

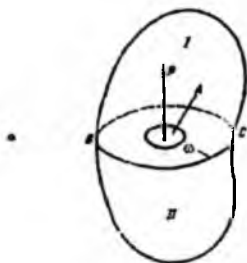
II BOB. GIDROSTATIKA

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

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

2.1. Suyuqliklarda bosim

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



2.1-rasm. Suyuqliklarda bosim tushunchasiga doir chizma.

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

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

$$p_{\text{ost}} = \frac{P}{\omega}$$

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 gidrostatik bosim deb ataladi. Umumiy holda gidrostatik bosim p bilan o'rtacha gidrostatik bosim p_{or} teng emas. Ular bir-biridan kichik miqdorga farq qiladi.

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

2.2. Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari

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

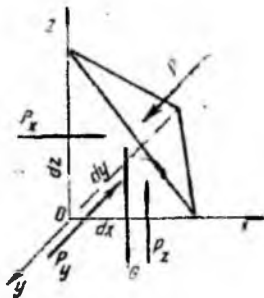
1 - x o s s a – *gidrostatik bosim u ta'sir qilayotgan yuzaga normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.* Bu xossaning to'g'riligini isbotlash uchun gidrostatik bosim p o'zi ta'sir qilayotgan yuzaga normal bo'yicha yo'nalmagan deb faraz qilamiz. Bu holda p normal va urinma yo'nalishlarda proyeksiyalarga ega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

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

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

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

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



2.2-rasm. Bosimlarning xossalariга doir chizma.

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

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

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:

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

Yuqoridagi tenglamalar qisqartirilgandan keyin quyidagicha yoziladi:

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

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

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

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

2.3. Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi

(Eylar differentsial tenglamasi)

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

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

Shuningdek, Oy o'qi bo'yicha, yOz tekislikda yotuvchi sirtga $p dx dz$, unga parallel bo'lgan sirtga esa, $\left(p + \frac{\partial p}{\partial y} dy\right) dx dz$ kuchlar ta'sir qiladi.

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

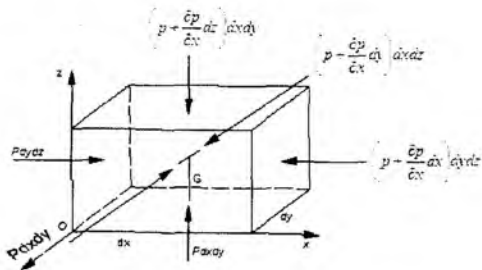
$$p dx dz - \left(p + \frac{\partial p}{\partial y} dy\right) dx dz - \rho y dx dy dz = 0 \quad (2.1)$$

Shuningdek, Oz o'qi bo'yicha

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

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

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



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

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

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

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

2.4. Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt

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

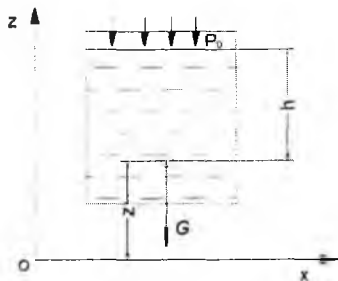
$$\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = \rho(Xdx + Ydy + Zdz).$$

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

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

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

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



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

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

2.5. Eyler tenglamasining integrallari

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

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

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

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

bo'ladi. Bu qiymatlarni (2.4) ga qo'ysak, $gdz = 0$ ga ega bo'lamiz. Uni integrallasak, $gz = \text{const}$ bo'ladi. Bu esa gorizont tekislikning tenglamasidir. Shunday qilib, tinch turgan suyuqliklar uchun har qanday gorizont tekislik bosimi teng sirtidan iborat. Uning havo bilan chegaralangan sirti ham gorizont bo'lib, u erkin sirt bo'ladi. Erkin sirtida bosim p_0 ekanligini hisobga olsak, (2.3) tenglamadan quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$p = \rho h + p_0$$

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

b) Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik

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

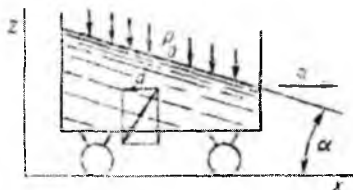
$$X = -a, Y = 0, Z = -g$$

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

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

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

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



2.4 -pasm Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan idishdagi suyuqlik.

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

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

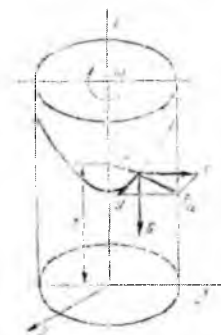
v) Aylanayotgan idishdagi suyuqlik.

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

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

Uning proyeksiyalari esa quyidagicha topiladi:

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



2.5-rasm Aylanayotgan jism ichidagi suyuqlik.

Shuning uchun birlik massa kuchlar quyidagilarga teng:

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

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

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

Uni integrallasak

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

bo'ladi.

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

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

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

2.6. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi

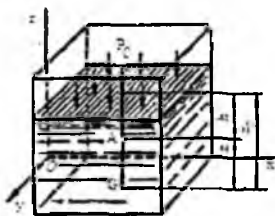
Tinch turgan idishdagi suyuqlikni qaraymiz. Bu suyuqlikka og'irlik kuchi ta'sir etadi. Koordinata o'qlarini O_x o'qi vertikal yuqoriga yo'naladigan qilib yo'naltiramiz (2.6-rasm).

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

$$\bullet \quad X = 0; \quad Y = 0; \quad Z = -g$$

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

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



2.6-rasm. Hidrostatikaning tenglamasiga doir chizma.

