir

Berilgan

$$h_1 = 23 \text{ m}, \quad h_2 = 11.5 \text{ m}, \quad t = 17.25 \text{ m}, \quad b = 6 \text{ m}, \quad \alpha = 45^\circ, \quad G = 100 \text{ kN}$$

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

Yechish:

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

$$p_{c1} = \gamma \cdot h_{c1} = \gamma \left[(h_1 - t) + \frac{t}{2} \right] = 10 \cdot \left[(23 - 17,25) + \frac{17,25}{2} \right] = 10 \cdot 14,25 = 142,5 \text{ kN/m}^2$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_1 = \frac{t}{\sin \alpha} \cdot b = \frac{17,5}{0,707} \cdot 6 = 148,5m^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_1 = p_{c1} \cdot \omega_1 = 142,5 \cdot 148,5 = 21161,25kN$$

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

$$p_{c2} = \gamma \cdot h_{c2} = \gamma \cdot \frac{h_2}{2} = 10 \cdot \frac{11,5}{2} = 57,5 \frac{kN}{m^2}$$

5) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha} \cdot b = \frac{11,5}{0,707} \cdot 6 = 97,9m^2$$

6) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_2 = p_{c2} \cdot \omega_2 = 57,5 \cdot 97,6 = 5612kN$$

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

$$\sum_x = P_{um} = P_1 - P_2 = 21161,25 - 5612 = 15549,25kN$$

8) Yuqori b'efdagi bosim markazini aniqlaymiz.

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

$$Z_{c1} = \frac{h_{c1}}{\sin \alpha} = \frac{14,25}{0,707} = 20,15m$$

$$\omega_1 = 148,5m^2$$

$$J_1 = \frac{b}{12} \cdot \left(\frac{t}{\sin \alpha}\right)^3 = \frac{6}{12} \cdot \left(\frac{17,25}{0,707}\right)^3 = 0,5 \cdot 14524,7 = 7262,38$$

$$Z_{d1} = 20,15 + \frac{7262,68}{20,15 \cdot 148,5} = 22,57m$$

9) Pastki b'efdagi bosim markazini aniqlaymiz.

$$Z_{d2} = Z_{c2} + \frac{J}{Z_{c2} \cdot \omega_2} = 8,13 + \frac{2151,8}{8,13 \cdot 97,6} = 10,84m$$

$$Z_{c2} = \frac{h_{c2}}{\sin \alpha} = \frac{5,75}{0,707} = 8,13m$$

$$\omega_2 = 97,6m^2$$

$$J = \frac{b}{12} \cdot \left(\frac{h_2}{\sin \alpha}\right)^3 = \frac{6}{12} \cdot \left(\frac{11,5}{0,707}\right)^3 = 0,5 \cdot 4303,6 = 2151,8m$$

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

$$\sum M_0 = 0$$

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

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

$$= \frac{21161,25 \cdot [22,57 - (\frac{23,5 - 17,25}{0,707})] - 5612 \cdot [10,84 + (\frac{17,25 - 11,5}{0,707})]}{15549,25}$$

$$= \frac{21161,25 \cdot 13,73 - 5612 \cdot 18,97}{15549,25} = \frac{184084,32}{15549,25} = 11,83m$$

$$l = 11,83m.$$

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

$$\sum M_0 = 0$$

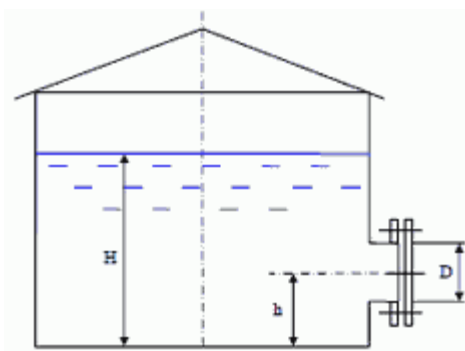
$$T \cdot \frac{t}{\sin \alpha} - P_{um} \cdot l - G \cdot \frac{t}{2 \cdot \sin \alpha} = 0$$

$$T = \frac{P_{um} \cdot l - G \cdot \frac{t}{2 \cdot \sin \alpha}}{\frac{t}{\sin \alpha}} = \frac{15549,25 \cdot 11,83 - 100 \cdot \frac{17,25}{2 \cdot 0,707}}{\frac{17,25}{0,707}}$$

$$= \frac{183947,62 - 1219,94}{24,398} = 7489,4kN$$

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

7 – 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. Ruksat 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.

$$p_c = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot (H - h) = 8,6 \cdot (8 - 0,5) = 0,86 \cdot 7,5 = 64,5 \frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = 0,785 \cdot 0,75^2 = 0,44 m^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P = p_c \cdot \omega = 64,5 \cdot 0,44 = 28,48 kN$$

4) Kuchni boltlarga taqsimlaymiz.

$$Q = \frac{P}{n} = \frac{28,48}{12} = 2,37 kN = 237 kgk$$

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

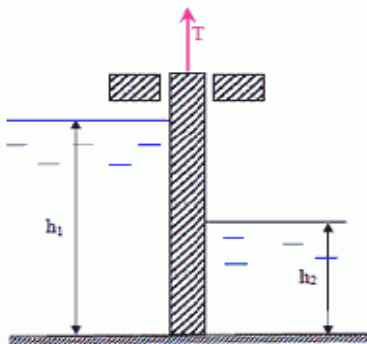
$$G = \frac{Q}{\omega_b} \leq [G]$$

$$\omega_b = \frac{Q}{[G]}; \omega_b = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q}{[G]} \cdot \frac{4}{\pi}} = \sqrt{\frac{237}{700} \cdot \frac{4}{3,14}} = 0,65 sm$$

$$d \geq 0,65 sm = 6,5 mm$$

8 – Masala. Suvni to'sib turgan zatvorning o'lchamlari: bo'yi $a = 4 m$, eni $b = 2 m$ va qalinligi $c = 0.2 b$ chap tomonidagi suvning chuqurligi $h_1 = 3 m$, o'ng tomonidagi suvning chuqurligi $h_2 = 1.5 m$. Zatvor metaldan tayyorlangan $\gamma_m = 75 kN/m^3$. Ishqalanish koeffitsiyenti $f = 0.4$. Suvning solishtirma og'irligi $\gamma = 10 kg/m^3$ bo'lsa zatvorni ko'taruvchi dastlabki kuch T ni aniqlang?



Berilgan:

$$a = 4 m, b = 2 m, c = 0.2b$$

$$h_1 = 3 m, h_2 = 1.5,$$

$$\gamma_m = 75 kN/m^3$$

$$f = 0.4$$

$$T = ?$$

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

$$p_{c1} = \gamma \cdot h_c = \gamma \cdot \frac{h_1}{2} = 10 \cdot \frac{3}{2} = 10 \cdot 1,5 = 1,5 \frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

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

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

$$P_{c2} = \gamma \cdot h_{c2} = \gamma \cdot \frac{h_2}{2} = 10 \cdot \frac{1,5}{2} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \frac{kN}{m^2}$$

5) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega_2 = h_2 \cdot b = 1,5 \cdot 2 = 3m^2$$

6) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$P_2 = p_{c2} \cdot \omega_2 = 7,5 \cdot 3 = 22,5kN$$

7) Zatvorning og'irlik kuchini aniqlaymiz.

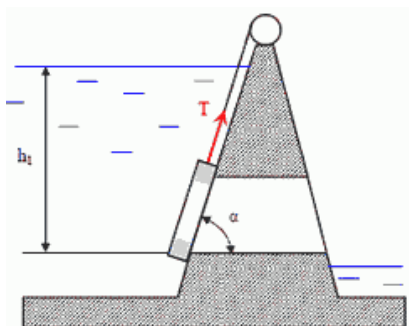
$$G = \gamma_m \cdot W = \gamma_m \cdot a \cdot b \cdot 0,2b = 75 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 2 = 75 \cdot 3,2 = 240kN$$

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 : $T \geq 285kN = 25,5Tk$

9 – 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 $h_1 = 10$ m, shitning massasi $m = 2$ t, $f = 0.3$ suvning solishtirma og'irligi $\gamma = 10$ kH/m³ bo'lsa shitni ko'taruvchi T kuchni aniqlang?



Berilgan:

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

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

$$T = ?$$

Yechish:

1) Shitning 0 og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

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.

$$P_A = \gamma \cdot W = \gamma \cdot a \cdot b \cdot 0,25b = 1 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 0,4 = 1,28Tk$$

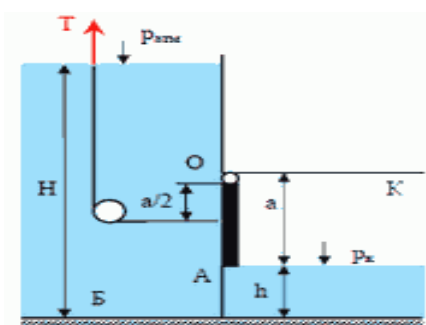
5) Shitni yuqoriga ko'taruvchi T kuchni aniqlaymiz.

$$T \geq m \cdot \cos \alpha + F \cdot f - P_A = 2 \cdot 0,5 + 33,25 \cdot 0,3 - 1,28 = 1 + 9,975 - 1,28 = 9,7Tk$$

Javob: $T \geq 9,7Tk = 97kN = 97000N$

10 – Masala. B Rezervuardan suvni 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 $P_k = 0.01at = 1000$ Pa, $h = 0.8$ 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.

$$P_c = P_{at} + \gamma \cdot h_c = P_{at} + \gamma \cdot (H - h - \frac{a}{2}) = 100 + (10 - 0,8 - \frac{1,2}{2}) = 100 + 10 \cdot 8,6 = 186 \frac{kN}{m^2}$$

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = ab = 1,2 \cdot 0,6 = 0,72m^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega - P_k \cdot \omega = (P_c - P_k) \cdot \omega = (186 - 1) \cdot 0,72 = 185 \cdot 0,72 = 133,2kN$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

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

$$J = \frac{b \cdot a^3}{12} = \frac{0,6 \cdot 1,2^3}{12} = 0,0864$$

$$h_c = 8,6m; \omega = 0,72m^2$$

$$h_d = 8,6 + \frac{0,0864}{8,6 \cdot 0,72} = 8,61m$$

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

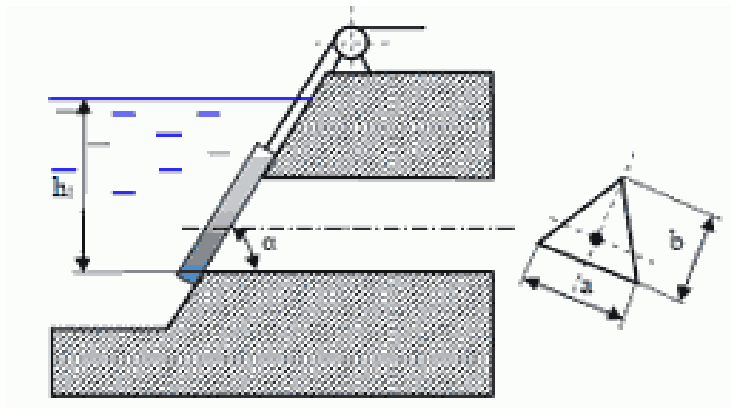
$$\sum M_0 = 0$$

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

$$T = \frac{F \cdot (h_d - H - h - a) \cdot 2}{a} = \frac{133,2 \cdot (8,61 - 8)}{1,2} = \frac{133,2 \cdot 0,61}{1,2} = 135,42 \text{ kN}$$

Javob: $T \geq 135,4 \text{ kN} = 13,54 \text{ Tk}$

11 – Masala. Uchburchak shaklidagi suv tashlama zatvorning asosi $a = 12 \text{ m}$, balandligi $b = 1,5 \text{ m}$, qiyaligi $\alpha = 45^\circ$, suvning chuqurligi $h = 9,5 \text{ m}$ $\rho = 1000 \text{ kh/m}^3$ 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.

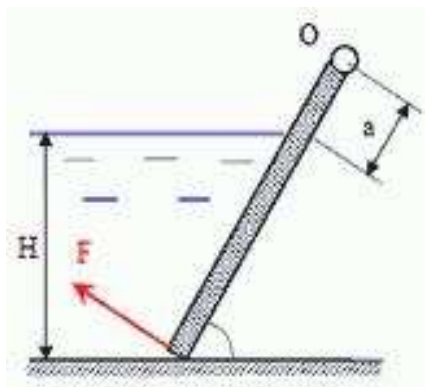
$$Z_d = Z_c + \frac{J}{Z_c \cdot \omega}$$

$$Z_c = \frac{h_c}{\sin \alpha} = \frac{0,14}{0,707} = 0,198 \text{ m}$$

$$\omega = 0,9 \text{ m}^2$$

Javob: $F = 82,26 \text{ kN}$

12 – 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 $H=1.5m$, $a = 0.2 m$, $\alpha = 60^0$.



Berilgan:

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

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

$$\alpha = 60^0$$

$$Q = ?$$

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.

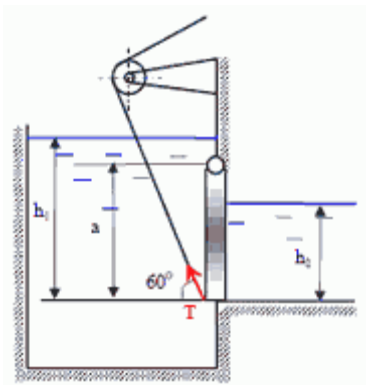
$$\sum m_0 = 0$$

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

$$Q = \frac{F \cdot (Z_d + a)}{\left(\frac{H}{\sin \alpha} \cdot a\right)} = \frac{16,2 \cdot (1,21 + 0,2)}{\left(\frac{1,5}{0,866} + 0,2\right)} = \frac{22,84}{1,93} = 11,86 \text{ kN}$$

Javob: $Q \geq 11,83 \text{ kN} = 1,18 \text{ Tk}$

13 – Masala. Rezervuarda suvni to‘sib turgan shitning o‘lchamlari $a = 3 \text{ m}$, $b = 4 \text{ m}$. Chap tomondagi suvning chuqurligi $h_1 = 5 \text{ m}$, o‘ng tomonda esa $h_2 = 2 \text{ m}$. Suvning solishtirma og‘irligi $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$. Shit O nuqtadagi sharnir atrofida aylanadi. Shitni dastlabki ko‘taruvchi kuch T ni aniqlang.



Berilgan:

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

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

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

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

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

$$\alpha = 60^\circ$$

$T = ?$

Yechish:

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

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

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

- 3) Ta‘sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

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

- 4) Bosim markazini aniqlaymiz.

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

$$h_c = 3,5 \text{ m}$$

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

$$h_{d1} = 3,5 + \frac{9}{3,5 \cdot 12} = 3,71m$$

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

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

6) Yuzasini aniqlaymiz.

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

7) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

$$F_2 = P_c \cdot \omega = 10 \cdot 8 = 80kN$$

8) Bosim markazini aniqlaymiz.

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

$$h_c = 1m; \omega = 8m^2$$

$$J_{ox} = \frac{b \cdot h_2^3}{12} = \frac{4 \cdot 8^3}{12} = \frac{32}{12} = 2,66$$

$$h_{d2} = 1 + \frac{2,66}{1 \cdot 8} = 1,33m$$

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

$$\sum M_0 = 0$$

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

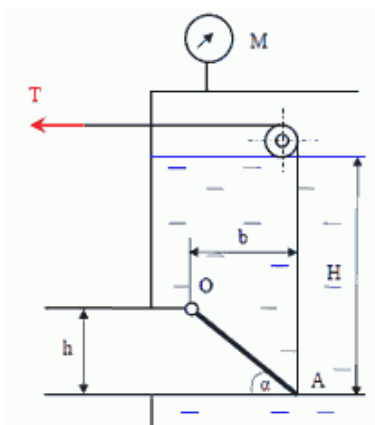
Bundan:

$$T = \frac{F_1 \cdot [h_{d1} - (h_1 - a)] - F_2 \cdot [h_{d2} + (a - h_2)]}{a \cdot \cos 60^\circ} = \frac{420 \cdot [3,71 - (5 - 3)] - 80 \cdot [1,33 + (3 - 2)]}{3 \cdot 0,5} = \frac{420 \cdot 1,71 - 80 \cdot 2,33}{1,5} = \frac{531,8}{1,5} = 354,53kN$$

Javob: $T = 354,53kN$

Mustaqil yechishga doir masalalar:

14 – Masala. Rezervuardan benzinni kvadrat quvur ($h = 0.3m$) ga chiqish qismida qiya joylashgan AO klapan to'sib turibdi. Qiyalik $\alpha = 45^\circ$. Benzin chuqurligi $H = 0.85$ m, benzin zichligi $\rho = 700$ kg/m^3 , benzin rezervuaridagi manometrning ko'rsatgichi $M = 0.05kg/m^2 = 5000$ $Pa = 50kN/m^2$. Trossdagi kuchlanish T ni aniqlang.



Berilgan

$$H = 0.85$$

$$h = 0.3$$

$$\alpha = 45^{\circ}$$

$$P_M = 50 \text{ kN/m}^3$$

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

$$T-?$$

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

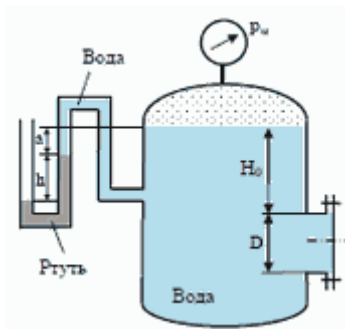
15 – Masala. Ikki qismga ajralgan rezervuar o‘rtasiga kvadrat shakildagi a * $a = 0.6 \times 0.6 \text{ m}^2$ shit(darvoza) quyilgan. O‘ng tomondagi suvning sathi $H_1 = 2 \text{ m}$, ga etishi bilan shit avtomatik tarzda ochilishi uchun sharnir berilgan o‘qdan qancha masofada- x bo‘lishi kerak? Chap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

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

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

a) Manometr ko‘rsatgichi $P_m = 0.08 \text{ MPa}$ $H_0 = 15 \text{ m}$.

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



Berilgan

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

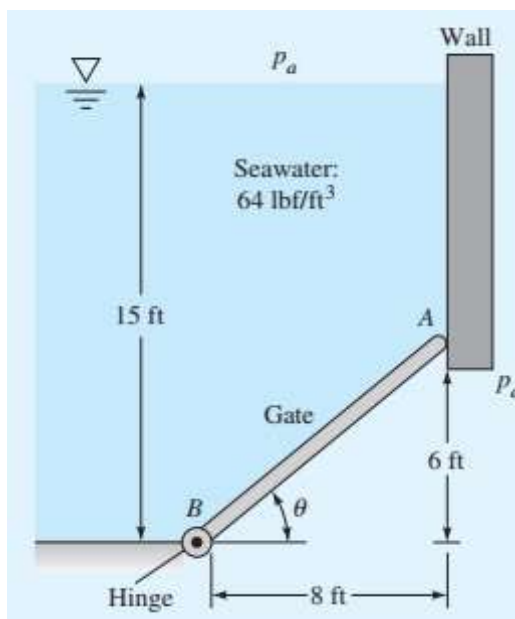
$$D = 1 \text{ m}$$

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

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

Javob: $F = 0$

17-masala. Rasmdagi darvoza kengligi 5 fut bo‘lib, B nuqtasida qo‘zg‘almas sharner va A nuqtada esa silliq devorga tayanadi. (A) dengiz suvining bosimi tufayli darvoza ustidagi bosim kuchni, (b) devorning A nuqtasidagi gorizontaal ta'sir etuvchi kuchini va (v) B nuqtadagi momentni hisoblang.



Geometriyaga ko‘ra, darvoza A dan B gacha 10 fut uzunlikda va uning markaziy qismi yarmida yoki B nuqtasidan 3 fut balandlikda joylashgan. Shunday qilib, hCG chuqurligi $15-3 = 12$ fut. Darvoza maydoni $5(10) = 50$ fut². Darvozaning har ikki tomonida bir xilda atmosfera bosimi P_a ta'sir qilmoqda. (3.1) tenglamaga asosan darvoza ustidagi gidrostatik bosim kuchi:

$$F = p_{CG}A = \gamma h_{CG}A = (64 \text{ lbf/ft}^3)(12 \text{ ft})(50 \text{ ft}^2) = 38,400 \text{ lbf}$$

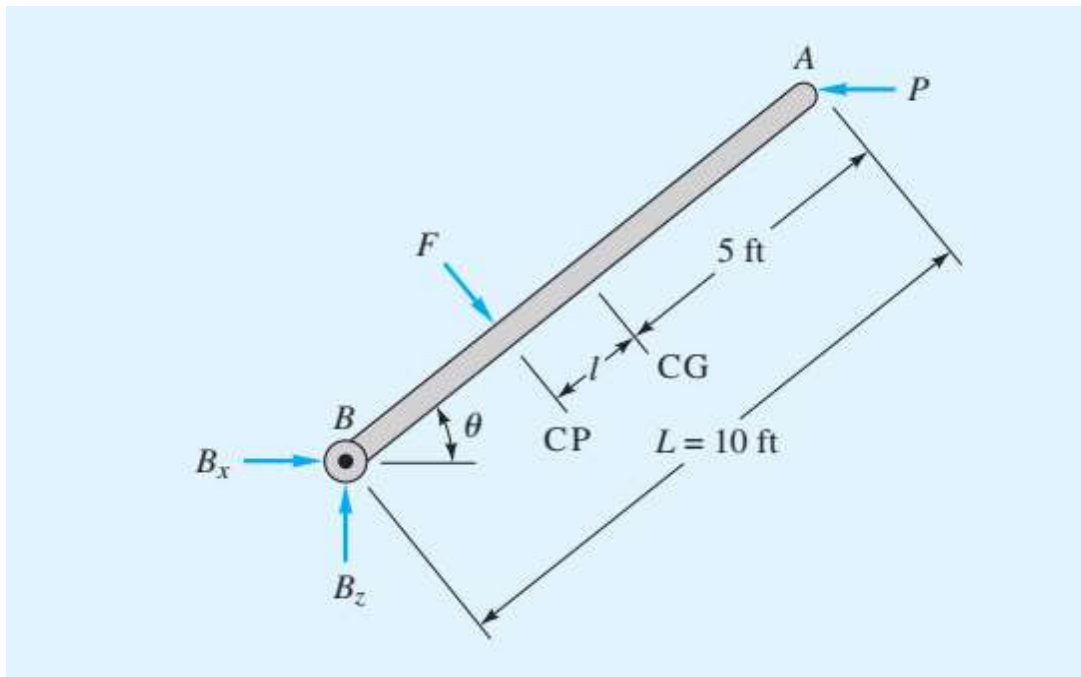
Avval F ning bosim markazini topishimiz kerak. Darvoza to‘rtburchak, shuning uchun:

$$I_{xy} = 0$$

$$I_{xy} = \frac{bL^3}{12} = \frac{(5 \text{ ft})(10 \text{ ft})^3}{12} = 417 \text{ ft}^4$$

P_a hisobga olinmagani uchun CG dan CP gacha bo‘lgan l masofa (3.2) tenglama orqali topiladi:

$$l = -y_{CP} = + \frac{I_{xx} \sin \theta}{h_{CG}A} = \frac{(417 \text{ ft}^4) \left(\frac{6}{10}\right)}{(12 \text{ ft})(50 \text{ ft}^2)} = 0.417 \text{ ft}$$



B nuqtadan F kuchigacha bo‘lgan masofa $10 - l = 5$ fut ni tashkil qiladi. B nuqta momentlarni soat yo‘nalish bo‘yicha:

$$PL \sin\theta - F(5 - l) = P(6\text{ft}) - (38400 \text{ lbf})(4.583 \text{ ft}) = 0$$

$$P = 29300 \text{ lbf}$$

F va P ma'lum bo‘lganda, B_x va B_z ta'sir etuvchilari darvozadagi kuchlarni yig'ish orqali topiladi:

$$\sum F_x = 0 = B_x + F \sin\theta - P = B_x + 38400 \text{ lbf}(0.6) - 29300 \text{ lbf}$$

$$B_x = 6300 \text{ lbf}$$

$$\sum F_z = 0 = B_z - F \cos\theta = B_z - 38400 \text{ lbf}(0.8)$$

$$B_z = 30700 \text{ lbf}$$

4-BO'LIM. EGRI SIRTLARGA TA'SIR QILUVSHI BOSIM

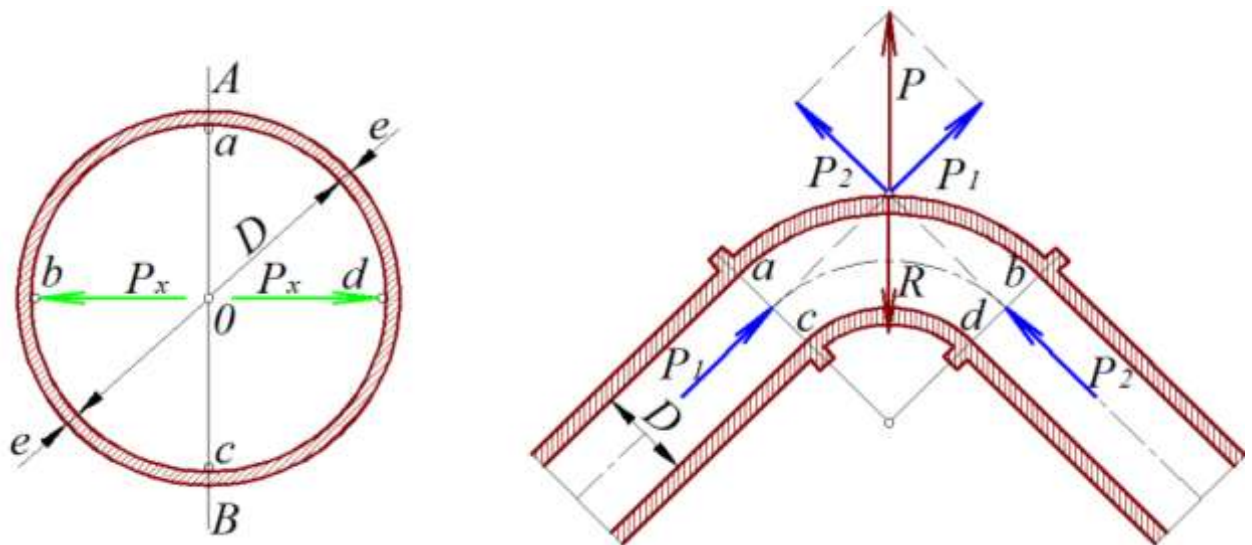
Amaliyotda egri sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim kuchini aniqlash kerak bo'ladi. Quyidagi fotosuratlarda egri sirtga ta'sir etayotgan kuchni hisoblash asosida loyihalanadigan va quriladigan inshootlardan namunalar keltirilgan.



Egri sirtli gidrotexnik inshootlar (to'g'onlar)



Egri sirtli darvozalar



4.1-rasm. Aylana shakldagi quvurlar

4.1. Hidrostatik bosim kuchining silindrik sirtga ta'sirini hisoblash

Texnikada kup hollarda egri sirtga tushadigan bosimni topish talab etiladi. Umumiy holda egri sirtlarga ta'sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi quyidagicha aniqlanadi:

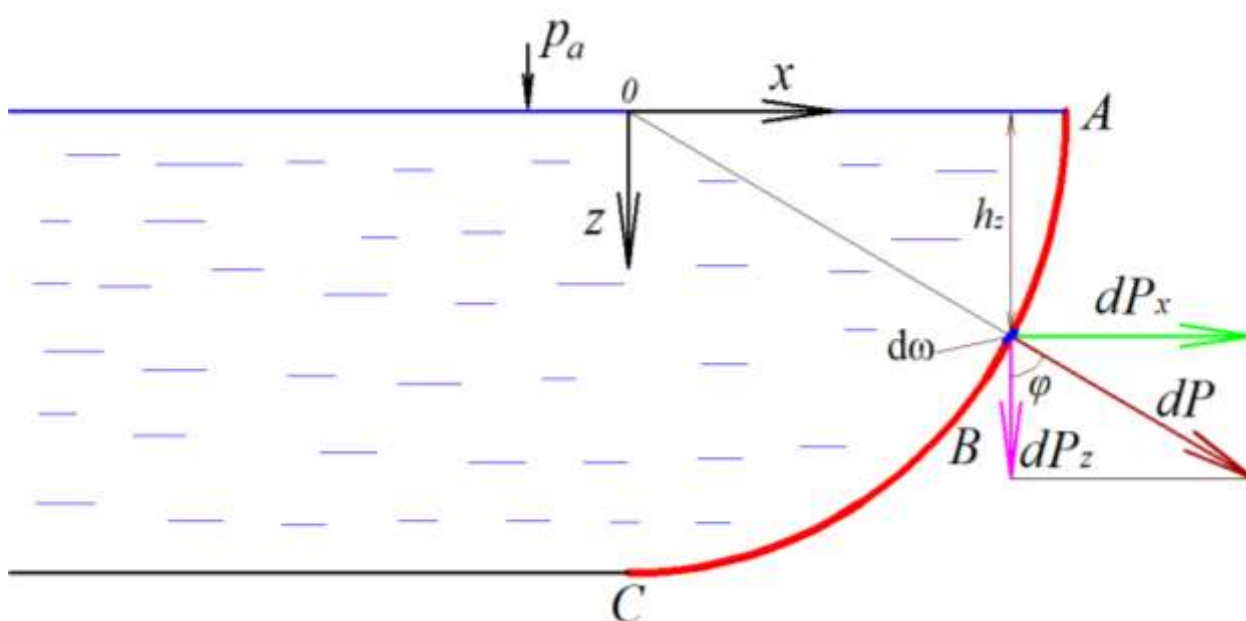
$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \quad (4.1)$$

Bu yerda P_x , P_y , P_z - gidrostatik bosim kuchining (GBK) koordinata o'qlariga proekiyasi.

Silindrik egri sirtga ta'sir etuvchi GBK

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} \quad (4.2)$$

Silindrik sirtga ta'sir etayotgan GBK ni hisoblashning analitik usulini qarab chiqamiz. Faraz qilamizki asosi silindrik ABC egri sirtga tasir etayotgan kuchni aniqlash lozim (4.2- rasm).



4.2-rasm. Silindrik sirtga ta'sir etayotgan GBK ning hisoblashga doir

U holda elementar yuzaga ta'sir etayotgan bosim kuchi yuqorida ko'rganimizdek quyidagicha ifodalanadi:

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

Silindrik egri sirtga ta'sir etuvchi kuchning gorizontal tashkil etuvchisi:

$$dP_x = dP \sin \varphi = \gamma h_z d\omega \sin \varphi;$$

Kuchning vertikal tashkil etuvchisi:

$$dP_z = dP \cos \varphi = \gamma h_z d\omega \cos \varphi;$$

Silindrik egri sirtga ta'sir etuvchi kuchning gorizontal tashkil etuvchisini aniqlaymiz

$$\int_{\omega} dP_x = \int_{\omega} \gamma h_z d\omega \sin \varphi$$

$$P_x = \gamma \sin \varphi \int_{\omega} h_z d\omega = \gamma_c \omega \sin \varphi$$

$\omega \sin \varphi = \omega_z$ - egri sirt proeksiyasining yuzasi.

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

Silindrik egri sirtga ta'sir etuvchi kuchning vertikal tashkil etuvchisi

$$\int_{\omega} dP_z = \int_{\omega} \gamma h_z d\omega \cos \varphi = \gamma \mathcal{V}_{\omega m}$$

$$P_z = \gamma \mathcal{V}_{\omega m}$$

V_{BT} - bosim tanasining hajmi;

$$P_z = \gamma \mathcal{V}_{\omega m} = G_{\omega m}$$

Shunday qilib, egri sirtga ta'sir etuvchi kuchning vertikal tashkil etuvchisi bosim tanasining hajmi bilan suyuqlik solishtirma og'irligining ko'paytmasiga teng.

Demak, kuchning vertikal tashkil etuvchisi, sirtning bosim tanasidagi suyuqlik og'irligiga teng.

Umumiy kuchni quyidagicha aniqlaymiz:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$$

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:

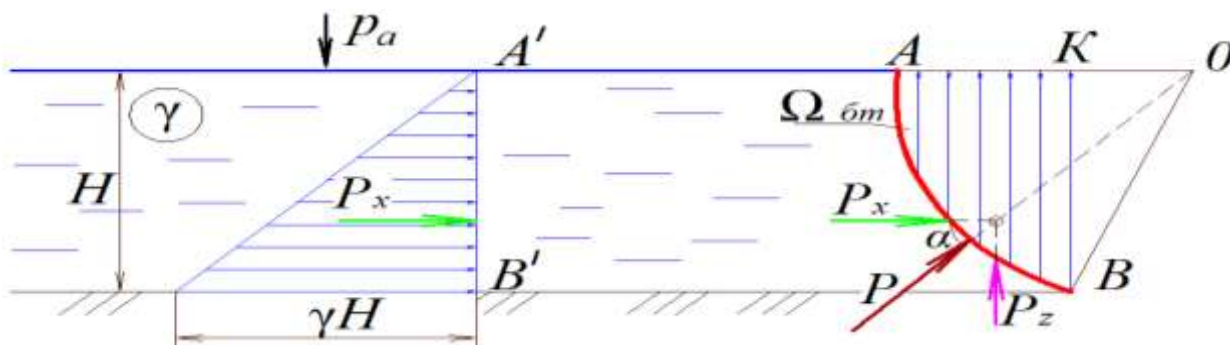
$$\alpha = \arctg \frac{P_z}{P_x}.$$

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

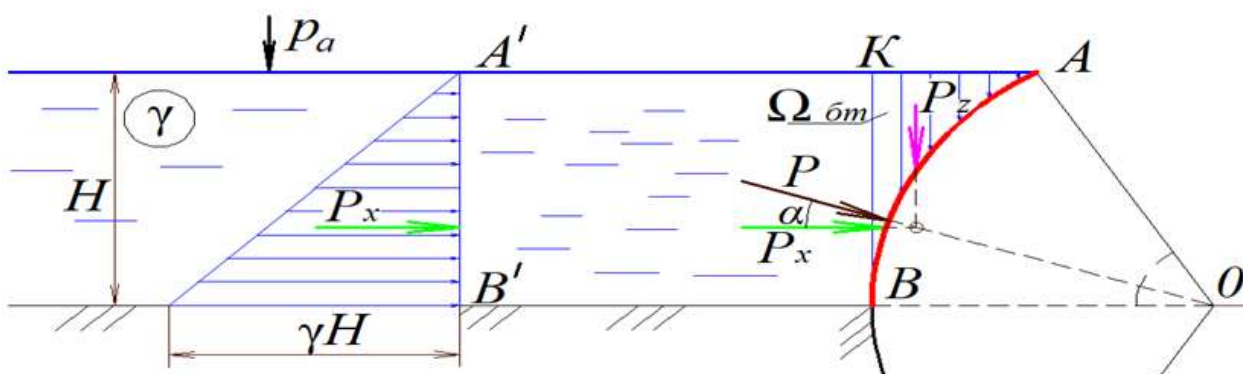
4.2. Bosim tanasini qurish

Egri sirtda bosim ikki tashkil etuvchiga ega bo'lib (4.3,4.4- rasmlar), P_x tashkil etuvchisi tekis sirdagi kabi epyuraga ega bo'ladi. P_z 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_z ning yo'nalishi bilan kesishguncha davom ettiramiz. Kesishgan nuqtasiga esa P_x va P_z larni keltirib qo'yamiz va parallelogramm hosil qilamiz. Uning diagonalini yo'nalishini egri sirt bilan kesishguncha davom ettirib, kesishish nuqtasiga suyuqlik tomondan hosil bo'lgan P kuchni keltirib qo'yamiz *kesishish* nuqtasi 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. Bosim tanasi – egri sirt, vertikal tekisliklar va suyuqlik sathi (yoki davomi) bilan chegaralangan hajm.

Bosim tanasini hajmini aniqlashni quyidagi shakllarda qarab chiqamiz.