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

$$dp = -\rho g dz$$

(Bu tenglamani (2.3) dan ham olish mumkin.) Bu esa yuqorida (1.14-§ da) aytilgandek tinch turgan idishlardagi suyuqlik bosimi gorizontaal sirtlar bo'yicha o'zgarmas degan

fikrni tasdiqlaydi. Oxirgi tenglamani erkin sirtidan z nuqttagacha bo'lgan oraliq uchun integrallaymiz va quyidagi tenglamani chiqaramiz:

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

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

$$p = p_0 + \rho gh$$

yoki

$$p = p_0 + \gamma h \quad (2.8)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bosimni o'lchash uchun texnikada turli birliklar ishlatiladi:

1. Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati, masalan,

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

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

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

4. Chegirma bosim yuqoridagi birliklarda o'lchanadi va **atmlarda** hisoblanadi.

2.8. Bosim o'lchash asboblari

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

I. Suyuqlik asboblari:

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

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

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

$$h + h_0 = \frac{p_A - p_a}{\gamma}$$

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

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

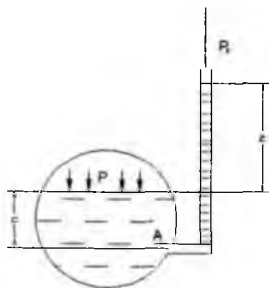
$$p_A = p + \gamma h_1$$

Simobli naychadagi qiymatlar orqali esa

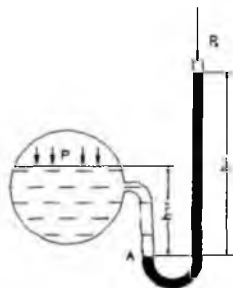
$$p_A = p_a + \gamma_{sm} h_{sm}$$

Bu ikki tenglikdan p ni topamiz:

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



2.7- rasm. Pezometr.

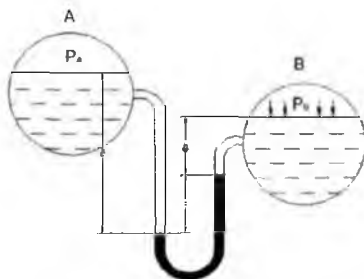


2.8-rasm. U-simon manometr.

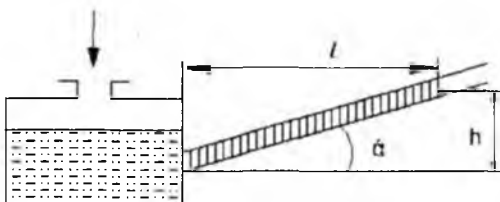
Bunday manometrlar ham bir necha atmosferadan ortiq bosimni o'lchashga yaramaydi. v) *Differentsial manometrlar* - ikki idishdagi bosimlar farqini o'lchash uchun ishlatiladi (2.9- rasm). Bosimlarni p_a va p_v ga teng bo'lgan ikki idish simobli

U-simon naycha orqali tutashtirilgan. Bu holda C nuqtadagi bosim birinchi idishdan bosim orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$p_c = p_a + \gamma h_1$$



2.9-rasm. Differentsial manometr.



2.10- rasm. Mikromanometr

Ikkinchi idishdagi bosim orqali esa

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

U holda idishlardagi bosimlar farqi

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

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

$$P_a - P_v = (\gamma_{sm} - \gamma_1) h$$

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

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

shisha naychanning qiyalik burchagi α qancha kichik bo'lsa, bosim shuncha aniq o'lchanadi. Ko'p hollarda manometr shisha naychasining qiyalik burchagini

o'zgaruvchan qilib ishlanadi. Bu holda mikromanometrlarning qo'llanish chegarasi kengayadi.

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

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

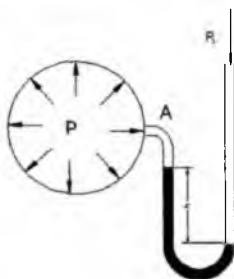
u holda

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

simob ustunining pasayishi idishdagi bosim va p_a orqali quyidagicha ifodalanadi:

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

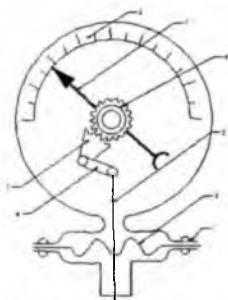
II. **Mexanik asboblار** (katta bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi va buning uchun turli mexanik sistemalardan foydalaniladi):



2.11- rasm. Vakuummترل



2.12-rasm Prujinali manometr.



2.13-rasm. Membranali manometr.

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

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

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

2.9. Paskal qonuni

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

$$p_A = p_0 + \gamma h_A$$

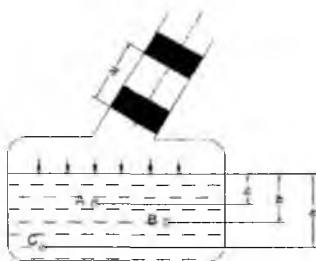
B va C nuqtalarda esa

$$p_B = p_0 + \gamma h_B$$

$$p_C = p_0 + \gamma h_C$$

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

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



2.14-rasm. Paskal qonunini tushuntirishga doir chizma.

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

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

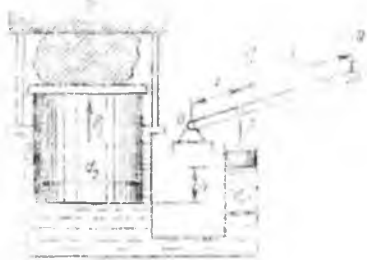
Bundan quyidagicha xulosa kelib chiqadi: *yopiq idishdagi suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil miqdorda (o'zgarishsiz) tarqaladi.* Bu Paskal qonuni sifatida ma'lum. Ko'pgina gidromashinalarning tuzilishi ana shu qonunga asoslangan (masalan, gidropress, domkratlar,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

2.10. Gidrostatik 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** (2.15-rasm) gidrostatik qonunlar asosida katta kuchlar hosil qilish uchun foydalaniladi. Bu narsa presslash, shtamplash, toblash, materiallarni sinash va boshqa ishlar uchun kerak. Ular ikki xil diametrli o'zaro tutashtirilgan ikki silindrdan iborat bo'lib, birinchi silindrda diametri d_1 , katta silindrda esa diametri d_2 ga teng bo'lgan ikki porshen harakatlanadi. Kichik porshenga OAB richag orqali kuch qo'yiladi. Katta porshenga stol o'rnatilib, bu stol

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 stollil porshen harakatga keladi. Bunday harakat stol ustidagi buyum devor D ga taqalguncha davom etadi. Stolning bundan so'nggi ko'tarilishi natijasida buyum siqila boradi va u presslanadi.



2.15-rasm. *Gidropressning sxemasi.*

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

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

Bu tenglamadan kichik porshenga ta'sir qiluvchi kuchni topamiz:

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

u holda kichik porshen ostidagi suyuqlik bosimi

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

ga teng bo'ladi. Katta porshen ostidagi bosim esa

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

Bu yerda h porshenlarning ostki sirtlari orasidagi geometrik masofa.