4.3-rasm. Bosim tanasini aniqlashga doir



4.4-rasm. Bosim tanasini aniqlashga doir

Yuqoridagilardan kelib chiqib, kuchning vertikal tashkil etuvchisi:

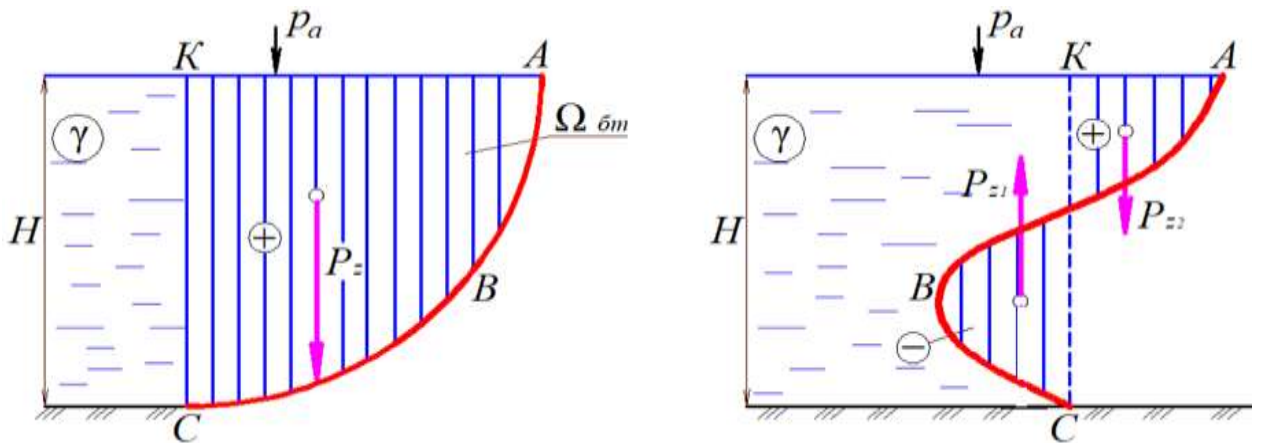
$$P_z = \gamma V_{\delta m}$$

$$P_z = \gamma V_{\delta m} = G_{\delta m} = \gamma \Omega_{\delta m} b$$

Bu yerda: $V_{\delta m}$ - bosim tanasining hajmi; $\Omega_{\delta m}$ - bosim tanasining yuzasi;

b - egri sirt eni.

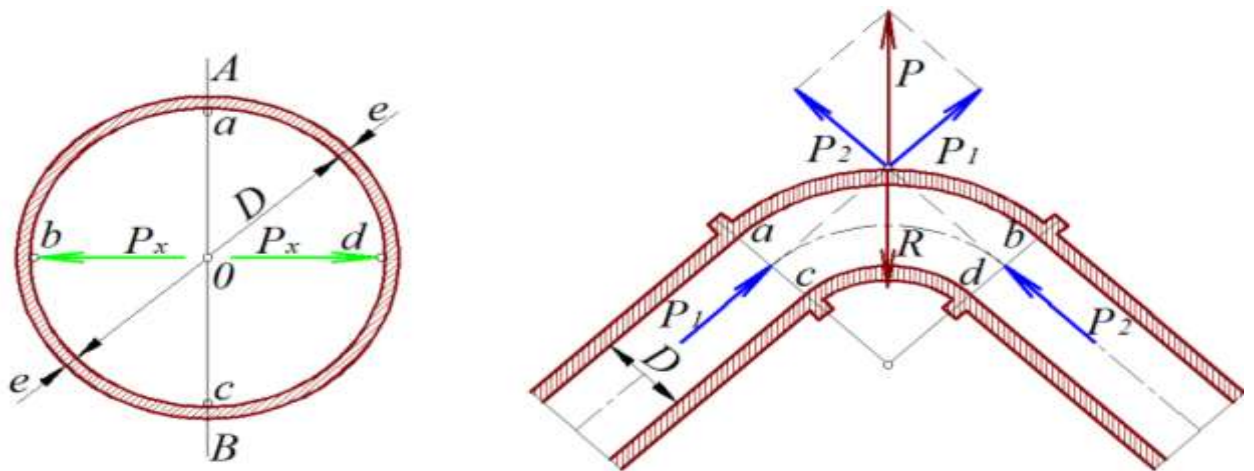
Shunday qilib, kuchning vertikal tashkil etuvchisi, sirtning bosim tanasidagi suyuqlik og'irligiga teng.



4.5-rasm. Bosim tanasini qurish

4.3. Aylana shakldagi quvur ichidan ta'sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi

Amaliyotda silindrik quvurlar devorlariga ta'sir qilayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlashga to'g'ri keladi.



4.6-rasm. Silindrik quvurlar devorlariga ta'sir qilayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlashga doir

Rasmda keltirilgan quvur devorlari gidrostatik bosim kuchi ta'sirida bo'ladi. Faraz qilamizki, quvur uzunligi - l silindrik quvurda aylananing elementar dS bo'lsin. U holda elementar yuza ldS ga teng bo'ladi.

U holda radius bo'yicha yo'nalgan elementar gidrostatik bosim kuchi:

$$dP_r = pldS$$

Yuqoridagidan kelib chiqib, quvurga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi:

$$P_z = p \cdot \omega_D;$$

ω_D - quvurning ko'ndalang kesimi yuzasi;

Shunday qilib, suyuqlik tomonidan silindirik quvur devoriga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi (suyuqlik og'irligi inobatga olinmagan) quvurdagi manometrik bosimning quvur yuzasiga ko'paytmasiga teng ekan.

Quvurning devoridagi kuchlanishni - τ_δ aniqlash uchun, quvur qalinligini “ δ ” deb belgilab, quyidagi bog'lanishni yozamiz.

$$2l\delta\tau_\delta = P_z;$$

U holda

$$\tau_\delta = \frac{P_r}{\delta}; \quad (4.5)$$

Bu formulaga (4.5) Mariotta formulasi deyiladi, yuqori bosimdan quvurlarning devorlaridagi kuchlanishni aniqlashda foydalaniladi.

Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma:

1 - Masala. Vertikal holatda silindir sisterna yarimshar shaklidagi qopqoq bilan yopilgan va ichida ikki xil suyuqlik (J_1, J_2) ($\rho_1 = 1150 \text{ kg/m}^3$ va $\rho_2 = 1060 \text{ kg/m}^3$) quyilgan. Sisterna diametri $D = 2.6$ m, silindr qismining balandligi $H = 4.5$ m, J_1 , suyuqlik chuqurligi $H/2$, manometrik ko'rsatgichi $P_m = 0.01$ MPa.

Berilgan;

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

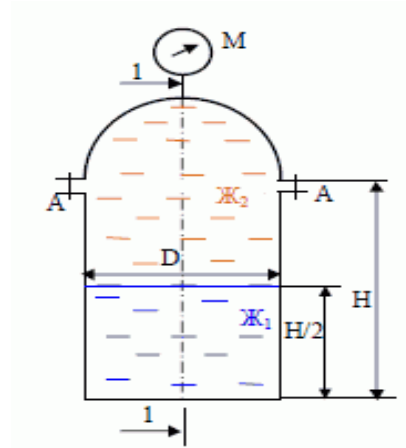
$$H = 4.5 \text{ m}$$

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

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

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

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



4.7 - rasm

Aniqlang: A Boltdagi kuchlanish, 1 – 1 kesimdagi GBK ning gorizantal tashkil etuvchisini.

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.

$$F_x = F_2 + F_1$$

$$F_2 = P_c \cdot \omega = (P_M + \gamma_2 \cdot h_c) \cdot \omega = [P_M + \gamma_2 \cdot (\frac{H}{2} + R)] \cdot (D \cdot \frac{H}{2} + \frac{\pi R^2}{2})$$

$$= [10 + 10,6 \cdot (\frac{2,25 + 1,3}{2})] \cdot (2,3 \cdot 2,25 + \frac{3,14 \cdot 1,3^2}{2}) = 28,8 \cdot 8,5 = 244,9 \text{ kN}$$

$$F_1 = P_c \cdot \omega = (P_M + \gamma_2 \cdot h + \gamma_1 h_c) \cdot \omega = [P_M + \gamma_2 \cdot (\frac{H}{2} + R) + \gamma_1 \cdot \frac{H}{2}] \cdot (D \cdot \frac{H}{2})$$

$$= [10 + 10,6 \cdot (2,25 + 1,3) + 11,5 \cdot 1,125] \cdot 2,6 \cdot 2,25 = 60,25 \cdot 5,85 = 354,5 \text{ kN}$$

$$F_x = P_2 + P_1 = 244,9 + 354,2 = 599 \text{ kN}$$

Javoblar: $F_x = 599kN$, $P_A = 26,5kN$

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

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

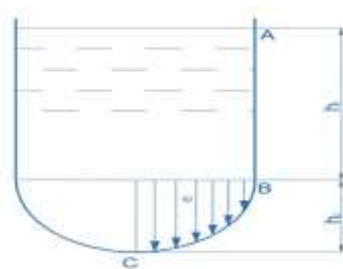
Yechish:

1. Idish tubidagi manometrik bosimni aniqlaymiz.

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

$$P_{2m} = P_2 - P_a \rightarrow P_a + \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2) - P_a = \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2) = 1000 \cdot 9,81 \cdot (4 + 2) = 58860 \text{ Pa} = 0,6 \text{ atm}$$

AB devorga ta'sir etayotgan GBKni aniqlaymiz.



4.8 - rasm

$$P_{AB} = P_{og'(AB)} \cdot \omega_{AB} = (P_a + \rho \cdot g \cdot h_1) \cdot h_1 \cdot d = (98100 + 1000 \cdot 4) \cdot 4 \cdot 4 = 2,2 \text{ MN}$$

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.

$$P_{z(BC)} = W_{B.T.} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 2^3 = 8,37 \text{ N}$$

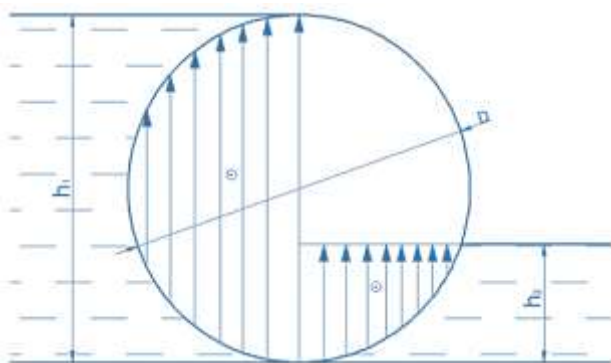
5. BC devorga ta'sir etayotgan GBK quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{BC} = \sqrt{P_{x(BC)}^2 + P_{z(BC)}^2} = \sqrt{1000000^2 + 8,37^2} \approx 1 \text{ MN}$$

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

$$P_{ABC} = \sqrt{P_{AB}^2 + P_{BC}^2} = \sqrt{2,2^2 + 1,0^2} \approx 241MN$$

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



Agar:

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

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

4.9 - rasm

Yechish:

1. P_{1x} ni quyidagicha aniqlaymiz.

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

2. P_{1z} ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{1z} = W_{B.T.} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{2}{3} \cdot 3,14 \cdot 1^3 = 2,1N$$

3. P_1 ni quyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz.

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

4. P_{2x} ni quyidagicha aniqlaymiz.

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

5. P_{2z} ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{2z} = W_{B.T.} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{2}{9} \cdot 3,14 \cdot 1^3 = 0,7N$$

6. P_2 ni quyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz.

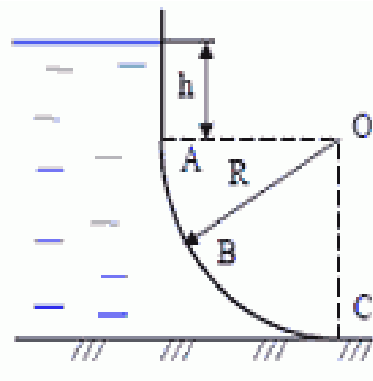
$$P_2 = \sqrt{P_{2x}^2 + P_{2z}^2} = \sqrt{4905^2 + 0,7^2} = 4905N \approx 5kN$$

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

$$a_1 = \arctg \frac{P_{1z}}{P_{1x}} = \arctg \frac{2,1}{44145} \approx 1^\circ$$

$$a_2 = \arctg \frac{P_{2z}}{P_{2x}} = \arctg \frac{0,7}{4905} \approx 1^\circ$$

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



Berilgan

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

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

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

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

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

Yechish:

- 1) GBK ning gorizontaal 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) Gorizontaal tashkil etuvchi F_x bosim tanasi hajmiga teng

$$F_x = W_{er} = \frac{P_A + P_c}{2} \cdot R \cdot L = \frac{7 + 1,9}{2} \cdot 1,2 \cdot 2 = 31,2 \text{ kN}$$

- 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.

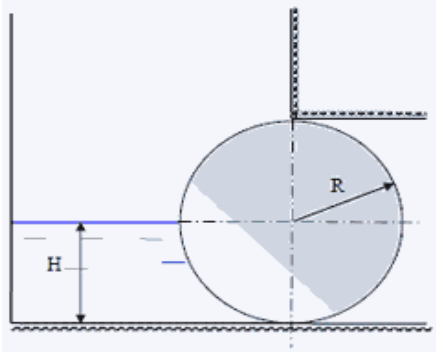
$$P = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = \sqrt{31,2^2 + 39,4^2} = 50,25 \text{ kN}$$

5) Gorizontalk 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 gorizontalk tashkil etuvchisi F_x ni aniqlaymiz.

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

2) Vertikal tashkil etuvchi F_z kuchni aniqlaymiz.

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

$$W_{BT} = \frac{\pi R^2}{4} \cdot L = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 2 = 14,13 \text{ m}^3$$

$$F_z = 10 \cdot 14,13 = 141,3 \text{ kN}$$

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

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = \sqrt{90^2 + 141,3^2} = 167,5 \text{ kN}$$

4) Gorizontalk 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:

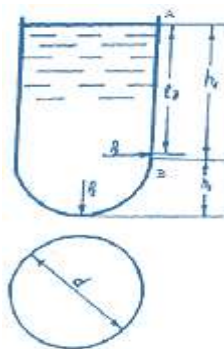
1. Tubi yarim shar shaklidagi silindrik rezervuarg neft quyilgan. Agar $d = 4,0 \text{ m}$; $h_1 = 4,0 \text{ m}$; $h_2 = 2 \text{ m}$ bo‘lsa:

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

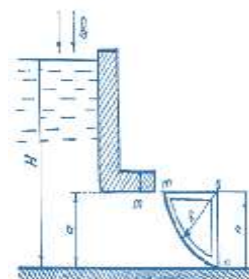
b) ABC - devorga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlang (4.10 - rasm).

2. Segmentli darvoza bilan oqim to'silgan. Darvoza oldidagi suv sathi $H = 7$ m,

$a = 3$ m, darvoza eni $b = 4$ m, radiusi $R = 4$ m. Darvozaga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlang (4.11 - rasm).



4.10 - rasm.



4.11 - rasm.

3. Benzin rezervuarining yon tomoniga o'rnatilgan qopqog'i yarim sfera shaklida. Rezervuar qopqog'iga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini hisoblash kerak, agar

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

4. Diametri $D = 2$ m bo'lgan usti ochiq silindrik idishga suv quyilgan. Idishning yon (silindirik) devoriga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchi idish tubiga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchidan 2 marta katta bo'lishi uchun idishdagi suvning chuqurligi qancha bo'lishi kerak?

5. Benzokolonkaga diametri 2 m, uzunligi 3 m bo'lgan rezervuar gorizonttal o'rnatilgan bo'lib, unda 4710 l benzin quyilgan. Rezervuarining doira shaklidagi yon devoriga (bitta devorga) benzin tomonidan ta'sir etayotgan og'irlik bosim kuchini aniqlang ($\rho_{\text{benzin}} = 760 \text{ kg/m}^3$). Benzin sathidagi bosim atmosfera bosimiga teng.

5-BOLIM. JISMLARNING SUYUQLIKDA SUZISHI

5.1 Arximed qonuni

Suyuqlikka tushirilgan jismlarning qay yo`sinda harakat qilishi va qanday holatlarni qabul qilishini tekshirish uchun ularning suyuqlik bilan ta'sirlashish va muvozanat qonunlarini o`rganish kerak buladi. **Jismlarning suyuqlikda suzishi** qonuniyatlari eramizdan 250 yil avval kashf qilingan Arximed qonuniga asoslanadi. Bu qonun asosida kemalar nazariyasi yaratilgan bo`lib, ular L. Eyler, S. A. Makarov va A. N. Krilov asarlarida ifodalangan. Arximed qonuni quyidagicha ifodalaniladi: *suyuqlikka botirilgan jismga siqib chiqaruvchi kuch ta'sir qilib, bu kuchning kattaligi botirilgan jism siqib shiqargan suyuqlik og`irligiga teng bo`ladi.*

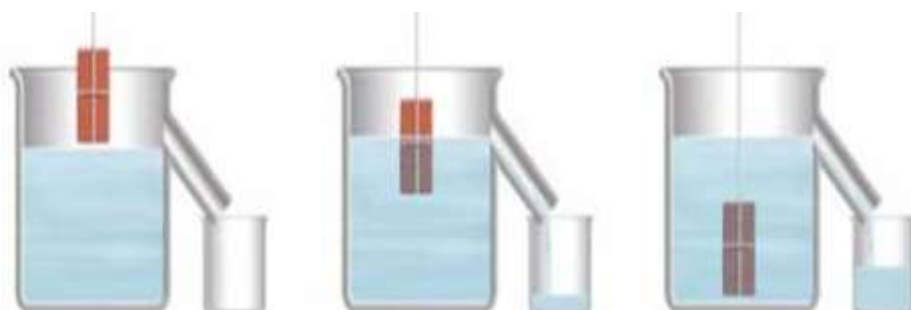


Menga yerning og`irlik markazini aniqlab bering, men yerni teskari qilaman

Arximed

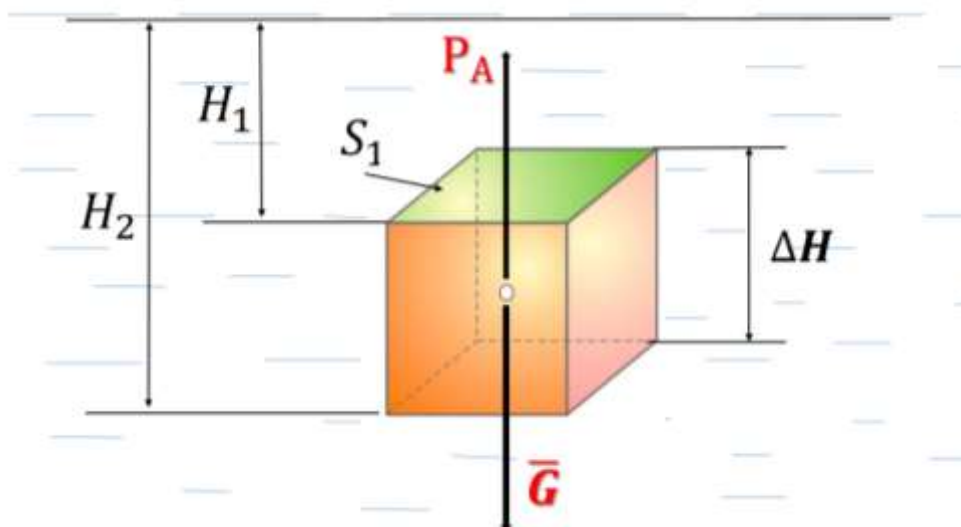
(287-212)

Bu qoidani isbotlash qiyin emas. Suyuqlikka tushirilgan jismlar uz hajmlariga teng bulgan suyuqlikni siqib chiqaradilar (5.1 - rasm). Ushbu jarayonda suyuqlik tomonidan jismga ta'sir etuvchi kuchni aniqlaymiz.



5.1-rasm. Arximed qonuni namoyishi

Suyuqlikka V hajmli jism botirilgan bo`lsin (5.2 - rasm). Unga suyuqlik tomonidan jismga ta'sir etuvchi kuchlar quyidagilar bo`ladi:



5.2 - rasm. Arximed qonuniga oid chizma

1) jismga yuqoridan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_1 = \gamma H_1 S$$

2) jismga pastdan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_2 = \gamma H_2 S$$

3) pastga yo`nalgan og`irlik kuchi

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

4) jismga yon tomonlaridan ta'sir etuvchi kuchlar P_H ; gidrostatikaning asosiy qonuniga asosan bu kuchlar teng va qarama-qarshi yo`nalgan bo`lib, o`zaro muvozanatlashadi (teng ta'sir etuvchi kuch nolga teng). Bu holda bosim kuchlarining teng ta'sir etuvchisi P_1 , va P_2 kuchlarning ayirmasiga teng bo`lib, yuqoriga yo`nalgan bo`ladi:

$$P = P_2 - P_1 = \gamma \cdot S \cdot (H_2 - H_1) = \gamma \cdot S \cdot \Delta H \quad (5.1)$$

bu yerda: γ va γ_1 – suyuqlik va jismning solishtirma og`irliklari; H_1 – jismning yuqori qismining chuqurligi; H_2 – jismning pastki qismining chuqurligi; ΔH – jismning balandligi; S – jismning yuqori va pastki sirtlarining yuzasi.

Jismning hajmi $V = \Delta H S$ bo`lgani uchun siqib chiqaruvchi kuch-Arximed kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_A = \gamma V \quad (5.2)$$

Shunday qilib, jismni siqib chiqarishiga harakat qilayotgan kuch jism siqib chiqargan suyuqlikning og'irligiga teng ekanligi isbotlandi. Bu kuch botirilgan jismning qancha chuqurlikda bo'lishiga bog'liq emasligi (5.1) 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.

5.2 Suzuvchanlik

Jismlarning suyuqlik sirtiga qalqib chiqishi yoki suyuqlik ichida suzib yurishi yuqorida aytilgan kuchlarning o'zaro nisbatiga bog'liq. Shuning uchun suyuqlikka botirilgan jismlarga ta'sir etuvchi kuchlarning (5.2 - rasm) teng ta'sir etuvchisini topamiz:

$$R = -P_1 + P_2 - G = -\gamma H_1 S + \gamma H_2 S - \gamma_1 V$$

yoki

$$R = \gamma(H_2 - H_1)S - \gamma_1 V.$$

Bu kuchni ko'taruvchi kuch deb ataladi. Oxirgi ifodadan shuni xulosa qilish mumkinki ko'taruvchi kuch miqdori Arximed va ogirlik kuchlari farqiga boq'liq ekan.

Bu erda $\Delta H = H_2 - H_1$ va $\Delta H \cdot S = V$ ekanligini hisobga olsak, teng ta'sir etuvchi ko'taruvchi kuch:

$$R = (\gamma - \gamma_1)V \quad (5.3)$$

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.

Keltirilgan (5.3) ifodadan foydalanib 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 yurishidagi xavfsizligini ta'minlaydi. Suzuvchanlik imkoniyati jismning suyuqlik sirtidan yuqori qismining hajmidagi suyuqlik og'irligiga teng.

Suzuvchanlik imkoniyati P_c bilan belgilanadi va quyidagicha topiladi:

$$P_c = \frac{R}{\gamma} = \frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma} V. \quad (5.4)$$

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* (5.3 - rasmda C nuqta).

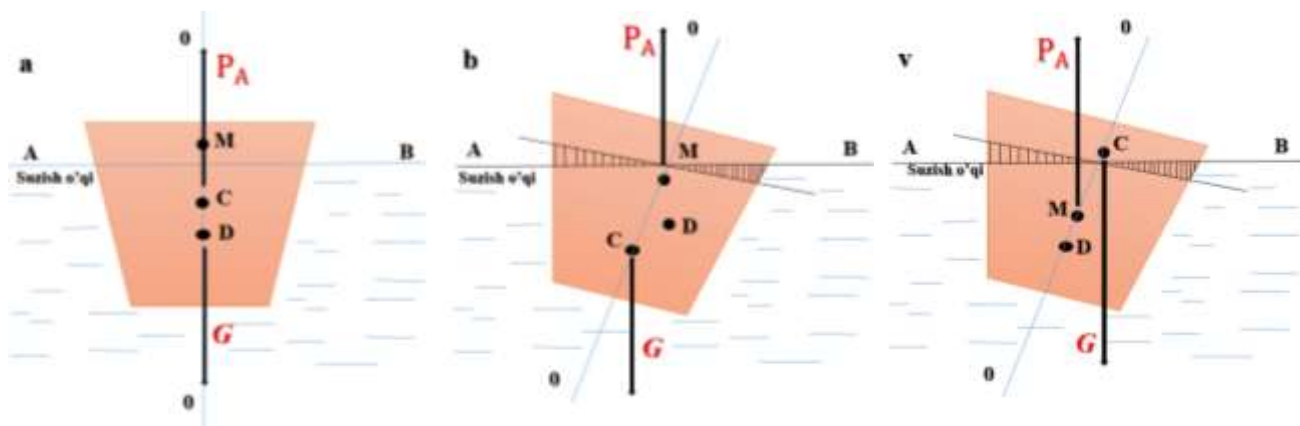
4. *Suv sig'imi markazi yoki bosim markazi* (5.3 - rasmda D nuqta). Bu yerda suv sig'imi – jismning suvga botgan qismi. Suv sig'imi markazi jismning suyuqlikka botgan qismiga ta'sir etuvchi bosimning teng ta'sir etuvchisi qo'yilgan nuqta bo'lib, u suvga botgan qismning og'irlik markaziga joylashgan.

5. *Suzish o'qi* – suzayotgan jism normal holatida uning o'rtasidan o'tgan O – O o'qi (5.3-rasm, a).

6. *Metamarkaz* – jismning qiya holatida teng ta'sir etuvchi bosim kuchi yo'nalishining suzish o'qi bilan kesishgan nuqtasi (5.3 - 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 (5.3 - 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 qiyashayishi bilan G va P kuchlar moment hosil qiladi. Bu moment jism qiyalangan tomon yo'nalishida yoki unga teskari bo'lishi mumkin.



5.3 - rasm. Suzib yuruvshi jismlarning turli holatlari.

Agar G va P kuchlarning momenti jism qiyalangan tomonga teskari yoʻnalgan boʻlsa, u tiklovchi moment deyiladi. Bunday holat esa *turgʻun* holat deyiladi. Agar moment jism qiyalangan tomonga boʻlsa, uni *agʻdaruvchi moment* deyiladi. Bu holda jism avvalgi holatiga qaytmaydi G va P kuchlar momentining yoʻnalishi bu kuchlarning qoʻyilish nuqtalari, yaʼni ogʻirlik markazi C bilan suv sigʻimi markazi D ning oʻzaro holatiga bogʻliq. Bunda uch hol boʻlishi mumkin:

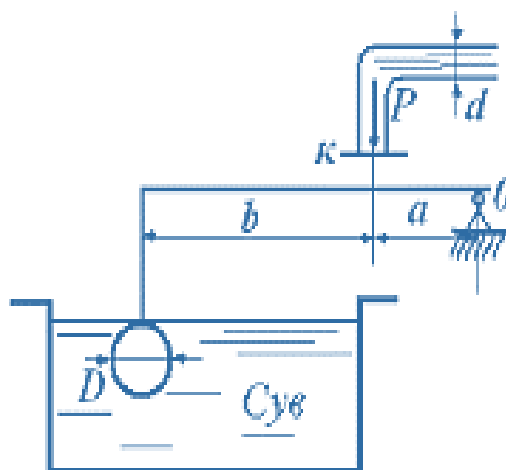
1) agar metamarkaz ogʻirlik markazidan yuqorida boʻlsa (5.3 - rasm, *b*), G va P kuchlarning momenti jismni normal holatga qaytaradi, yaʼni jism *turgʻun* holatda boʻladi;

2) agar metamarkaz ogʻirlik markazidan pastda boʻlsa (5.3 - rasm, *b*), G va P kuchlarning momenti jismni agʻdarishga harakat qiladi, yaʼni jism *noturgʻun* holatda boʻladi;

3) agar metamarkaz ogʻirlik markazi ustiga tushsa, u holda suyuqlikda suzayotgan jism holati *turgʻunlikka bogʻliq* boʻlmaydi (masalan, shar uchun). *Turgʻunlikka bogʻliq* boshqa masalalar ustida toʻxtalib oʻtirmaymiz.

Amaliy mashgʻulotlarga doir koʻrsatma:

1. Quvurdagi manometrik bosim P miqdorining qaysi qiymatida K joʻmrak ochiladi, agar quvur diametri $d = 5$ mm, sharning diametri $D = 200$ mm boʻlib, $b = 6a$ ga teng boʻlsa, shar ogʻirligi hisobga olinmasin (5.4-rasm)



5.4 - 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:

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

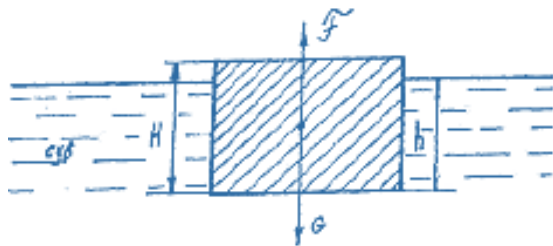
Aniqlangan hadlarni tenglamaga qo'yib, bosim miqdorini aniqlaymiz:

$$P = 146.496 \text{ N/m}^2$$

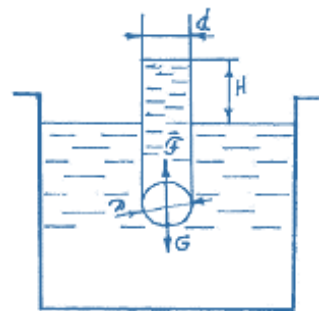
Mustaqil yechishga doir masalalar:

1. Suvdagi prizmasimon jismning hajmiy og'irligini aniqlang. Uning balandligi $H = 20$ sm va suyuqlikka cho'kkan qismi $h = 16$ sm (5.5 - 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 (5.6-rasm).



5.5– rasm.



5.6 – rasm.

3. Quyida o‘lchami ko‘rsatilgan brusning hajmiy og‘irligini toping:

$b = 30 \text{ sm}$, $h = 20 \text{ sm}$, $l = 100 \text{ sm}$, suyuqlikka cho‘kkan qismi $y = 16 \text{ sm}$.

4. Og‘irligi 40 kN bo‘lgan avtomobilni daryodan o‘tkazish uchun cho‘p g‘o‘lalardan sol qurildi. Agar g‘o‘larning diametri $d = 0,3 \text{ m}$ va uzunligi $l = 6 \text{ m}$ va zichligi $\rho_T = 800 \text{ kg/m}^3$ bo‘lsa, avtomobilni soldan o‘tkazish uchun necha dona g‘o‘la kerakligini aniqlang.

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

6. O‘lchamlari $60 \times 60 \times 20 \text{ sm}$ bo‘lgan muz suvda suzmoqda. Muzning zichligi $\rho_T = 900 \text{ kg/m}^3$. Agar muz erisa, idishdagi suv sathi qanchaga o‘zgaradi?

7. Quyma qotishma (yombining) solishtirma og‘irligini aniqlash uchun uning og‘irligini ikki marta aniqlashdi. Birinchi marta havoda, ikkinchi marta suvda. Havodagi og‘irligi $0,2 \text{ kgK}$, suvdagi og‘irligi $0,18 \text{ kgK}$. Qotishmaning solishtirma og‘irligini aniqlang.

8. Radiusi 0.5 m ga teng bo‘lgan shar suvga to‘liq botirilgan (suv zichligi 1000 kg/m^3). Arximed kuchini toping?

9. Tomoni a ga teng kubning $2/4$ qismi suvda ($a=0.4 \text{ m}$). Arximed kuchini aniqlang.

10. Jism suyuqlikka to‘liq botirilgan. Chuqurlik ortgan sari Arximed kuchi qanday o‘zgaradi?

11. Tomoni a ga teng kubning $2/3$ qismi suvda ($a=0.3 \text{ m}$). Arximed kuchini aniqlang.

12. Beton plitaning og‘irligi havoda $1400N$, suvda $900N$ bo‘lsa uning zichligi qanchaga teng?

13. Quyma qotishma (yombining) solishtirma og‘irligini aniqlash uchun uning og‘irligini ikki marta aniqlashdi. Birinchi marta havoda ikkinchi marta suvda.

Havodagi og'irligi $0,164 \text{ kgK}$, suvdagi og'irligi $0,150 \text{ kgK}$. Qotishmaning solishtirma og'irligini aniqlang.

14. Beton plitaning og'irligi havoda $1100N$, suvda $900N$ bo'lsa uning zichligi qanchaga teng?

5 bo'lim 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. Gidrostatik mashinalarning qanday turlari mavjud?
8. Metomarkaz nuqta haqida tushuncha bering.

HISOB GRAFIK ISHINI BAJARISH BO'YICHA KO'RSATMA

Amaliy mashg'ulotlarni bajarish bo'yicha hisob grafik ishlarini bajarish

1 - Tur

1-Masala:

Berilgan: $\gamma_1 = 600 \text{ kgK}/\text{m}^3 = 5886 \text{ N}/\text{m}^3$,

$$\gamma_2 = 7500 \text{ N}/\text{m}^3,$$

$$\rho_3 = 90 \text{ kgK} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4 = 883 \text{ kg}/\text{m}^3,$$

$$h_1 = 1.1\text{m}, h_2 = 1.2\text{m}, h_3 = 1.3\text{m}, h_p = 2.9\text{m}, H = 2.6\text{m};$$

Topish kerak: 1) Idishdagi suyuqlik erkin sathidagi absolyut bosim P_0 ni (kgK/sm^3 va N/m^2 da) va monovakuummetrning ko'rsatishi P_{MV} ni (tex. atm., mm.sim.us. da) aniqlash, agar pezometrda suyuqlikning ko'tarilish balandligi – h_p ga teng bo'lsa;

2) Idishdagi suyuqlik erkin sathidan H chuqurlikda joylashgan nuqtadagi absolyut monometrik (vakuummetrik) ni aniqlash (kgK/sm^3 va suv.ust. da).

Yechish tartibi

1. Idish tubi (A nuqta)dagi (6.1-rasm) absolyut bosimni quyidagi tenglamasini tuzamiz;

Pyezometr tarafdan $P_A = P_{at} + \rho_3 \cdot g \cdot h_p$

Idish tarafdan $P_A = P_0 + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \rho_3 \cdot g \cdot h_3$

2. Yuqoridagi ikkita tenglamani tenglashtirib idish erkin sathidagi absolyut bosim P_0 ni topamiz.

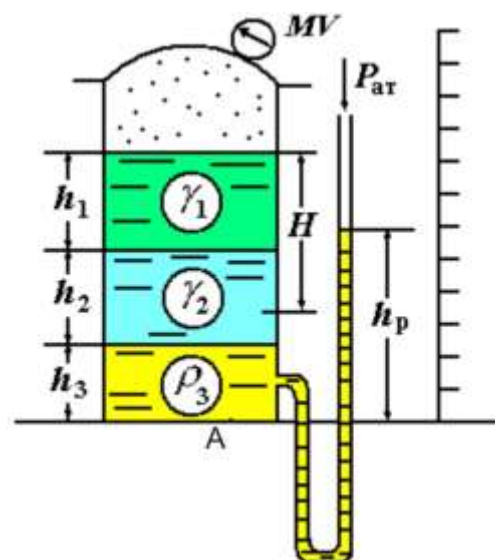
$$P_0 = P_{at} + \rho_3 \cdot g(h_p - h_3) - \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 =$$

$$= 98100 \text{ N}/\text{m}^2 + 883 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 9.81 \text{ m}/\text{s}^2 \cdot (2.9\text{m} - 1.3\text{m}) - 5883 \text{ N}/\text{m}^3 \cdot 1.1\text{m} - 7500 \text{ N}/\text{m}^3 \cdot 1.2\text{m} = 96488.268 \text{ N}/\text{m}^2$$

3. Idish erkin sathidagi absolyut bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lgani uchun vakuummetrik bosimni quyidagicha aniqlaymiz;

$$P_V = P_{at} - P_0 = 98100 \text{ N}/\text{m}^2 - 96488.268 \text{ N}/\text{m}^2 = 1611.732 \text{ N}/\text{m}^2$$

4. Suyuqlik erkin sathidagi absolyut bosimni shartga asosan kgK/sm^2 va N/m^2 da hisoblaymiz;



6.1-rasm

$$1 \frac{kgk}{sm^2} = 98100 \frac{N}{m^2} \text{ ekanligidan } 96488.268 \frac{N}{m^2} = 0.984 \frac{kgk}{sm^2}$$

5. Idish erkin sathidagi vakummetrik bosimni shartiga asosan *tex. atm.* va *mm.sim.us.* da hisoblaymiz.

$$98100 \frac{N}{m^2} = 1 \text{ tex. at.} = 735 \text{ mm. sim. ust ekanligidan}$$

$$1611.732 \frac{N}{m^2} = 0.016 \text{ tex. at.} = 12.08 \text{ mm. sim. ust}$$

6. H chuqurlikda joylashgan nuqtadagi absolyut bosimni quyidagicha aniqlaymiz;

$$P_H = P_0 + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \rho_3 g(H - h_1 - h_2) = 96488.268 \text{ N/m}^2 + 5883 \text{ N/m}^3 \cdot 1.1 \text{ m} + 7500 \text{ N/m}^3 \cdot 1.2 \text{ m} + 883 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot (2.6 \text{ m} - 1.1 \text{ m} - 1.2 \text{ m}) = 114558.237 \text{ N/m}^2$$

7. H chuqurlikdagi bosimni shartiga asosan *kgK/sm²* va *m.suv.ust.* da hisoblaymiz;

$$1 \frac{kgK}{sm^2} = 98100 \frac{N}{m^2} \text{ ekanligidan } \frac{114558.237 \text{ N/m}^2}{98100} = 1.168 \text{ kgK/sm}^2$$

$$1 \frac{kgK}{sm^2} = 10 \text{ m suv us. ekanligidan } 1.168 \text{ kgK/sm}^2 \cdot 10 = 11.68 \text{ m. suv. ust.}$$

2 – Masala

Berilgan: $H=2m$, $h_1=3.7m$, $h_2=5.2m$, $\Theta=30^\circ$, $S=3m$, $a=0.6m$, $R_1=2m$, $R_2=3m$, $b=1m$.