• Natijada katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch quyidagicha topiladi:

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

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

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

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

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

Bu yerda η yuqorida aytilgan xatoliklarni o'z ichiga oluvchi koeffitsiyent bo'lib, uni foydali ish koeffitsiyenti deb ataladi. Amalda bu koeffitsiyent qiymati 0,75 bilan 0,85 o'rtasida bo'ladi. Keltirilgan hisobdan ko'rinib turibdiki, silindrlarning diametrlari va richagning yelkasini tanlab olish yo'li bilan presslovchi kuchni istagancha katta qilish mumkin. Amalda esa juda katta kuchlar paydo bo'lganda silindrlar devori deformatsiyalanishi va hatto buzilishi mumkin. Bu esa qo'shimcha qiyinchiliklar tug'diradi. Hozirgi vaqtda mavjud 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 orilgan yelka (obkash) li

plunjerdan iborat bo'lib, silindrga gidrosistemaning suyuqlik harakat qiluvchi qismlari quvur orqali tutashtirilgan bo'ladi. Sistemada bosim ortib ketsa, suyuqlik silindrga o'tib yukli plunjerni ko'taradi, bosim kamayganda esa plunjer pastga tushib suyuqlik silindrdan sistemaga qarab oqadi. Natijada bosimning o'zgarishi tekislanadi.

2.16-rasmda pnevmatik gidroakkumulyator tasvirlangan. U korpus 1, diafragma 2 dan tuzilgan bo'lib, shtutser 4 orqali gidrosistemaga ulangan bo'ladi. Shtutser 5 gidroakkumulyatorni gaz bilan to'ldirish uchun xizmat qiladi. Shayba 8 esa gazning rezina diafragmani korpusga bosib (akkumulyatorida bosim kamayganda) ezib qo'yishidan saqlaydi.

Diafragmani harakatga keltiruvchi kuch:

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

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

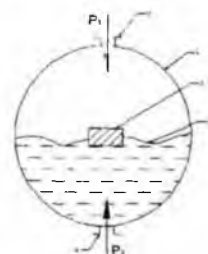
$$p = \frac{(p_1 - p_2)\omega + F_2}{\omega}. \quad (2.25)$$

Bu holda haqiqiy bajarilgan ish

$$A_r = \eta A = \eta \int pshdh \quad (2.26)$$

bu yerda η – gidroakkumulyatorning foydali ish koeffitsiyenti.

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



2.16- rasm. Pnevmatik gidroakkumulyatorning sxemasi.

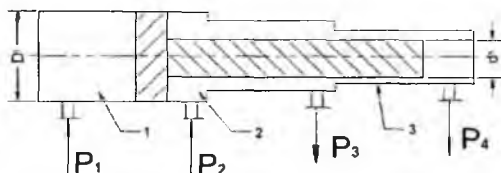
v) **Gidromultiplikatorlar** gidrosistemadagi bosimni, uning biror qismida oshirib berish uchun foydalaniladi. Bu vazifa ko'p hollarda xususan gidroakkumulyatorlar

yetarli bosimni ta'minlab berolmaganda muhim ahamiyatga ega. 2.17-rasmda gidromultiplikatorning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan. U differentsial silindrda harakatlanuvchi differentsial porshendan tashkil topgan. Bo'shliq 1 gidrosistemaga ulangan, bo'shliq 2 ortiqcha suyuqlikning oqib ketishi uchun, bo'shliq 3 esa suyuqlikning - gidrosistemaning ish bajaruvchi organiga bog'langan. Bo'shliq 2 dagi chegirma bosimni hisobga olmaganimizda uchinchi bo'shliqdagi bosim quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

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

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

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



2.17- rasm. Gidromultiplikatorning chizmasi.

Amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir ko'rsatma:

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

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

issiqlikdan kengayish harorat koeffitsiyenti.

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

Yechimi:

Siqilish va haroratdan kengayish formulalaridan foydalanib quyidagilarni yozamiz:

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

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

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

$$\beta_w P_1 = \beta_t t_1$$

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

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

Yechish:

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

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

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

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

Yuqoridagi formulaga olib borsak, burcha quyidagi songa teng bo'ladi:

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

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

Yechimi:

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

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

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

Tenglamaning o'ng tomonlarini tenglashtirib, h ni aniqlaymiz:

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

Ma'lumki,

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

u holda

$$h_2(\rho_2 g - \rho g) = \rho g h_1$$

$$h_1 = \frac{\rho g h_2}{\rho g - \rho_2 g} = \frac{\rho h_2}{\rho - \rho_2} = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,3 \text{ m}}{300 \text{ kg/m}^3} = 1,0 \text{ m}$$

2. Bakdagi benzin og'irligi:

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

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

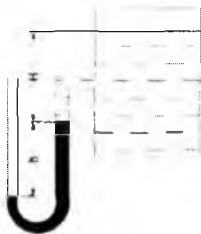
Yechimi:

1. (1.2) formuladan S nuqtadagi bosim

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

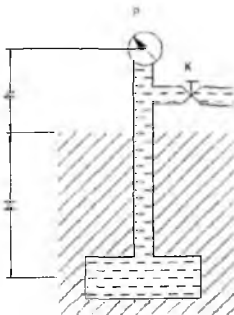
2. Suyuqlik sathidagi bosim

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



2.18-rasm

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



2.19- rasm.

Yechimi:

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

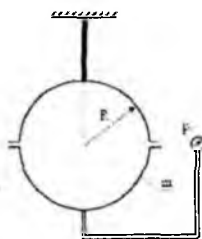
$$P_A = P_a - P_v$$

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

2. C nuqtadagi absolyut bosimni quyidagi formula yordamida hisoblaymiz:

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

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



2.20-rasm.

Berilgan:

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

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

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

$$P_v = ?$$

Yechish.

1) Shar markazidan 1 – 1 kesim belgilab yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \pi R^2 = 3,14 \cdot 0,4^2 = 0,5024 \text{ m}^2$$

2) Yarimsharning hajmini aniqlaymiz.

$$W = \frac{2}{3} \cdot \pi R^2 = \frac{2}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,4^2 = 0,133 \text{ m}^3$$

3) Vertikal tashkil etuvchi P_z kuchni aniqlaymiz.

$$F_z = \gamma_w \cdot 2 = 10 \cdot 0.133 \cdot 2 = 2.66 \text{ kN}$$

4) Shar markazida a nuqta belgilab muvozanat tenglamasini tuzamiz.

$$P_a = \frac{P_z + G}{\omega} = \frac{2.66 + 1.5}{0.5024} = 8.28 \text{ kN/m}^2$$

Javob: $P_v = 8.28 \text{ kN/m}^2$

Mustaqil yechishga doir masalalar:

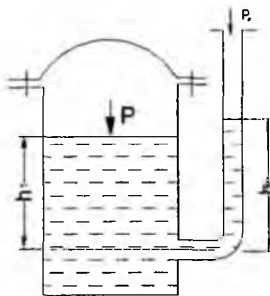
1. Idish tubidagi to'la gidrostatik bosimni toping. Idishning usti ochiq bo'lib, uning erkin sirtidagi bosim atmosfera bosimiga teng.