Topish kerak: 1) 1 pog. m. to'g'on uzunligi uchun to'g'onning 0-1-2-3 yuzasiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchining kattaligini, yo'nalishini va qo'yilish nuqtasini aniqlash (analitik va grafoanalitik usulda).

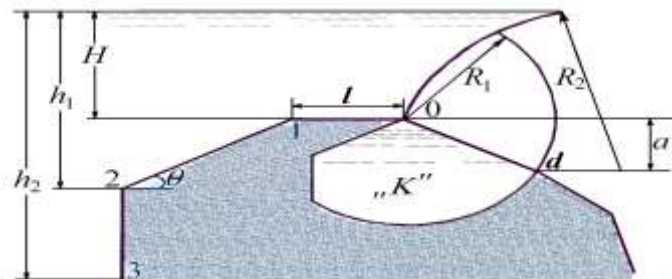
2) a-0-d zatvor qoplamasi 1 pog. m. uzunligiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchini kattaligi va yo'nalishini aniqlash.

Yechish tartibi

Analitik usul

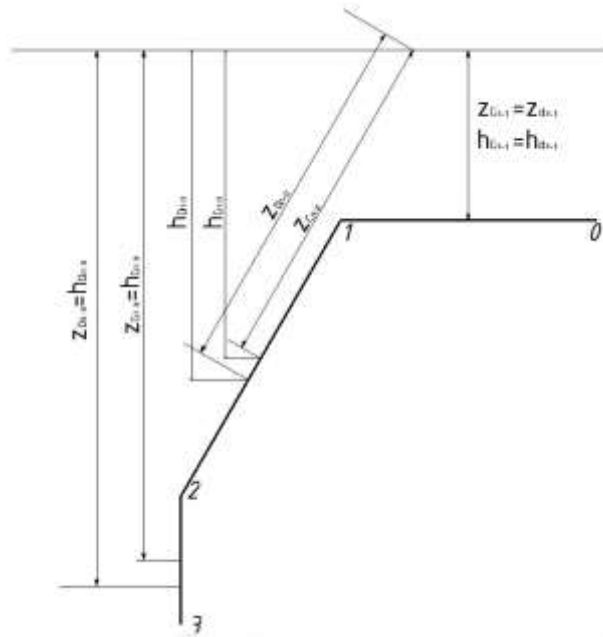
G.B.K analitik usulida aniqlanganda, uning qiymati tekis sirtning og'irlik markazidagi bosimni shu sirtning yuzasiga ko'paytmasiga teng. Ya'ni,

$$P = P_{og'} \cdot \omega$$



6.2-rasm

Bu yerda: P_{ogr} - sirtning og'irlik markazidagi bosim; ω – sirtning yuzasi.



1. 0 – 1 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$\mathcal{P}_{0-1} = P_{ogr'(0-1)} \cdot \omega_{0-1}$$

1.1. 0 – 1 devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{ogr'(0-1)} = \gamma \cdot h_{c(0-1)} = \gamma \cdot H = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot 2\text{m} = 2 \text{ TK/m}^2$$

1.2. 0 – 1 devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{0-1} = S \cdot b = 3\text{m} \cdot 1\text{m} = 3\text{m}^2$$

1.3. 0 – 1 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{0-1} = 2 \text{ TK/m}^2 \cdot 3\text{m}^2 = 6\text{TK}$$

1.4. 0 – 1 devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz. 0-1 devor gorizontallik shakl bo'lganligi uchun o'girlik markazi bosim markazi bilan ustma-ust tushadi. Ya'ni,

$$z_{d(0-1)} = h_{c(0-1)} = H = 2.0\text{m}$$

2. 1 – 2 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$\mathcal{P}_{1-2} = P_{ogr'(1-2)} \cdot \omega_{1-2}$$

2.1. 1 – 2 devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(1-2)} = \gamma \cdot h_{c(1-2)} = \gamma \cdot \left(H + \frac{h_1 - H}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left(2.0\text{m} + \frac{3.7\text{m} - 2.0\text{m}}{2} \right) \\ = 2.85 \text{ TK/m}^2$$

2.2. 1 – 2 devorning uzunligi l_{1-2} ni hisoblaymiz;

$$l_{1-2} \frac{h_1 - H}{\sin \theta} = \frac{3.7\text{m} - 2.0\text{m}}{\sin 30^\circ} = 3.74\text{m}$$

2.3. 1 – 2 devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{1-2} = l_{1-2} \cdot b = 3.74\text{m} \cdot 1\text{m} = 3.74\text{m}^2$$

2.4. 1 – 2 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{1-2} = 2.85 \text{ TK/m}^2 \cdot 3.74\text{m}^2 = 10.659\text{TK}$$

2.5. 1 – 2 devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.

$$z_{d(1-2)} = z_{c(1-2)} + \frac{J}{z_{c(1-2)} \cdot \omega_{1-2}} = \frac{\left(H + \frac{h_1 - H}{2} \right)}{\sin \theta} + \frac{\frac{b \cdot l_{1-2}^3}{12}}{\frac{\left(H + \frac{h_1 - H}{2} \right)}{\sin \theta} \cdot \omega_{1-2}} = \frac{2.85 \text{ m}}{0.5} + \frac{\frac{1\text{m} \cdot (3.74\text{m})^3}{12}}{\frac{2.85\text{m}}{0.5} \cdot 3.74\text{m}} = 5.7\text{m} + \\ 0.20 = 5.90\text{m}$$

Bu yerda: z_c – og'irlik markazi: $z_{c(1-2)} = \frac{h_{c(1-2)}}{\sin \theta}$;

J - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun $J = \frac{b \cdot l_{(1-2)}^3}{12}$

3. 2 – 3 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{2-3} = P_{og'(2-3)} \cdot \omega_{2-3}$$

3.1. 2 – 3 devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(2-3)} = \gamma \cdot h_{c(2-3)} = \gamma \cdot \left(h_1 + \frac{h_2 - h_1}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left(3.7\text{m} + \frac{1.5}{2} \right) = 4.45 \text{ TK/m}^2$$

3.2. 2 – 3 devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{2-3} = (h_2 - h_1) \cdot b = (5.2\text{m} - 3.7\text{m}) \cdot 1\text{m} = 1.5\text{m}^2$$

3.3 2 – 3 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{2-3} = 4.45 \text{ TK/m}^2 \cdot 1.5\text{m}^2 = 6.675\text{TK}$$

3.4. 2 – 3 devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz. Devor vertical bo'lganligi uchun $z_{d(2-3)} = h_{d(2-3)}$, $z_{c(2-3)} = h_{c(2-3)}$

$$z_{d(2-3)} = z_{c(2-3)} + \frac{J}{z_{c(2-3)} \cdot \omega_{2-3}} = \left(h_1 + \frac{h_2 - h_1}{2} \right) + \frac{\frac{b \cdot (h_2 - h_1)^3}{12}}{\left(h_1 + \frac{h_2 - h_1}{2} \right) \cdot \omega_{2-3}} = 4.45m + \frac{\frac{1m \cdot (1.5m)^3}{12}}{4.45m \cdot 1.5m^2} = 4.45m + 0.04 = 4.49m$$

Bu yerda: z_c – og'irlik markazi: $z_{c(2-3)} = \frac{h_{c(2-3)}}{\sin\theta}$;

J - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun $J = \frac{b \cdot l_{(2-3)}^3}{12}$

Grafoanalitik usul

G.B.K.ni grafoanalitik usulda aniqlash uchun bosim epyurasi masshtab bilan quriladi. Bunda, G.B.K. bosim epyurasining xajmiga teng bo'ladi. Ya'ni,

$$\mathcal{P} = W_{B.3.}$$

4. 0 – 1 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{0-1} = W_{B.3.(0-1)} = \gamma \cdot H \cdot S \cdot b = 1TK/m^3 \cdot 2.0m \cdot 3.0m \cdot 1m = 6TK$$

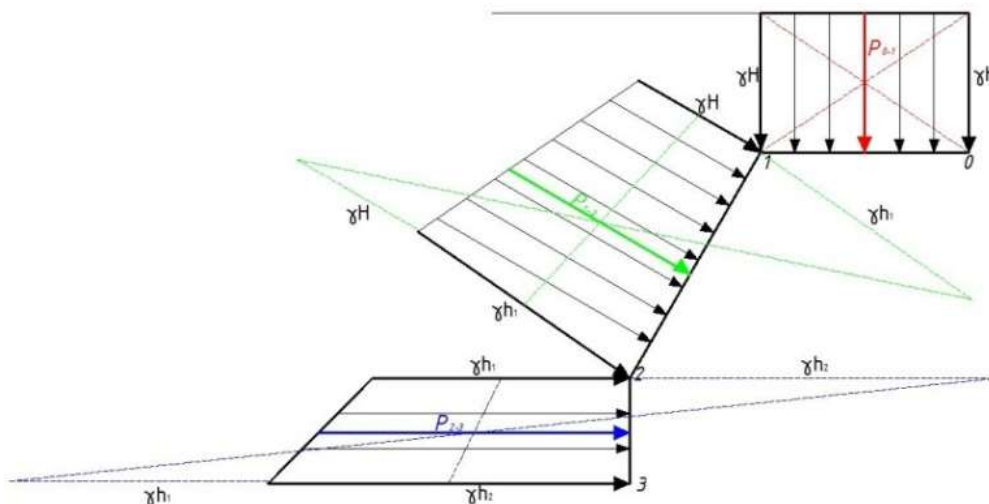
5. 1 – 2 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

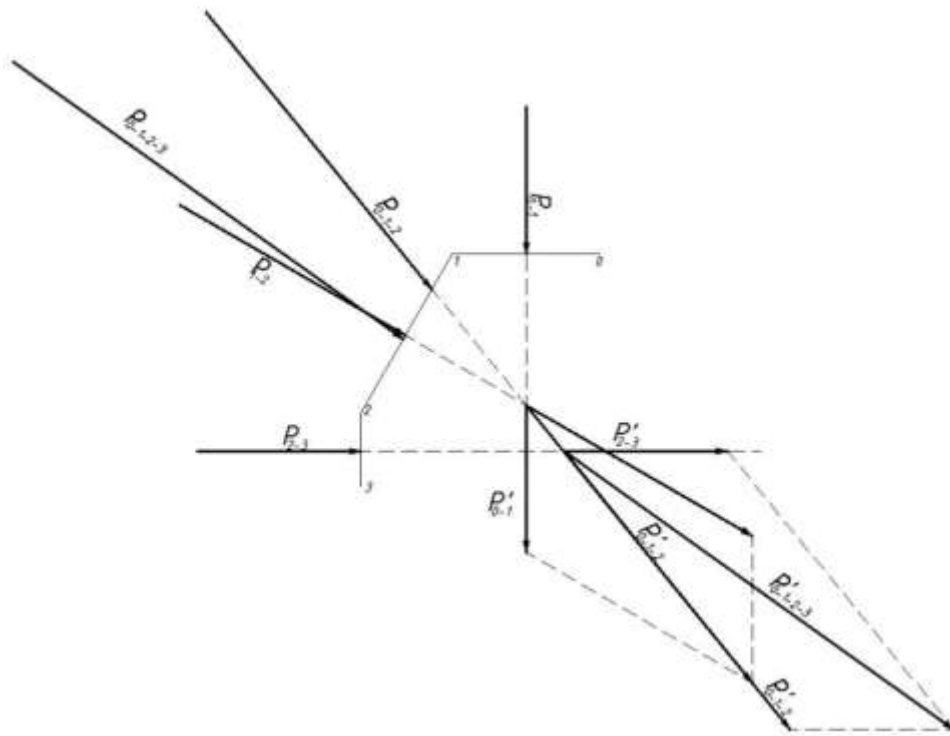
$$\mathcal{P}_{1-2} = W_{B.3.(1-2)} = \frac{\gamma \cdot H + \gamma \cdot h_1}{2} \cdot l_{1-2} \cdot b = \frac{1TK/m^3 \cdot 2.0m + 1TK/m^3 \cdot 3.7m}{2} \cdot 3.74m \cdot 1m = 10.659TK$$

6. 2 – 3 devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{2-3} = W_{B.3.(2-3)} = \frac{\gamma \cdot h_1 + \gamma \cdot h_2}{2} \cdot (h_2 - h_1) \cdot b = \frac{1TK/m^3 \cdot 3.7m + 1TK/m^3 \cdot 5.2m}{2} \cdot (5.2m - 3.7) \cdot 1m = 6.675TK$$

Kuchlarning teng ta'sir etuvchisini grafoanalitik usul bilan aniqlaymiz:



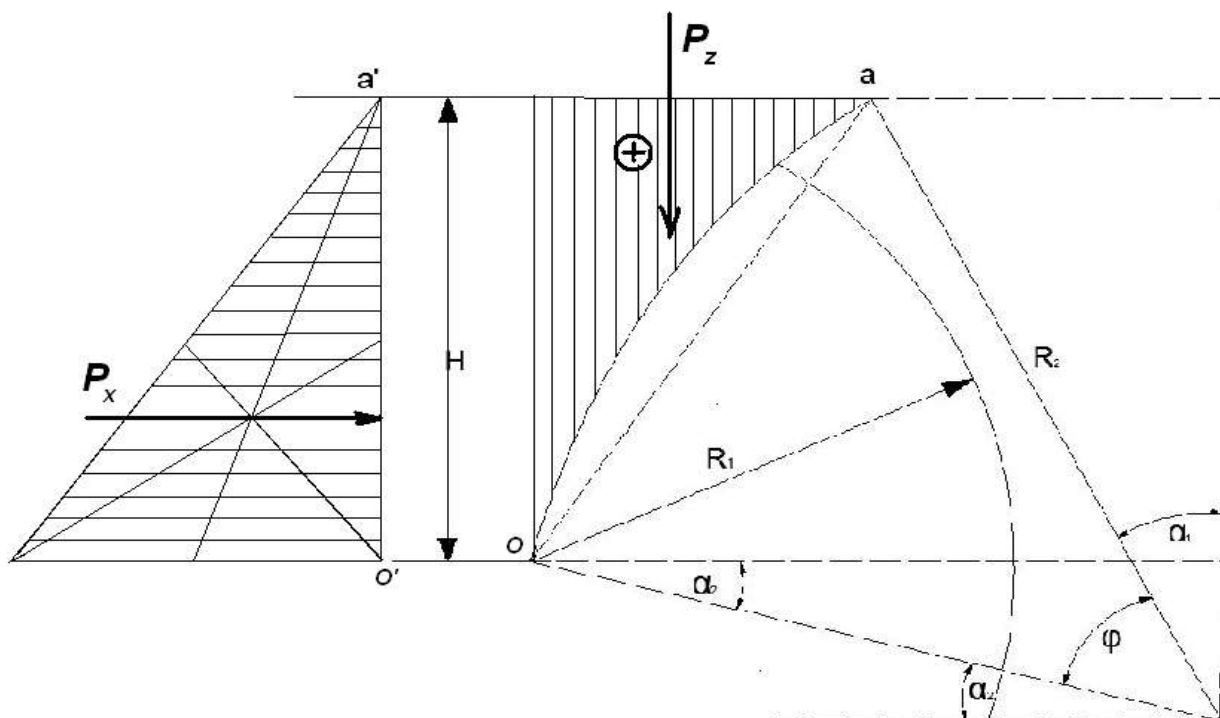


Egri sirtga ta'sir etayotgan G.B.K.