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

2. Yopiq idishga o'rnatilgan pezometrdagi suyuqlik sathini h_p toping. Suv sathidagi absolyut bosim: $P = 1,06 \text{ at}$; $h_1 = 60 \text{ sm}$; $P_a = 760 \text{ mm}$ simob ustuniga teng. (2.20-rasm).

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

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



2.21-rasm.



2.22-rasm.

Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim kuchi

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

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

Suyuqlik tubidagi bosim kuchi esa

$$P = \gamma h \omega$$

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

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

Bu holda idish tubiga bo'lgan bosim kuchi idishlarda

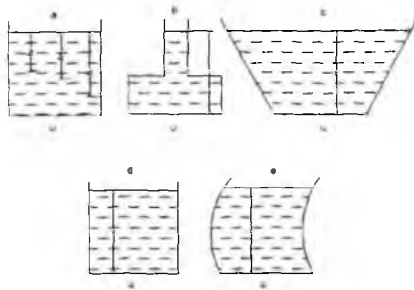
$$P_a = \gamma h \omega; \quad P_b = \gamma h \omega; \quad P_c = \gamma h \omega; \quad P_e = \gamma h \omega \quad (2.28)$$

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

$$P = \gamma h \omega.$$

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

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



2.24-rasm. Hidrostatik paradoksga doir chizma.

Bu hodisa gidrostatik g'ayritabiiylik deb ataladi. Bu savolga javob olish uchun Paskal qonunini chuqurroq talqin qilish kerak. Masalan, 2.24, b va 2.24, c-rasmlarni tekshirsak,

birinchi holda idishning yuqoridagi devorlarida bosim yuqoriga yo'nalgan bo'lib, reaksiya kuchlari pastga yo'nalgan, 2.24, c da esa aksincha.

Ana shu hodisalar gidrostatik g'ayritabiiylikning mohiyatini ochib beradi.

b) Suyuqlikning qiya sirtga bosimi.

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

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

Bu yerda γh - suyuqlik ustunining bosimi; p_0 - erkin sirtidagi bosim. U holda ω yuzaga ta'sir qilayotgan to'la bosim quyidagi formula bilan aniqlanadi:

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

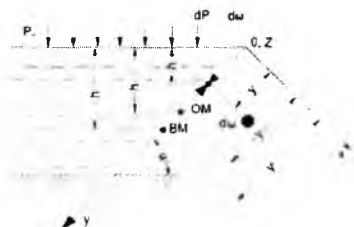
agar

$$h = y \sin \alpha$$

ekanligini hisobga olsak:

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

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



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

Statik moment haqidagi tushunchaga asosan

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

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

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

demak,

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

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

$$P_o = P_4 + P_a$$

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

$$P_u = \gamma h_{O,M} \omega \quad (2.32)$$

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

$$P_a = P_0 \omega$$

va chegirma bosim kuchi

$$P_u = \gamma h_{o,m} \omega$$

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

s) Bosim markazini topish

Chegirma bosim teng ta'sir etuvchisining qo'yilish nuqtasi bosim markazi deb ataladi. Bu nuqtani topish shitlarning o'lchamlarini aniqlash uchun kerak bo'ladi. Shuning uchun bosim markazi koordinatasini topish shitlarni hisoblashda juda zarur.

2.25-rasmdan bosim markazining koordinatasi $y_{b,m}$ ga teng deb hisoblab, ω sirtga ta'sir

qilayotgan momentni aniqlaymiz:

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

Rasmdan

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

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

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

bu yerda $I_v = \int y^2 d\omega$ – ko‘rilayotgan sirtning Ox o‘qqa nisbatan inertsiya momenti.

U holda (2.34) dan bosim markazini topamiz:

$$y_{o.m.} = \frac{I_v}{\omega y_{o.m.}} \quad (2.35)$$

Inertsiya momentini quyidagicha ifodalash mumkin:

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

bu yerda $I_{o.m.}$ – ko‘rilayotgan yuzaning uning og‘irlik markazidan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inertsiya momenti.

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

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

Bu tenglamadan ko‘rinadiki, bosim markazi ko‘rilayotgan qiya sirt og‘irlik markazidan

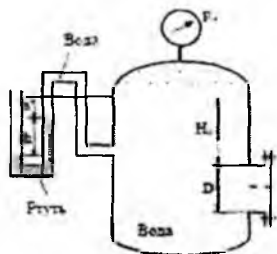
$\frac{I_{o.m.}}{\omega y_{o.m.}}$ miqdorda pastda joylashgan bo‘lib, sirt gorizontal bo‘lgan xususiy holdagina bu

farq 0 ga teng, (ya’ni, og‘irlik markazi bilan bosim markazi ustma-ust tushadi).

Amaliy mashg‘ulotlarni bajarishga doir ko‘rsatma:

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

1. Diametri $D = 1m$. Manometr ko‘rsatgichi $P_m = 0.08 MPa$ $H_0 = 15m$. Vakuummeter (simob) ko‘rsatgichi $h = 73.5 mm$ $a = 1m$ $\rho_{sim} = 13600 kg/m^3$



2.26-rasm

Berilgan

$$H_0 = 1.5 m$$

$$D = 1 m$$

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

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

Yechish

Birinchi holat uchun.

1) Qopqoqning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = P_N + \gamma \cdot h_c = P_N + \gamma \cdot \left(H_0 - \frac{D}{2} \right) = 30 - 10 \cdot \left(1,5 - \frac{1}{2} \right) = 80 + 10 \cdot 2 = \frac{100 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

2) Qopqoq yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,785 \cdot 1^2 = 0,785 \text{ m}^2$$

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

$$F = P_c \cdot \omega = 100 \cdot 0,785 = 78,5 \text{ kN}$$

Ikkinchi holat uchun.

1) Rezervuardagi suvning sathidagi vakuummetrik bosimni aniqlaymiz.

$$P_V = \gamma_{\text{suv}} \cdot h + a \cdot \gamma = 136 \cdot 0,0735 + 1 \cdot 10 = 19,996 \approx 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2) Qopqoqning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = \gamma \cdot h_c - P_V = \gamma \cdot \left(H_0 + \frac{D}{2} \right) - P_V = 10 \cdot (1,5 + 0,5) - 20 = 20 - 20 = 0$$

3) Qopqoqqa ta'sir etayotgan GBK 0 ga teng.

$$F = P_c \cdot \omega = 0 \cdot \omega = 0$$

Javob: $F = 0$

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

Yeshimi:

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

Formuladan ixtiyoriy nuqtadagi bosim:

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

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

U holda

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

3. Tekis shakl yuzasini aniqlaymiz:

$$\omega = ba$$

4. Hidrostatik bosim kuchini aniqlaymiz:

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

Berilgan qiymatlarni qo'yib, gidrostatik bosim kuchini hisoblaymiz:

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

5. Bosim markazini aniqlaymiz:

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

Bu yerda:

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

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

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

Endi bosim markazini aniqlashni boshqa hollarda ham ko'ramiz.

3. Yuqoridagi masalada idish devori burchak ostida joylashgan bo'lsa z_D ni aniqlaymiz:

bu yerda: $H_0 = 1,5$

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

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

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

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

u holda

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

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

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

Bu yerda: J_0^1 – tekis shakl proyeksiyasining inertsiya momenti;
 ω_1 – tekis shaklning vertikal tekislikka proyeksiyasi.

U holda,

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

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

Aniqlansin:

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

Berilgan:

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

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

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

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

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

Yechish:

- Zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

- Yuzani aniqlaymiz.

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

- Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega = 11.5 \cdot 25 = 287.5 \text{ kN}$$

- Bosim markazini aniqlaymiz

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

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

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

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

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

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

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

6) Sharnirdagi R reaksiya kuchini aniqlaymiz.

$$\sum M_A = 0$$

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

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

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

3 – Masala. Ikki qismga ajratilgan rezervuar oʻrtasiga boʻyi $h = 0.4 \text{ m}$, eni $b = 0.8 \text{ m}$ boʻlgan shit oʻrnatilgan. Suvning chuqurliklari $H_1 = 1.6 \text{ m}$, $H_2 = 1.0 \text{ m}$, $\alpha = 60^\circ$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. Shitni ochish uchun kerak boʻlgan T kuchi va A tayanchdagi reaksiya kuchini aniqlang.

Berilgan:

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

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

$$\alpha = 60$$

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

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

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

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

Yechish:

1) Chap tomondan shitning ogʻirlik markazidagi bosimni aniqlaymiz

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

2) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = a \cdot b = 0.4 \cdot 0.8 = 0.32 \text{ m}^2$$

3) Taʼsir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F_1 = P_c \cdot \omega = 14 \cdot 0.32 = 4.48 \text{ kN}$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$\dot{h}_{d1} = \dot{h}_c \frac{J}{\dot{h}_c \cdot \omega}$$

$$\dot{h}_c = 1.4 \text{ m} \quad \omega = 0.32 \text{ m}^2$$

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

$$\dot{h}_{d1} = 1.4 + \frac{0.0042}{1.4 \cdot 0.32} = 1.409 \text{ m}$$

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

$$P_c = \nu \cdot \dot{h}_c = \gamma \cdot \left(H_2 - \frac{h}{2} \right) = 10 \cdot \left(1 - \frac{0.4}{2} \right) = 10 \cdot 0.3 = 8 \text{ kN/m}^2$$

6) Yuzasini aniqlaymiz.

$$\omega = a \cdot b = 0.4 \cdot 0.8 = 0.32 \text{ m}^2$$

7) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F_2 = P_c \cdot \omega = 8 \cdot 0.32 = 2.56 \text{ kN}$$

8) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$\dot{h}_{d2} = \dot{h}_c + \frac{J}{\dot{h}_c \cdot \omega}$$

$$\dot{h}_c = 0.8 \text{ m} \quad \omega = 0.32 \text{ m}^2$$

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

$$\dot{h}_{d2} = 0.8 + \frac{0.0042}{0.8 \cdot 0.32} = 0.816 \text{ m}$$

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

$$T \cdot h \cdot \cos \alpha - F_1 \cdot [\dot{h}_{d1} - (H_1 - h)] + F_2 \cdot [\dot{h}_{d2} - (H_2 - h)] = 0$$

$$T = \frac{F_1 \cdot [\dot{h}_{d1} - (H_1 - h)] + F_2 \cdot [\dot{h}_{d2} - (H_2 - h)]}{h \cdot \cos \alpha}$$

$$= \frac{14 \cdot [1.409 - (1.6 - 0.4)] - 8 \cdot [0.816 - (1 - 0.4)]}{14 \cdot 0.209 - 8 \cdot 0.216} = \frac{2.926 - 1.728}{0.2} = \frac{1.198}{0.2} = 6 \text{ kN}$$

10) A nuqtadagi reaksiya kuchini aniqlaymiz.

$$\sum M_C = 0$$

$$R_A \cdot h - F_1 \cdot [\dot{h}_{d3} - (H_1 - h)] + F_2 \cdot [\dot{h}_{d2} - (H_2 - h)] = 0$$

$$R_A = \frac{F_2 \cdot [h_{d2} - (H_2 \cdot h)] - F_1 \cdot [h_{d1} - (H_1 \cdot h)]}{h} = \frac{2.926 - 1.728}{0.4} = \frac{1.198}{0.4} = 4.95 \text{ kN}$$

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

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

Berilgan:

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

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

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

$$x = ?$$



Yechish:

1) Shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz

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

2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega = 20 \cdot 24 = 480 \text{ kN}$$

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

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

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

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

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

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

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

Aniqlanishi kerak. $G = 1000 \text{ kH}$

a) Shitga ta'sir etayotgan GBK P_1 va P_2

$$Z_c = \frac{h_c}{\sin \alpha} = \frac{14.25}{0.707} = 20.15 \text{ m}$$

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

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

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

9) Pastki b'efdagi bosim markazini aniqlaymiz.