Egri sirtga ta'sir etuvchi G.B.K.ni aniqlash uchun, uni gorizont talashkil etuvchisi P_x va vertikal talashkil etuvchisi P_z ajratamiz va ularni parallelogram qoidasi asosida qo'shamiz. Ya'ni,

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$$

1. Gorizont talashkil etuvchisi P_x ni aniqlash uchun egri sirtni ixtiyoriy vertikal tekislikka proeksiyalaymiz. P_x kuchi tekis sirtga ta'sir qilganday aniqlanadi.



$$P_x = W_{\text{б.э.}} = \frac{H \cdot \gamma \cdot H}{2} \cdot b = \frac{2.0\text{m} \cdot 1\text{TK/m}^3 \cdot 2.0\text{m}}{2} \cdot 1\text{m} = 2\text{TK}$$

2. Vertikal tashkil etuvchisi P_z ni aniqlaymiz. Bu kuchni aniqlash uchun bosim tanasini quramiz. Egri sirtning chetki nuqtalaridan suvning sathiga yoki uning davomigacha perpendikulyar chiqaramiz. Bunda, egri sirt, suvning sathi yoki davomigacha hamda chiziq bilan chegaralangan soha **bosim tanasi** deyiladi va P_z kuchi bosim tanasidagi suyuqlikning og'irligiga teng.

$$P_z = W_{\text{б.т.}} \cdot \gamma$$

3. Bosim tanasini hisoblaymiz.

$$\alpha_1 = \arccos \frac{H+a}{R_2} = \arccos \frac{2+0.6}{3} = 33^\circ$$

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{a}{R_2} = \arcsin \frac{0.6}{3} = 13^\circ$$

$$\varphi = 90^\circ - \alpha_1 - \alpha_2 = 90^\circ - 33^\circ - 13^\circ = 44^\circ$$

$$aO = 2 \cdot R_2 \cdot \sin \frac{\varphi}{2} = 2 \cdot 3 \cdot \sin \frac{44}{2} = 2.02\text{m}$$

$$aa' = \sqrt{|aO|^2 - H^2} = \sqrt{|2.02|^2 - 2^2} = 0.34\text{m}$$

$$S_{aOa'} = \frac{aa' \cdot H}{2} = \frac{0.34 \cdot 2}{2} = 0.34\text{m}^2$$

$$S_{aOa} = \frac{R_2}{2} \left(\frac{\pi \varphi}{180} - \sin \varphi \right) = \frac{3}{2} \left(\frac{3.14 \cdot 44}{180} - \sin 44^\circ \right) = 0.20\text{m}^2$$

Yechish tartibi

Masalaning yechimi uchun Hidrostatikaning asosiy tenglmasi $z + \frac{P}{\gamma} = const$ dan chiqadigan kattaliklardan foydalanamiz.

1. Manometrdan A nuqtani belgilab olib, shu nuqtadagi absolyut bosimni $P_{abs} = P_0 + \gamma h$ formulasiga asosan aniqlaymiz.

bu yerda P_0 - suyuqlik erkin sathidagi bosim

γ -suyuqlikning solishtirma og'irligi

h- qaralayotgan nuqta chuqurligi

$$P_A = P_{at} + \gamma(\nabla_1 - \nabla_2) = 98100 \frac{N}{m^2} + 6867 \frac{N}{m^3} * 0.9m = 104280,3 \frac{N}{m^2}$$

2. Teng bosimli sirtlarga asosan

$$P_A = P_{A'} = P_{A''}$$

3. B nuqtadagi absolyut bosimni aniqlaymiz

$$P_B = P_{A''} + \rho_2 g(\nabla_2 - \nabla_3) = 104280,3 \frac{N}{m^2} + 7848 \frac{N}{m^3} * 0.9m = 111343,5 \frac{N}{m^2}$$

4. D nuqtadagi absolyut bosimni aniqlaymiz.

$$P_D = P_B + \rho_2 g(\nabla_3 - \nabla_4) = 111343,5 \frac{N}{m^2} + 7848 \frac{N}{m^3} * 0.7m = 116837,1 \frac{N}{m^2}$$

5. D nuqtadagi gorizental tekislik o'tkazgach teng bosimli sirtlarga asosan

$$P_D = P_{D'} = P_{D''}$$

6. D'' nuqtadagi absolyut bosimni suyuqlik erkin sathidagi bosim orqali ifodalaymiz va bunda erkin sathdagi absolyut bosim P_0 ni aniqlaymiz.

$$P_{D''} = P_0 + \gamma(\nabla_0 - \nabla_4) \Rightarrow P_0 = P_{D''} - \gamma(\nabla_0 - \nabla_4) = 116837,1 \frac{N}{m^2} - 6867 \frac{N}{m^3} * 2.9m = 96922,8 \frac{N}{m^2}$$

7. Shartga ko'ra suyuqlik erkin sathidagi absolyut bosimni kgK/sm^2 da aniqlaymiz

$$1 \frac{kgk}{sm^2} = 98100 \frac{N}{m^2} \text{ ekanligidan } 96922,8 \frac{N}{m^2} = 0,988 \frac{kgk}{sm^2}$$

8. Idish tubidagi absolyut bosim:

$$P_E = P_o + \gamma \nabla_0 = 96922,8 \frac{N}{m^2} + 6867 \frac{N}{m^3} * 3.5m = 120957,3 \frac{N}{m^2}$$

9. Pyezometrda suyuqlikning ko'tarilish balandligi h_p ni aniqlaymiz. Buning uchun Pyezometrdagi C nuqtani belgilaymiz, teng bosimli sirlarga asosan $P_C = P_E$

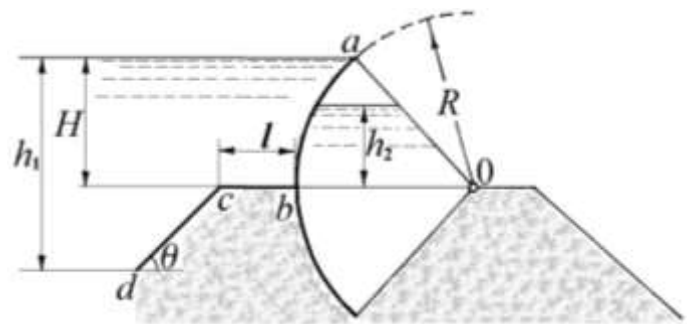
C nuqtadagi absolyut bosimning pyezometr tarafdin tenglamasini yozib h_p ni aniqlaymiz.

$$P_C = P_{at} + \gamma h_p \Rightarrow h_p = \frac{P_C - P_{at}}{\gamma} = \frac{120957,3 \frac{N}{m^2} - 98100 \frac{N}{m^2}}{6867 \frac{N}{m^3}} = 3,3 m$$

2 – Masala

Berilgan: $H=3.0m$, $h_1=4.0m$, $h_2=2.0m$, $\Theta=30^\circ$, $S=1.5m$, $b=1m$, $R=4.5m$;

Topish kerak: 1) 1 pog. m. to'g'on uzunligi uchun to'g'onning b-c-d yuzasiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchining kattaligini, yo'nalishini va qo'yilish nuqtasini aniqlash (analitik va grafoanalitik usulda). 2) b-a-0 zatvor qoplamasi 1 pog. m. uzunligiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchini kattaligi va yo'nalishini aniqlash.



6.4-rasm

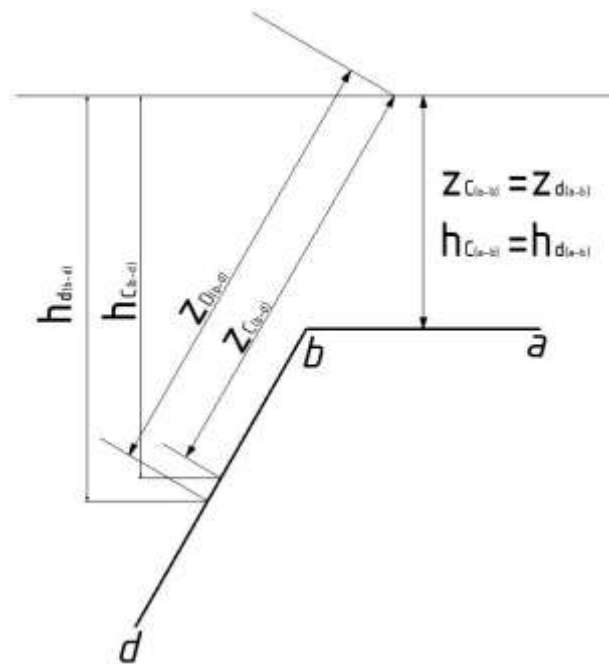
Yechish tartibi

Analitik usul

G.B.Kni analitik usulida aniqlashda tekis sirtning og'irlik markazidagi bosimni shu sirtning yuzasiga ko'paytmasiga teng. Ya'ni,

$$\mathcal{P} = P_{og'} \cdot \omega$$

Bu yerda: $P_{og'}$ - sirtning og'irlik markazidagi bosim; ω – sirtning yuzasi.



1. $b - c$ devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$\mathcal{P}_{b-c} = P_{og'(b-c)} \cdot \omega_{b-c}$$

1.1. $b - c$ devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(b-c)} = \gamma \cdot h_{c(b-c)} = \gamma \cdot H = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot 3\text{m} = 3 \text{ TK/m}^2$$

1.2. $b - c$ devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{b-c} = S \cdot b = 1.5\text{m} \cdot 1\text{m} = 1.5\text{m}^2$$

1.3 $b - c$ devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{b-c} = 3 \text{ TK/m}^2 \cdot 1.5\text{m}^2 = 4.5\text{TK}$$

1.4. $b - c$ devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz. $b - c$ devor gorizontaal shakl bo'lganligi uchun o'girlik markazi bosim markazi bilan ustma-ust tushadi. Ya'ni,

$$z_{d(b-c)} = h_{c(b-c)} = H = 3.0\text{m}$$

2. $c - d$ devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$\mathcal{P}_{c-d} = P_{og'(c-d)} \cdot \omega_{c-d}$$

2.1. $c - d$ devorning og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(c-d)} = \gamma \cdot h_{c(c-d)} = \gamma \cdot \left(H + \frac{h_1 - H}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left(3.0\text{m} + \frac{4.0\text{m} - 3.0\text{m}}{2} \right) = 3.5 \text{ TK/m}^2$$

2.2. $c - d$ devorning uzunligi l_{1-2} ni hisoblaymiz;

$$l_{c-d} \frac{h_1 - H}{\sin \theta} = \frac{4.0m - 3.0m}{\sin 30^\circ} = 2.20m$$

2.3. $c - d$ devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{c-d} = l_{c-d} \cdot b = 2.20m \cdot 1m = 2.20m^2$$

2.4. $c - d$ devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{c-d} = 3.5TK/m^2 \cdot 2.20m^2 = 7.7TK$$

2.5. $c - d$ Devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.

$$z_{d(c-d)} = z_{c(c-d)} + \frac{J}{z_{c(c-d)} \cdot \omega_{c-d}} = \frac{\left(H + \frac{h_1 - H}{2}\right)}{\sin \theta} + \frac{\frac{b \cdot l_{c-d}^3}{12}}{\left(\frac{H + \frac{h_1 - H}{2}}{\sin \theta}\right) \cdot \omega_{c-d}} = \frac{3.5m}{0.5} + \frac{\frac{1m \cdot (2.20m)^3}{12}}{\frac{3.5m}{0.5} \cdot 2.20m} = 7.0m + 0.06 = 7.06m$$

Bu yerda: z_c - og'irlik markazi: $z_{c(c-d)} = \frac{h_{c(c-d)}}{\sin \theta}$;

J - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun $J = \frac{b \cdot l_{(c-d)}^3}{12}$

Grafoanalitik usul

G.B.K.ni grafoanalitik usulda aniqlash uchun bosim epyurasi quriladi. Bunda, G.B.K. bosim epyurasining xajmiga teng bo'ladi. Ya'ni,

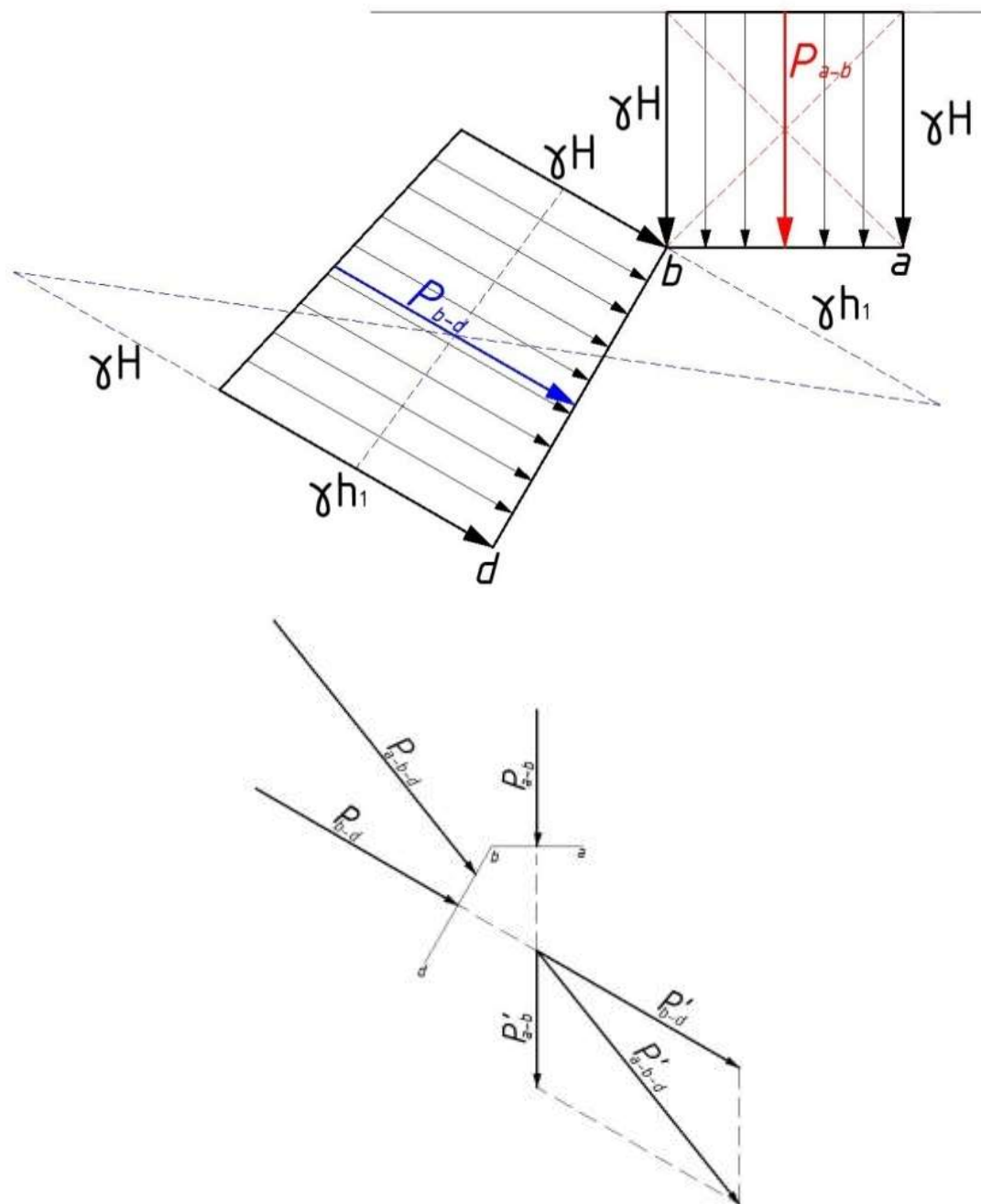
$$\mathcal{P} = W_{B.3.}$$

3. $b - c$ devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{b-c} = W_{B.3.(b-c)} = \gamma \cdot H \cdot S \cdot b = 1TK/m^3 \cdot 3.0m \cdot 1.5m \cdot 1m = 4.5TK$$

4. $c - d$ devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{c-d} = W_{B.3.(c-d)} = \frac{\gamma \cdot H + \gamma \cdot h_1}{2} \cdot l_{c-d} \cdot b = \frac{1TK/m^3 \cdot 3.0m + 1TK/m^3 \cdot 4.0m}{2} \cdot 2.20m \cdot 1m = 7.70TK$$



Egri sirtga ta'sir etayotgan G.B.K.

Egri sirtga ta'sir etuvchi G.B.K.ni aniqlash uchun, uni gorizontaal tashkil etuvchisi \mathcal{P}_x va vertikal tashkil etuvchisi \mathcal{P}_z ajratamiz va ularni parallelogram qoidasi asosida qo'shamiz. Ya'ni,

$$\mathcal{P} = \sqrt{\mathcal{P}_x^2 + \mathcal{P}_z^2}$$

1. Gorizontaal tashkil etuvchisi \mathcal{P}_x ni aniqlash uchun egri sirtni ixtiyoriy vertikal tekislikka proeksiyalaymiz. \mathcal{P}_x kuchi tekis sirtga ta'sir qilganday aniqlanadi.

$$\tan \alpha = \frac{P_z}{P_x} = \frac{0.42}{4.5} = 0.09 \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{P_z}{P_x} = 6^\circ$$

7. Kuchning qo'yilish nuqtasini aniqlaymiz.

$$\begin{cases} z = kx \\ x^2 + z^2 = R^2 \Rightarrow x^2 + k^2 \cdot x^2 = R^2 \\ k = \tan \alpha \end{cases}$$

$$x^2 + \tan \alpha \cdot x^2 = R^2 \Rightarrow x = \sqrt{\frac{R^2}{\tan(\alpha)}} = \sqrt{\frac{4.5^2}{0.09}} = 15m$$

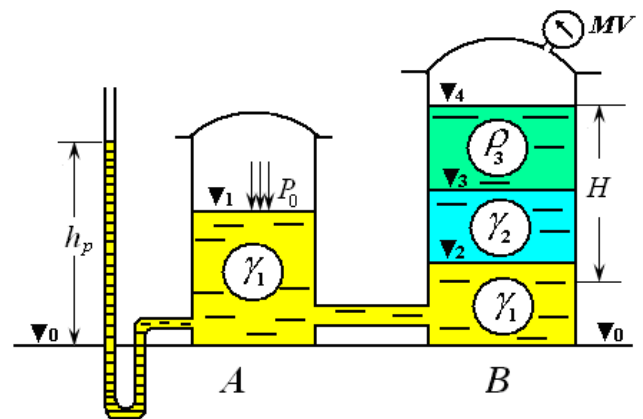
$$z = \tan \alpha \cdot x = 0.09 \cdot 15 = 1.35m$$

3 - Tur

1-Masala

Berilgan: $\gamma_1 = 900 \text{ kgK/m}^3 = 8829 \text{ N/m}^3$, $\gamma_2 = 8000 \text{ N/m}^3$, $\rho_3 = 0.6 \text{ g/sm}^3 = 600 \text{ kg/m}^3$, $\nabla_1 = 2.4m$, $\nabla_2 = 0.8m$, $\nabla_3 = 1.3m$, $\nabla_4 = 3.1m$, $P_0 = 1.1 \text{ atm} = 107910 \text{ N/m}^2$;

Topish kerak: B idishdagi suyuqlikning erkin sathidagi absolyut bosim (kgK/sm^3 va N/m^2 da), monovakuumetra ko'rsatishini (tex. atm., mm.sim.us. da) va pezometrda suyuqlikning ko'tarilish balandligi – h_p ni aniqlash.



Yechish tartibi

1. Masalani yechish uchun Hidrostatikaning

asosiy tenglamasidan $z + \frac{P}{\gamma} = \text{const}$ kelib chiqadigan natijalardan foydalanamiz.