$$Z_{dz} = Z_c + \frac{J}{Z_c \cdot \omega} = 8.13 + \frac{2151.8}{8.13 \cdot 97.6} = 10.84 \text{ m}$$

$$Z_c = \frac{h_c}{\sin \alpha} = \frac{5.73}{0.707} = 8.13 \text{ m}$$

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

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

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

$$\Sigma M_O = 0$$

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

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

$$= \frac{21161.25 \cdot \left[22.57 - \left(\frac{23.5 - 17.25}{0.707} \right) \right] - 5512 \cdot \left[10.84 + \left(\frac{-7.25 - 11.5}{0.707} \right) \right]}{15549.25}$$

$$= \frac{21161.25 \cdot 13.73 - 5612 \cdot 8.97}{15549.25} = \frac{184084.32}{15549.25} = 11.83 \text{ m}$$

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

11) Shitni qo'zg'atuvchi T kuchni aniqlash uchun A nuqtaga nisbatan moment olamiz. $\Sigma M_O = 0$

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

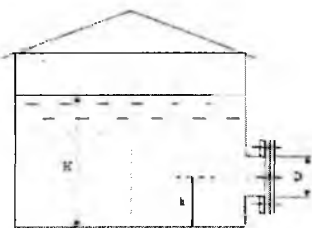
$$T = \frac{F_{um} \cdot l + G \cdot \frac{t}{2 \cdot \sin \alpha}}{\frac{t}{\sin \alpha}} = \frac{15549.25 \cdot 11.83 + 100 \cdot \frac{17.25}{2 \cdot 0.707}}{\frac{17.25}{0.707}}$$

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

Javob: $F_1 = 21161.25 \text{ kN}$

$F_2 = 5612 \text{ kN}$

6 – Masala. Rezervuarga zichligi $\rho = 860 \text{ kg/m}^3$ bo'lgan kerosin quyilgan. Kerosin chuqurligi $H = 8 \text{ m}$ rezervuar tubigacha. $h = 0.5 \text{ m}$. Qopqoq diametri $D = 0.75 \text{ m}$, va u $n = 12$ dona bolt bilan qotirilgan. Ruxsat etilgan kuchlanish $\sigma = 700 \text{ kg/m}^2 = 70 \text{ MPa}$ boltlar diametrini aniqlang.



Berilgan:

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

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

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

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

$$n = 12$$

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

$$d = ?$$

1) Qopqoqning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F = P_c \cdot \omega = 64.5 \cdot 0.44 = 28.48 \text{ kN}$$

4) Kuchni boltlarga taqsimlaymiz.

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

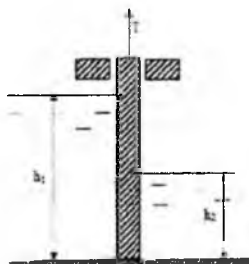
5) Cho'zilish va siqilish defarmatsiyasiga asosan, ruxsat etilgan kuchdan foydalanib boltlar diametrini aniqlaymiz.

$$6 \frac{Q}{\omega_s} \leq [6] \quad \omega_s = \frac{Q}{[6]} \quad \omega_s = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q}{[6]} \cdot \frac{4}{\pi}} = \sqrt{\frac{237}{700} \cdot \frac{4}{3.14}} = 0.65 \text{ sm}$$

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

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



tayyorlangan $\gamma_m = 75 \text{ kN/m}^3$. Ishqalanish koeffitsiyenti $f = 0.4$. Suvning solishtirma og'irligi og'irligi $\gamma = 10 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa zatvorni ko'taruvchi dastlabki kuch T ni aniqlang?

Berilgan:

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

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

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

$$f = 0.4$$

$$T = ?$$

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

$$P_{c_1} = \gamma \cdot h_{c_1} = \gamma \cdot \frac{h_1}{2} = 10 \cdot \frac{3}{2} = 10 \cdot 1.5 = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

- 3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F_1 = P_{c_1} \cdot \omega = 15 \cdot 6 = 90 \text{ kN}$$

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

$$P_{c_2} = \gamma \cdot h_{c_2} = \gamma \cdot \frac{h_2}{2} = 10 \cdot \frac{1.5}{2} = 10 \cdot 0.75 = 7.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- 5) Yuzasini aniqlaymiz. $\omega = h_2 \cdot b = 1.5 \cdot 2 = 3 \text{ m}^2$

- 6) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

$$F_2 = P_{c_2} \cdot \omega = 7.5 \cdot 3 = 22.5 \text{ kN}$$

- 7) Zatvorning og'irlik kuchini aniqlaymiz.

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

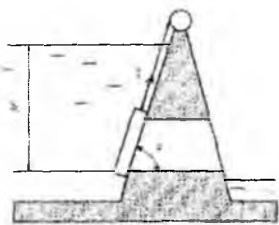
- 8) Zatvorni ko'taruvchi T kuchni aniqlaymiz.

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

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

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

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



Berilgan:

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

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

$$T = ?$$

Yechish:

1) Shitning 0 og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

3) Shitga ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

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

4) Shitni ko'taruvchi kuch Arximed kuchini aniqlaymiz.

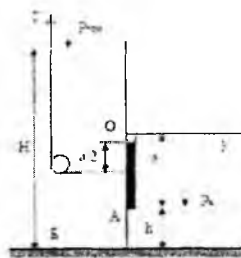
$$P_A = \gamma \cdot W = \gamma \cdot a \cdot b \cdot 0.25b = 1 \cdot 2 \cdot 1.6 \cdot 0.4 = 1.28\text{ Tk}$$

5) Shitni yuqoriga ko'taruvchi T kuchni aniqlaymiz.

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

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

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



Berilgan

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

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

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

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

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

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

$$T = ?$$

Yechish:

- 1) Zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

$$P_c = P_{ar} + \gamma \cdot h_c = P_{ar} + \gamma \cdot \left(H - h - \frac{a}{2} \right) = 100 + \left(10 - 0.8 - \frac{1.2}{2} \right) \cdot 10$$

$$= 100 + 10 \cdot 8.6 = 186 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

- 3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

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

$$= 133.2 \text{ kN}$$

- 4) Bosim markazini aniqlaymiz.

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

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

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

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

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

$$\Sigma M_O = 0$$

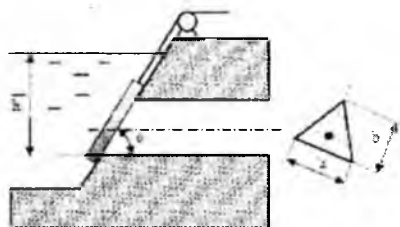
$$T \cdot \frac{a}{2} - F \cdot (h_d - H - h - a) = 0$$

$$T = \frac{F \cdot (h_d - H - h - a) \cdot 2}{a} = \frac{133.2 \cdot (8.61 - 10 - 0.8 - 1.2) \cdot 2}{1.2}$$

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

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

10 – 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

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

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

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

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\underline{10 \text{ kN/m}^3}$$

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

Yechish:

1) Zatvorning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

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

4) Bosim markazini aniqlaymiz.

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

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

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

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

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

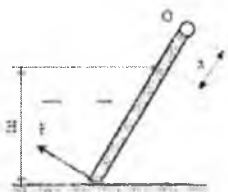
Berilgan:

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

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

$$\alpha = 60^\circ$$

$$Q = ?$$

**Yechish:**

- 1) Shitning og'irlik markazidagi bosimni aniqlaymiz.

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

- 2) Yuzasini aniqlaymiz.

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

- 3) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz.

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

- 4) Bosim markazini aniqlaymiz.

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

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

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

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

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

$$\Sigma m_O = 0$$

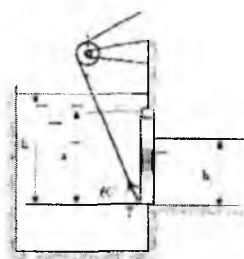
$$Q \cdot \left(\frac{H}{\sin \alpha} \cdot a \right) - F \cdot (Z_d + a) = 0$$

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

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

12 – Masala. Rezervuarda suvni to'sib turgan shitning o'lchamlari $a = 3\text{m}$, $b = 4\text{m}$. Chap tomondagi suvning chuqurligi $h_1 = 5\text{m}$, o'ng tomonda esa $h_2 = 2\text{m}$. Suvning

solishtirma og'irligi $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$. Shit O nuqtadagi sharnir atrofida aylanadi. Shitni dastlabki ko'taruvchi kuch T ni aniqlang.



Berilgan:

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

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

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

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

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

$$\alpha = 60^\circ$$

$$T = ?$$

Yechish:

- 1) Dastlabki rezervuarning 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.

$$h_{d1} = h_c + \frac{I_{ox}}{h_c \cdot \omega}; \quad h_c = 3.5 \text{ m};$$

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

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

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

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

- 6) Yuzasini aniqlaymiz.

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

- 7) Ta'sir etayotgan GBK ni aniqlaymiz

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

- 8) Bosim markazini aniqlaymiz.

$$h_{d2} = h_c - \frac{J_{ox}}{h_c \cdot \omega}; \quad h_c = 1 \text{ m} \quad \omega = 8 \text{ m}^2$$

$$J_{ox} = \frac{b \cdot h_1^3}{12} = \frac{4 \cdot 8^3}{12} = \frac{32}{12} = 2.66$$

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

9) T kuchni aniqlash uchun sharnir turgan 0 nuqtaga nisbatan moment olamiz.

$$\Sigma M_O = 0$$

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

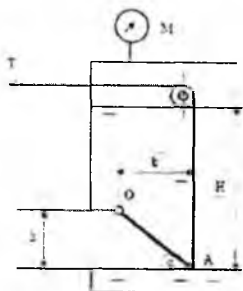
Bundan:

$$\begin{aligned} T &= \frac{F_2 \cdot [h_{d2} - (h_2 - a)] - F_1 \cdot [h_{d1} - (h_1 - a)]}{a \cdot \cos 60^\circ} \\ &= \frac{420 \cdot [3.71 - (5 - 3)] - 80 \cdot [1.33 + (3 - 2)]}{3 \cdot 0.5} \\ &= \frac{420 \cdot 1.71 - 80 \cdot 2.33}{1.5} = \frac{531.8}{1.5} = 354.53 \text{ kN} \end{aligned}$$

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

Mustaqil yechishga doir masalalar:

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



Berilgan

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

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

$$\alpha = 45^\circ$$

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

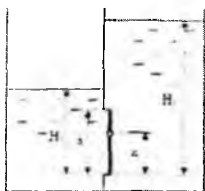
$$\gamma = 7 \text{ kN/m}^3$$

$$T = ?$$

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

14 – 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 $H_2=1m$. Sharnirdagi reaksiya kuchini R_0 aniqlang.



Berilgan

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

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

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

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

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

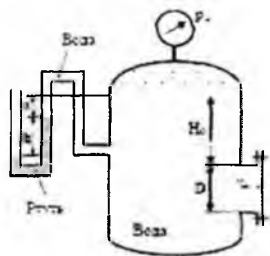
Javob: $X = 0.29 \text{ m}$; $R_0 = 3.6 \text{ kN}$

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

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

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

$H_0 = 1.5 \text{ m}$.



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: $F = 0$

2.12. Egri sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim

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

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

Uni hisoblash uchun egri sirtga kichkina $d\omega$ yuzga olamiz. Koordinata o'qlarini rasmda ko'rsatilgandek yo'naltiramiz. U holda kichkina yuzaga tushadigan bosim dP, dP_x va dP_y proyeksiyalarga ega bo'ladi. $d\omega$ yuzaning xOz va yOz tekisliklardagi proyeksiyalari

esa $d\omega_x$ va $d\omega_y$ ga teng. Kichkina yuzaga tushadigan bo'lgan bosim yuqorida ko'rganimizdek quyidagicha ifodalanadi:

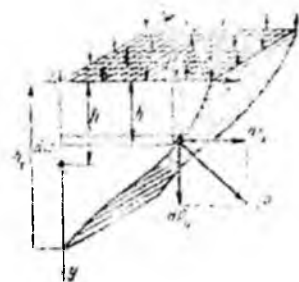
$$dP = \gamma h d\omega.$$

Uning gorizontal tashkil etuvchisi esa

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

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

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



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

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

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

lekin $\int_{(\omega_y)} h d\omega_y = \omega_y h_0$ yuzaning Oz o'qqa nisbatan statik momentidir.

Shuning uchun

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

bu yerda ω_y - egri sirtning yOz o'qdagi proyeksiyasi; h_0 - ω yuza og'irlik markazining

chuqurligi; $h_0 = \frac{h}{2}$. Shunday qilib, egri sirtga tushadigan bosimning gorizontal tashkil etuvchisi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

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

Bu formula tekis sirtlarga tushadigan bosimni hisoblash formulasiga o'xshaydi va

undan faqat ω_y yuza egri sirtning yOz tekislikdagi proyeksiyasi ekanligi bilan farq

qiladi.