2. A idishning tubidan A nuqtani belgilab olamiz va shu nuqtadagi absolyut bosimni

$$P_{abs} = P_0 + \gamma h$$

bu yerda: P_0 - suyuqlikni sathidagi bosim

γ -suyuqlikning solishtirma og'irligi

h- qaralayotgan nuqta chuqurligi

$$P_A = P_{at} + \gamma \nabla_1 = 107910 \frac{N}{m^2} + 8829 \frac{N}{m^3} * 2,4m = 129099,6 \frac{N}{m^2}$$

3. B idish tubidagi B nuqtani belgilab olamiz, teng bosimli sirtlarga asosan $P_A = P_B$

4. B nuqtadagi absolyut bosimni B idish tarafdin aniqlash tenglamasini yozib, bundan idish erkin sathidagi absolyut bosimni aniqlaymiz.

$$\begin{aligned} P_B &= P_0 + \rho_3 g (\nabla_4 - \nabla_3) + \gamma_2 (\nabla_3 - \nabla_2) + \gamma_1 \nabla_2 \Rightarrow \\ P_0 &= P_B - (\rho_3 g (\nabla_4 - \nabla_3) + \gamma_2 (\nabla_3 - \nabla_2) + \gamma_1 \nabla_2) = \\ &= 129099,6 \frac{N}{m^2} \\ &\quad - \left(600 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{sek^2} (3,1m - 1,3m) + 8000 \frac{N}{m^3} * (1,3m - 0,8m) \right. \\ &\quad \left. + 8829 \frac{N}{m^3} * 0,8m \right) = \\ &= 107441,6 \frac{N}{m^2} \end{aligned}$$

5. Idish erkin sathidagi absolyut bosimni shartga ko'ra kgk/sm^2 o'lchov birligida ham aniqlaymiz.

$$98100 \frac{N}{m^2} = 1 \frac{kgk}{sm^2} \text{ ekanligidan } 107441,6 \frac{N}{m^2} = 1,095 \frac{kgk}{sm^2}$$

6. Idish erkin sathidagi absolyut bosim atmosfera bosimidan katta bo'lganligi uchun, manometrik bosimni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_M = P_{abs} - P_{at} = 107441,6 \frac{N}{m^2} - 98100 \frac{N}{m^2} = 9241,6 \frac{N}{m^2}$$

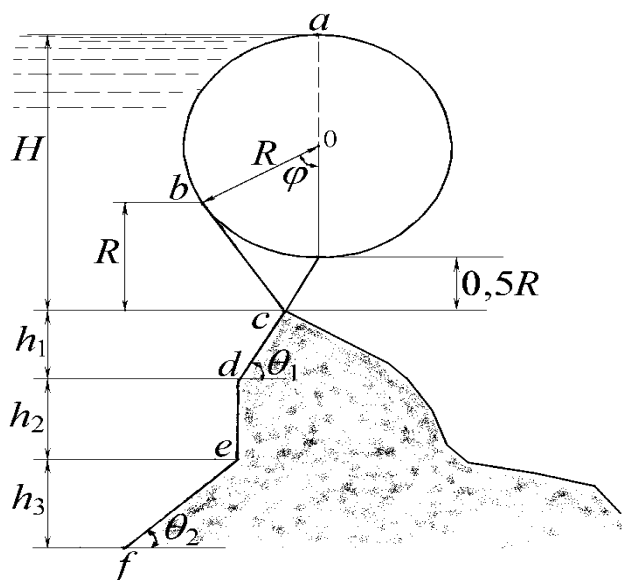
7. Aniqlangan manometrik bosimni shartga ko'ra **tex.at** va **mm.sim.ust.** o'lchov birliklariga o'tkazamiz.

$$98100 \frac{N}{m^2} = 1 \text{ tex. at} = 735 \text{ mm. sim. ust} \text{ ekanligidan } 9241,6 \frac{N}{m^2} = 0,095 \text{ tex. at} = 69,825 \text{ mm. sim. ust}$$

8. A idishga ulangan pyezometrda suyuqlikning ko'tarilish balandligi h_p ni aniqlaymiz buning uchun pyezometrdan C nuqtani belgilab olamiz, teng bosimli sirtlarga asosan $P_A = P_C$

C nuqtadagi absolyut bosimni pyezometr tarafdin tenglamasini yozib, undan h_p ni aniqlaymiz

$$\begin{aligned} P_C &= P_{at} + \gamma_1 h_p \Rightarrow h_p = \frac{P_C - P_{at}}{\gamma_1} = \\ &= \frac{129099,6 \frac{N}{m^2} - 98100 \frac{N}{m^2}}{8829 \frac{N}{m^3}} = 3,51 \text{ m} \end{aligned}$$



2 – Masala

Berilgan: $R = 2m$, $H = 5m$, $\varphi = 60^\circ$, $h_1 = 1m$, $h_2 = 1.1m$, $h_3 = 1.2m$, $\theta_1 = 30^\circ$, $\theta_2 = 45^\circ$

Topish kerak: 1) 1 pog. m. to'g'on uzunligi uchun to'g'onning c-d-e-f yuzasiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchining kattaligini, yo'nalishini va qo'yilish nuqtasini aniqlash (analitik va grafoanalitik usulda). 2) a-b-c zatvor qoplamasi 1 pog. m. uzunligiga ta'sir qilayotgan suvning og'irlik bosimi kuchini kattaligi va yo'nalishini aniqlash.

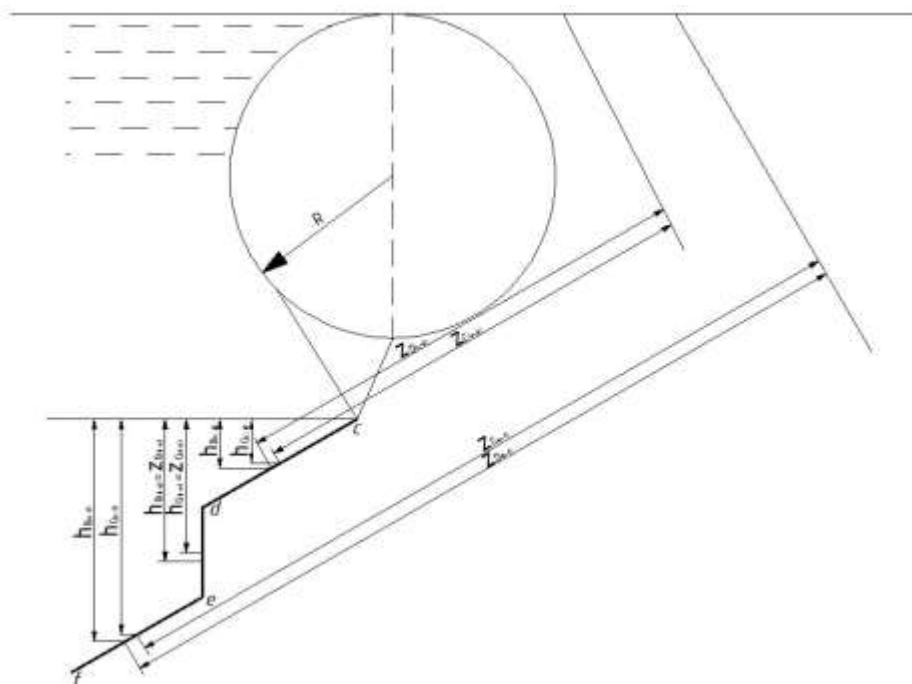
Yechish tartibi

Analitik usul

G.B.K analitik usulida aniqlanganda, uning qiymati tekis sirtning og'irlik markazidagi bosimni shu sirtning yuzasiga ko'paytmasiga teng. Ya'ni,

$$\mathcal{P} = P_{og'} \cdot \omega$$

Bu yerda: $P_{og'}$ - sirtning og'irlik markazidagi bosim; ω – sirtning yuzasi.



1. c - d devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$\mathcal{P}_{c-d} = P_{og'(c-d)} \cdot \omega_{c-d}$$

1.1. c - d devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(c-d)} = \gamma \cdot h_{c(c-d)} = \gamma \cdot \left(H + \frac{h_1}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left(5.0\text{m} + \frac{1.0\text{m}}{2} \right) = 5.5 \text{ TK/m}^2$$

1.2. c - d devorning uzunligi l_{c-d} ni hisoblaymiz;

$$l_{c-d} = \frac{h_1}{\sin \theta} = \frac{1.0\text{m}}{\sin 30^\circ} = 2.20\text{m}$$

1.3. c - d devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{c-d} = l_{c-d} \cdot b = 2.20\text{m} \cdot 1\text{m} = 2.20\text{m}^2$$

1.4. c - d devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{c-d} = 5.5 \text{ TK/m}^2 \cdot 2.20\text{m}^2 = 12.11\text{TK}$$

1.5. c - d devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.

$$\begin{aligned} z_{d(c-d)} &= z_{c(c-d)} + \frac{J}{z_{c(c-d)} \cdot \omega_{c-d}} = \frac{\left(H + \frac{h_1}{2} \right)}{\sin \theta} + \frac{\frac{b \cdot l_{c-d}^3}{12}}{\frac{\left(H + \frac{h_1}{2} \right)}{\sin \theta} \cdot \omega_{c-d}} = \frac{5.5\text{m}}{0.5} + \frac{\frac{1\text{m} \cdot (2.20\text{m})^3}{12}}{\frac{5.5\text{m}}{0.5} \cdot 2.20\text{m}} \\ &= 11\text{m} + 0.04 = 11.04\text{m} \end{aligned}$$

Bu yerda: z_c - og'irlik markazi: $z_{c(c-d)} = \frac{h_{c(c-d)}}{\sin \theta}$;

J - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun $J = \frac{b \cdot l_{c-d}^3}{12}$

2. d - e devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$\mathcal{P}_{d-e} = P_{og'(d-e)} \cdot \omega_{d-e}$$

2.1. d - e devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$\begin{aligned} P_{og'(d-e)} &= \gamma \cdot h_{c(d-e)} = \gamma \cdot \left(H + h_1 + \frac{h_2}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left(5.0\text{m} + 1.0\text{m} + \frac{1.1\text{m}}{2} \right) \\ &= 6.55 \text{ TK/m}^2 \end{aligned}$$

2.2. d - e devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{d-e} = h_2 \cdot b = 1.1\text{m} \cdot 1\text{m} = 1.1\text{m}^2$$

2.3. d - e devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{d-e} = 6.55 \text{ TK/m}^2 \cdot 1.1\text{m}^2 = 7.205\text{TK}$$

2.4. d - e devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.

$$Z_{d(d-e)} = Z_{c(d-e)} + \frac{J}{z_{c(d-e)} \cdot \omega_{d-e}} = \frac{(H+h_1+\frac{h_2}{2})}{\sin \theta} + \frac{\frac{b \cdot (h_2)^3}{12}}{\frac{(H+h_1+\frac{h_2}{2})}{\sin \theta} \cdot \omega_{d-e}} = \frac{6.55m}{0.5} + \frac{\frac{1m \cdot (1.1m)^3}{12}}{\frac{6.55m}{0.5} \cdot 1.1m^2} =$$

$$13.1m + 0.01 = 13.11m$$

Bu yerda: $z_{c(d-e)}$ – og'irlik markazi: $z_{c(d-e)} = \frac{h_{c(d-e)}}{\sin \theta}$;

J - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun $J = \frac{b \cdot l_{(d-e)}^3}{12}$

3. e - f devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagiga teng;

$$\mathcal{P}_{e-f} = P_{og'(e-f)} \cdot \omega_{e-f}$$

3.1. e - f devorga ta'sir qilayotgan og'irlik markazidagi bosimni hisoblaymiz.

$$P_{og'(e-f)} = \gamma \cdot h_{c(e-f)} = \gamma \cdot \left(H + h_1 + h_2 + \frac{h_3}{2} \right) = 1 \text{ TK/m}^3 \cdot \left(5.0m + 1.0m + 1.1m + \frac{1.2m}{2} \right) = 7.7 \text{ TK/m}^2$$

3.2. e - f devorning uzunligi l_{e-f} ni hisoblaymiz;

$$l_{e-f} = \frac{h_3}{\sin \theta} = \frac{1.2m}{\sin 45^\circ} = 1.85m$$

3.3. e - f devorning yuzasini hisoblaymiz.

$$\omega_{e-f} = l_{e-f} \cdot b = 1.85m \cdot 1m = 1.85m^2$$

3.4. e - f devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{e-f} = 7.7 \text{ TK/m}^2 \cdot 1.85m^2 = 14.23 \text{ TK}$$

3.5. e - f devorga ta'sir qilayotgan G.B.K.ni qo'yilish nuqtasini ya'ni bosim markazini hisoblaymiz.

$$Z_{d(e-f)} = Z_{c(e-f)} + \frac{J}{z_{c(e-f)} \cdot \omega_{e-f}} = \frac{(H+h_1+h_2+\frac{h_3}{2})}{\sin \theta} + \frac{\frac{b \cdot l_{e-f}^3}{12}}{\frac{(H+h_1+h_2+\frac{h_3}{2})}{\sin \theta} \cdot \omega_{e-f}} = \frac{7.7m}{0.5} + \frac{\frac{1m \cdot (1.85m)^3}{12}}{\frac{7.7m}{0.5} \cdot 1.85m} =$$

$$15.4m + 0.02 = 15.42m$$

Bu yerda: $z_{c(e-f)}$ – og'irlik markazi: $z_{c(e-f)} = \frac{h_{c(e-f)}}{\sin \theta}$;

J - yuzaning o'qqa nisbatan inersiya momenti. Devor to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'lganligi uchun $J = \frac{b \cdot l_{(e-f)}^3}{12}$

Grafoanalitik usul

G.B.K.ni grafoanalitik usulda aniqlash uchun bosim epyurasi quriladi. Bunda, G.B.K. bosim epyurasining xajmiga teng bo'ladi. Ya'ni,

$$\mathcal{P} = W_{\text{Б.Э.}}$$

5. c - d devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

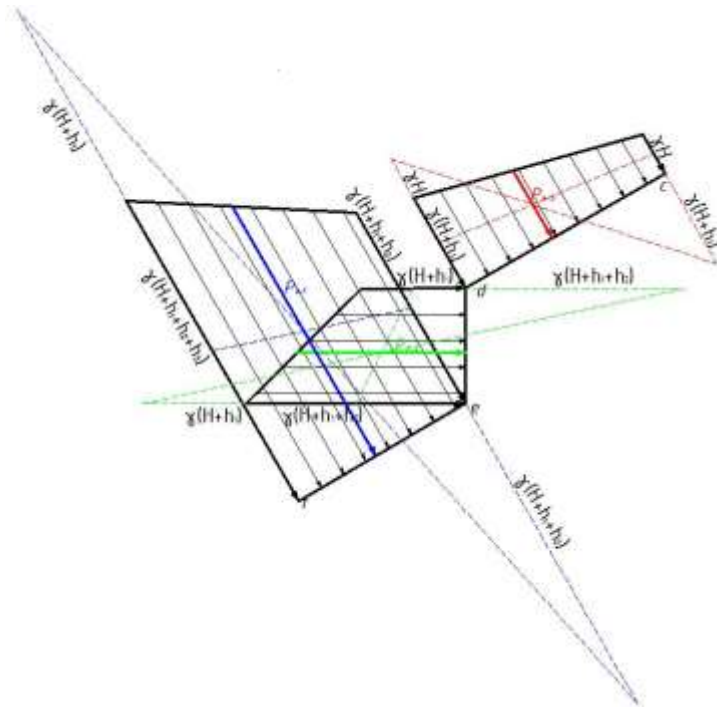
$$\mathcal{P}_{c-d} = W_{\text{Б.Э.}(c-d)} = \frac{\gamma \cdot H + \gamma \cdot (H+h_1)}{2} \cdot l_{c-d} \cdot b = \frac{1TK/m^3 \cdot 5.0m + 1TK/m^3 \cdot 6.0m}{2} \cdot 2.2m \cdot 1m = 12.11TK$$

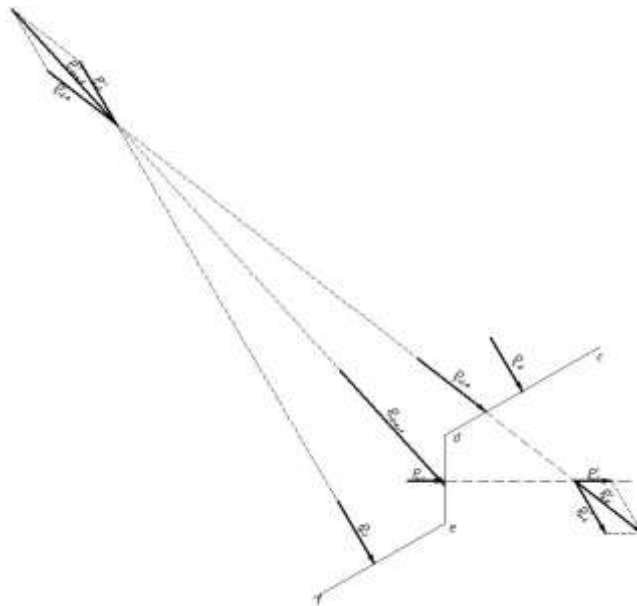
6. d - e devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{d-e} = W_{\text{Б.Э.}(d-e)} = \frac{\gamma \cdot (H+h_1) + \gamma \cdot (H+h_1+h_2)}{2} \cdot h_2 \cdot b = \frac{1TK/m^3 \cdot 6m + 1TK/m^3 \cdot 7.1m}{2} \cdot 1.1 \cdot 1m = 7.205TK$$

7. e - f devorga ta'sir qilayotgan G.B.Kni quyidagicha hisoblaymiz;

$$\mathcal{P}_{e-f} = W_{\text{Б.Э.}(e-f)} = \frac{\gamma \cdot (H+h_1+h_2) + \gamma \cdot (H+h_1+h_2+h_3)}{2} \cdot l_{e-f} \cdot b = \frac{1TK/m^3 \cdot 7.1m + 1TK/m^3 \cdot 8.3m}{2} \cdot 1.85m \cdot 1m = 14.23TK$$





Egri sirtga ta'sir etayotgan G.B.K.

Egri sirtga ta'sir etuvchi G.B.K.ni aniqlash uchun, uni gorizontaal tashkil etuvchisi \mathcal{P}_x va vertikal tashkil etuvchisi \mathcal{P}_z ajratamiz va ularni parallelogram qoidasi asosida qo'shamiz. Ya'ni,

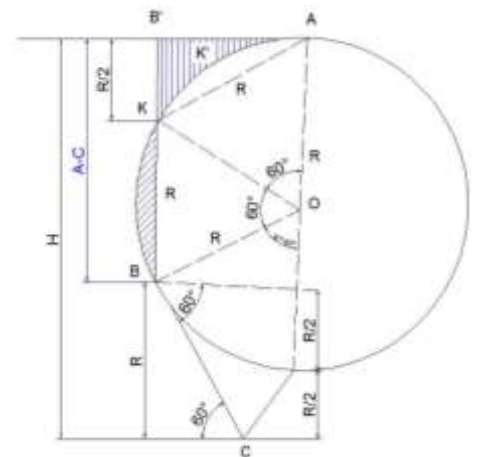
$$\mathcal{P} = \sqrt{\mathcal{P}_x^2 + \mathcal{P}_z^2}$$

1. Gorizontaal tashkil etuvchisi \mathcal{P}_x ni aniqlash uchun egri sirtni ixtiyoriy vertikal tekislikka proeksiyalaymiz. \mathcal{P}_z kuchi tekis sirtga ta'sir qilganday aniqlanadi.

$$\mathcal{P}_x = W_{\text{Б.Э.}} = \frac{(H-R) \cdot \gamma \cdot (H-R)}{2} \cdot b = \frac{3.0\text{m} \cdot 1\text{TK/m}^3 \cdot 3.0\text{m}}{2} \cdot 1\text{m} = 4.5\text{TK}$$

2. Vertikal tashkil etuvchisi \mathcal{P}_z ni aniqlaymiz. Bu kuchni aniqlash uchun bosim tanasini quramiz. Egri sirtning chetki nuqtalaridan suvning sathiga yoki uning davomigacha perpendikulyar chiqaramiz. Bunda, egri sirt, suvning sathi yoki davomigacha hamda chiziq bilan chegaralangan soha **bosim tanasi** deyiladi va \mathcal{P}_z kuchi bosim tanasidagi suyuqlikning og'irligiga teng.

$$\mathcal{P}_z = W_{\text{Б.Т.}} \cdot \gamma$$



3. Bosim tanasini hisoblaymiz.

$$BK = R = 2.0\text{m}$$

$$KB' = H - 2R = 5.0\text{m} - 2 \cdot 2.0\text{m} = 1.0\text{m}$$

$$AB' = R \sin \varphi = 2.0\text{m} \cdot \sin 60^\circ = 1.62\text{m}$$

$$KB' = \frac{R}{2} = \frac{2.0m}{2} = 1.0m$$

$$S_{K BK} = \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi\varphi}{180} - \sin\varphi \right) = \frac{(2.0m)^2}{2} \left(\frac{3.14 \cdot 60^\circ}{180^\circ} - \sin 60^\circ \right) = 0.48m^2$$

$$S_{OKB'A} = \frac{KB' + R}{2} \cdot AB' = \frac{1.0m + 2.0m}{2} \cdot 1.62 = 2.43m^2$$

$$S_{OKK'A} = \frac{\pi R^2}{360} \cdot \varphi = \frac{3.14 \cdot (2.0m)^2}{360^\circ} \cdot 60^\circ = 2.09m^2$$

$$S_{B.T.} = S_{OKB'A} - S_{OKK'A} + S_{K BK} = 2.43m^2 - 2.09m^2 + 0.48m^2 = 0.82m^2$$

4. G.B.K.ni vertikal tashkil etuvchisini hisoblaymiz.

$$P_z = W_{B.T.} \cdot \gamma = S_{B.T.} \cdot b \cdot \gamma = 0.82m^2 \cdot 1m \cdot 1TK/m^3 = 0.82TK$$

5. Kuchlarni teng ta'sir etuvchisini aniqlaymiz.

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} = \sqrt{4.5^2 + 0.82^2} = 4.57TK$$

6. Kuchning yo'nalishini aniqlaymiz.

$$\tan \alpha = \frac{P_z}{P_x} = \frac{0.82TK}{4.5TK} = 0.18 \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{P_z}{P_x} = 11^\circ$$

7. Kuchning qo'yilish nuqtasini aniqlaymiz.

$$\begin{cases} z = kx \\ x^2 + z^2 = R^2 \Rightarrow x^2 + k^2 \cdot x^2 = R^2 \\ k = \tan \alpha \end{cases}$$

$$x^2 + \tan \alpha \cdot x^2 = R^2 \Rightarrow x = \sqrt{\frac{R^2}{\tan \alpha}} = \sqrt{\frac{(2m)^2}{0.18}} = 4.71m$$

$$z = \tan \alpha \cdot x = 0.18 \cdot 4.71m = 0.85m$$

GLOSSARIY

A

Arhimed qonuni - Suyuqlikka botirilgan jismga, suyuqlikning jism hajmidagi og'irlik kuchiga teng bo'lgan, vertikal yuqoriga yo'nalgan kuch ta'sir etadi. Bu holat Arhimed qonuni deb ataladi.

Anomal suyuqliklar - Nyutonning asosiy ichki ishqalanish qonunlariga bo'yinsunmaydigan suyuqliklarga nonyuton yoki anomal suyuqliklar deyiladi.

B

Barqaror (statsionar) harakat - deb, shunday harakatga aytiladiki, bunda suyuqlik harakatlanayotgan oblastning har qaysi nuqtalarida mahalliy tezliklar vaqt bo'yicha o'zgarmaydi.

Bir o'lchamli harakat - deb, tezliklari faqat bir koordinataga bog'liq bo'lgan harakatga aytiladi. Bunday harakat bilan bog'liq gidravlik masalalar yechimida faqat bo'ylama koordinatalariga bog'liq o'rtacha tezliklardan foydalaniladi.

Ideal suyuqlik - bu suyuqlik modeli, ya'ni tabiatda va texnikada uchramaydigan ideallashtirilgan muhit. Biroq bu ideallashtirilgan muhit dinamika qonunlarini o'rganishda katta ahamiyat kasb etadi. Ideal suyuqliklar harakatida ichki ishqalanish kuchlari sodir bo'lmaydi, demak, oqimda urinma kuchlanishlar bo'lmaydi.

Bosim markazi - Hidrostatik bosim kuchning tekis devorni kesib o'tgan nuqtasiga, bosim markazi deyiladi.

D

Dinamik qovushoqlik - tezlik gradienti birga teng bo'lganda suyuqlik qatlamlari tekkan birlik yuzasiga to'g'ri keluvchi ishqalanish kuchi.

G

Gidravlik radius - deb, oqim jonli kesimi yuzasining ho'llangan perimetri nisbatiga aytiladi

Gidrostatika – gidravlikaning bo'limi bo'lib, suyuqlik muvozanatining qonunlarini o'rganadi. Bu qonunlarni ko'rib chiqishdan oldin, tinch holatda bo'lgan suyuqlik hajmiga ta'sir qiluvchi kuchlarni qaraymiz.

Gidrostatik paradoks - Idish shakllaridan qat'iy nazar p_0 bosimlar, ρ zichliklar, ω yuzalar va chuqurliklar teng bo'lsa, unda gorizontal tublardagi bosim kuchlari bir xil bo'ladi. Bu Gidrostatik paradoks deyiladi

F

Fazoviy harakatda - kinematik xarakteristikalar uch x, y va z koordinatalarga bog'liq.

I

Ideal suyuqlik - bu suyuqlik modeli, ya'ni tabiatda va texnikada uchramaydigan ideallashtirilgan muhit. Biroq bu ideallashtirilgan muhit dinamika qonunlarini o'rganishda katta ahamiyat kasb etadi.

J

Harakat (Jonli) kesimi - Elementar oqim naychalarining ko'ndalang kesimlari oqim jonli kesimini tashkil etadilar. Oqim ko'ndalang kesimi yuzasining hamma nuqtalarida, shu yuzani kesib o'tadigan oqim chiziqlari normal yo'nalgan bo'lsa, bunday ko'ndalang kesim yuzasiga ω jonli kesim deyiladi.

K

Kinematik qovushoqlik - suyuqlik dinamik qovushqoqligining zichligi nisbatiga teng.

M

Massa (yoki hajmiy) kuchlar - bu kuchlar ajratib olingan suyuqlik hajmi massasiga proporsional (yoki o'zgarmas zichlik muhitida hajmga proporsional) va shu hajm muhitining hamma nuqtalarida ta'sir qiladi.

Nonyuton qovushqoq – plastik suyuqliklar - o'zlariga nyuton suyuqliklar qovushqoqligini va qattiq plastik jism xossalarini mujassam etadilar.

P

Paskal qonuni - Gidrostatikaning $p = p_0 + \rho gh$ asosiy tenglamasidan ko'ramizki, tinch holatda bo'lgan suyuqlikning p_0 sirtidagi bosim shu idish ichidagi suyuqlikning istalgan nuqtasiga o'zgarishsiz ta'sir qiladi.

S

Sirtqi kuchlar - Bu kuchlar ajratib olingan suyuqlik hajmining tashqi sirtlariga ta'sir qiladi va shu sirtlar yuzalariga proporsional. Sirtqi kuchlarga suyuqlikning erkin sirtidagi atmosfera bosimi, suyuqlikdagi idish devori bosimi,

suyuqlikdagi porshen bosimi va h.k. Sirtqi kuchlar ajratilgan suyuqlik hajmining sirti bo'yicha uzluksiz taqsimlangan.

Suyuqlik - bu oquvchanlikka ega bo'lgan jism. Tomchili suyuqlik va gazlar oquvchanligi bilan xarakterlanadi. Moddalar holati, uning atom-molekulyar tuzilishi bilan aniqlanadi.

Suyuqlikning nisbiy muvozanati - uning harakatida zarrachalarining yon tomonidagi zarrachalar bilan aralashishi sodir bo'lmaydi va suyuqlikning hamma massasining qattiq jism kabi harakatlanishiga aytiladi.

Suzayotgan jismning mustahkam muvozanati - deb, jismning tinch holatdan chiqishiga va qandaydir yotiq holatga olib kelgan kuch ta'siridan keyin, uning boshlang'ich holatiga qaytishiga aytiladi.

T

Teng bosimli sirt - sirtning hamma nuqtalarida bosim bir xil bo'lsa, bunday sirtlarni teng bosimli sirt deyiladi.

Tutash idishlar - pastki tomonlari o'zaro birlashgan idishlar. Idishlarning qanday shakldaligidan qat'i nazar ular bir xil suyuqlik bilan to'ldirilsa, ikkala idishda ham suyuqlik sathi birday bo'ladi. Agar idishlar har xil suyuqliklar bilan to'ldirilsa, zichliklari turlicha bo'lganligi uchun ularning sathi har xil balandlikda joylashadi, chunki balandlik zichlikka teskari mutanosib. Agar tutash idishlarning bir tirsagi berk bo'lsa, suyuqliklar satxlari orasidagi farq o'sha berk tirsakdagi bosimga bog'liq bo'ladi. Manometrlar, bug' qozonlarining suv o'lchash asboblari, suyuqliklarning zichligini o'lchash asboblari va boshqa asboblarda qo'llanadi.

Trayektoriya - Suyuqlik zarrachasining vaqtga bog'liq holda bosib o'tgan yo'li, uning trayektoriyasi deyiladi.

V

Vakuum - agar nuqtada absolyut bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lsa, unda absolyut bosimning atmosfera bosimigacha yetmasligi vakuum deyiladi

Y

Yaxlit uzluksiz muhit - suyuqlikning modeli bo'lib, uning tinch holati va harakatini o'rganishda foydalaniladi: yaxlit uzluksiz muhit deb faraz qilish, suyuqlik harakatini tavsiflovchi hamma parametrlarini koordinata va vaqtning uzluksiz va differensiallanadigan funksiyalari deb hisoblash mumkinligini ko'rsatadi.

Q

Qovushoqlik - suyuqlikning qatlamlari nisbiy siljishiga qarshilik ko'rsatish xossasi.

FOYDALANILGAN ADABIYOT

1. A.Arifjanov, Q.Raximov, A.Xodjiev *Gidravlika*. Toshkent. TIMI 2016.
2. Arifjanov A.M., Raximov Q.T., Samiev L.N., Apakxujaeva T.U., Atakulov D.Ye. *Gidravlika va gidravlik mashinalar*. Toshkent. TIQXMMI 2020.
3. Arifjanov A.M., Samiev L.N., Atakulov D.Ye. *Gidravlika (gidrodinamika bo‘limi)*. Toshkent. TIQXMMI 2020.
4. A.M. Arifjanov, X.Fayziev, A.U.Toshxojaev *Gidravlika*. Toshkent. TAQI 2019.
5. Latipov K.Sh. «*Gidravlika, gidromashinalar va gidroyuritmalar*»- darslik, Toshkent. O‘qituvchi, 1992 y.
6. Latipov Q.Sh., Arifjanov A.M., Fayziyev X., «*Gidravlika*», Toshkent. TAQI, 2015y.
7. Melvyn Kay, *Practical Hydraulics* (Taylor & Francis 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN) 2008.-253 pages
8. K.Sh.Latipov, A.Arifjanov, X.Kadirov, B.Toshov «*Gidravlika va gidravlik mashinalar*», Navoiy sh., Alisher Navoiy, 2014 y.-406b.
9. Philip M. Gerhart Andrew L. Gerhart John I. Hochstein *Fundamentals of Fluid Mechanics*. ISBN 978-1-119-08070-1 (Binder-Ready Version). USA 2016
10. H. Chanson *The Hydraulics of Open Channel Flow: An Introduction*. ISBN 0 7506 5978 5. Technology Rights Department in Oxford, UK. 2004
11. Joseph B. Franzini, E. John Finnemore *Fluid Mechanics with Engineering Applications*. ISBN 0-07-021914 1. North America. 1997.
12. Frank M. White *Fluid Mechanics*. ISBN 978-0-07-339827-3. USA 2011
13. Philippe Gourbesville • Jean Cunge Guy Caignaert *Advances in Hydroinformatics*. ISBN 978-981-10-7217-8. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018
14. Charles L.Mader *NUMERICAL MODELING of WATER WAVES*. ISBN 0-203-49219-6. Florida. 2004
15. P. Novak, V. Guino t, A. Jeff rey and D. E. Reeve *Hydraulic Modelling – an Introduction*. ISBN13: 978-0-203-86162-2 (ebk). New York, NY 10016, USA. 2010

16. A.Arifjanov, P.N.Gurina. *Gidravlika (Uchebnoye posobiye)*. -Tashkent. TIMI, 2011g.-182b.
17. A.M.Arifjanov «*Gidravlikadan masalalar to‘plami*» - Toshkent, 2005 y.-88b.
18. John Fenton *A First Course in Hydraulics (Vienna University of Technology, Austria)*, 2012. -120 pages
19. A.M.Arifjanov, *laboratorniy praktikum po kursu «Gidravlika i gidravlicheskiye mashini»* - g.Tashkent, TIMI, 2007 g.-82 s.
20. Nubert Chanson (2004) *Environmental Hydraulics of open channel flows (Butterworth -Heinemann: Oxfort, UK)*, 634 pages.

MUNDARIJA

	Soʻz boshi	4
	Kirish	5
	1-boʻlim. Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari	15
1.1	Fizik kattaliklarning oʻlchov birliklari	15
1.2	Suyuqlik nima?	21
1.2.1	Suyuqliklarga taʼsir qiluvchi kuchlar	22
1.3	Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari	22
1.4	Plastinalar orasidagi oqim	34
1.5	Sirt tarangligi (kapillyarlik)	35
1.6	Suyuqlik toʻyingan bugʻining bosimi	36
1.7	Gazlarning suyuqlikda erishi. Kavitatsiya hodisasi haqida tushuncha	37
1.8	Suyuqlikning termodinamik xossalari	38
1.9	Ideal suyuqlik modeli	39
1.10	Nyuton qonuniga boʻysunmaydigan suyuqliklar	39
	Amaliy mashgʻulotlarga doir koʻrsatma	42
	2-boʻlim. Hidrostatika	47
2.1	Gidrostatik bosim	47
2.2	Gidrostatik bosimning xossalari	49
2.3	Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi	51
2.4	Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt	54
2.5	Nisbiy muvozanat	55
2.6	Gidrostatikaning asosiy tenglamasi	57
2.7	Gidrostatika asosiy tenglamasining natijalari	60
2.7.1	Absolyut, manometrik, vakuummetrik va atmosfera bosimlari	61
2.7.2	Tutash idishlar qonuni	62
2.7.3	Paskal qonuni	62
2.8	Bosim oʻlchov birliklari	65
2.9	Bosim oʻlchash asboblari	66
2.10	Gidrostatik mashinalar	71

	Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma:	75
	3-Bo'lim. Hidrostatik bosim kuchini hisoblash	84
3.1	Tekis sirtga ta'sir qiluvshi gidrostatik bosim kuchi	84
3.1.1	Ihtiyoriy tekis sirtga ta'sir qiluvshi bosim kuchini hisoblash	86
3.2	Bosim markazini aniqlash	87
3.3	Ihtiyoriy tekis sirtga ta'sir qiluvshi bosim kuchini grafoanalitik usulda hisoblash	89
3.4	Gidrostatik g`ayritabiiylik (paradoks)	91
	Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma	92
	4-Bo'lim. Egri sirtlarga ta'sir qiluvshi bosim	110
4.1	Gidrostatik bosim kuchining silindrik sirtga ta'sirini hisoblash	111
4.2	Bosim tanasini qurish	114
4.3	Aylana shakldagi quvur ichidan ta'sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi	115
	Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma:	117
	Mustaqil yechishga doir masalalar:	122
	5-Bo'lim. Jismlarning suyuqlikda suzishi	123
5.1	Arximed qonuni	123
5.2	Suzuvchanlik	125
	Amaliy mashg'ulotlarga doir ko'rsatma	128
	Mustaqil yechishga doir masalalar:	128
	Amaliy mashg'ulotlarni bajarish bo'yicha hisob grafik ishlarini bajarish	
	Hisob grafik ishini bajarish bo'yicha ko'rsatma	131
	Glossariy	153
	Adabiyotlar	158
	Mundarija	159