Endi, egri sirtga tushadigan bosimning vertikal tashkil etuvchisini topamiz.

2.34-rasmdan

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

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

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

Integrallash yo'li bilan P_y ni topamiz:

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

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

hajmdan iborat bo'lib, bosuvchi jism deb ataladi.

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

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

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

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

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

$$\cos \alpha = \frac{P_x}{P} \quad \text{yoki} \quad \sin \alpha = \frac{P_y}{P} \quad \text{yoki} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{P_y}{P_x}.$$

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

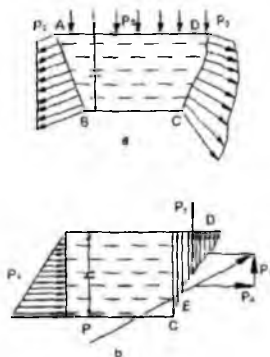
2.13. Bosim epyurasi

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

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

$$p = p_0 + \gamma h$$

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



2.35-rasm. Bosim epyurasi

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

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

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

b) **Egri sirt**da bosim ikki tashkil etuvchiga ega bo'lib (2.35-rasm, b), P_x tashkil etuvchisi tekis sirdagi kabi epyuraga ega bo'ladi. P_y ning epyurasi esa egri sirt bilan erkin sirt orasidagi soha shakliga ega bo'ladi. Teng ta'sir etuvchi kuch yoki to'liq bosimning qo'yilish nuqtasi va kattaligini grafik usulda topish mumkin. Buning uchun

P_x tashkil etuvchining yoʻnalishini P_y ning yoʻnalishi bilan kesishguncha davom ettiramiz. Kesishgan nuqtasiga esa P_x va P_y larni keltirib qoʻyamiz va parallelogramm hosil qilamiz. Uning diagonali yoʻnalishini egri sirt bilan kesishguncha davom ettirib, kesishish nuqtasiga suyuqlik tomondan hosil boʻlgan P kuchni keltirib qoʻyamiz E nuqta bosim markazi yoki teng taʼsir etuvchi kuchning qoʻyilishi nuqtasi boʻladi.

Texnikada uchraydigan sirtlar silindr, sfera va uning qismlaridan iborat boʻlishi mumkin.

Amaliy mashgʻulotlarni bajarishga doir koʻrsatma:

1 - Masala. Vertikal holatda silindir sistema yarimshar shaklidagi qopqoq bilan yopilgan va ichida ikki xil suyuqlik ($\mathcal{X}_1, \mathcal{X}_2$) ($\rho_1 = 1150 \text{ kg/m}^3$ va $\rho_2 = 1060 \text{ kg/m}^3$) quyilgan. Sistema diametri $D = 2.6 \text{ m}$, silindr qismining balandligi $H = 4.5 \text{ m}$, \mathcal{X}_1 , suyuqlik chuqurligi $H/2$, manometrik koʻrsatgichi $P_m = 0.01 \text{ MPa}$.

Aniqlang:

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

Berilgan;

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

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

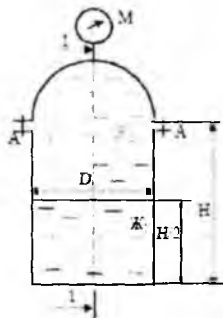
$$P_M = 10 \text{ kN/m}^2;$$

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

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

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

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



2.36-rasm

Yechish:

1) Yarim sfera qopqoqni yuqoriga koʻtaruvchi kuchni aniqlaymiz.

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

2) A boltidagi kuchlanishni aniqlaymiz

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

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

$$F_x = F_2 + F_1$$

$$F_2 = P_c \cdot \omega = (P_M + \gamma_2 \cdot h_c) \cdot \omega = \left[P_M + \gamma_2 \cdot \left(\frac{H}{2} + R \right) \right] \cdot \left(D \cdot \frac{H}{2} + \frac{\pi R^2}{2} \right)$$

$$= \left[10 + 106 \cdot \left(\frac{2.25 + 1.3}{2} \right) \right] \cdot \left(2.3 \cdot 2.25 + \frac{3.14 \cdot 1.3^2}{2} \right) = 28.8 \cdot 8.5 = 244.9 \text{ kN}$$

$$F_1 = P_c \cdot \omega = (P_M + \gamma_2 \cdot h + \gamma_2 \cdot h_c) \cdot \omega = \left[P_M + \gamma_2 \cdot \left(\frac{H}{2} + R \right) + \gamma_2 \cdot \frac{H}{2} \right] \cdot \left(D \cdot \frac{H}{2} \right)$$

$$= [10 + 10.6 \cdot (2.25 + 1.3) + 11.5 \cdot 1.125] \cdot 2.6 \cdot 2.25 = 60.25 \cdot 5.85 = 354.5 \text{ kN}$$

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

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

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

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

Yechish:

1. Idish tubidagi manometrik bosimni aniqlaymiz.

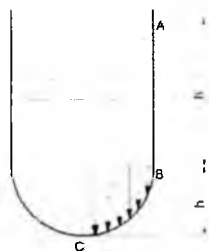
$$P_2 = P_a + \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2)$$

$$P_{2m} = P_2 - P_a \rightarrow P_a + \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2) - P_a = \rho \cdot g \cdot (h_1 + h_2)$$

$$= 1000 \cdot 9.81 \cdot (4 + 2) = 58860 \text{ Pa} = 0.6 \text{ atm}$$

$$F_{AB} = P_{og'(AB)} \cdot \omega_{AB} = (P_a + \rho \cdot g \cdot h_1) \cdot h_1 \cdot d$$

$$= (98100 + 1000 \cdot 9.81 \cdot 4) \cdot 4 \cdot 4 = 2.2 \text{ MN}$$



2.37- rasm

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

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

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

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

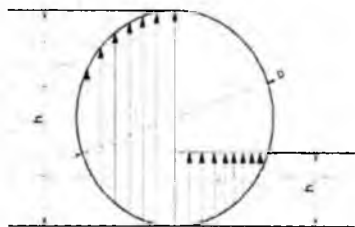
5. BC devorga ta'sir etayotgan GBK quyidagicha aniqlanadi:

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

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

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

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



2.38- rasm

Agar:

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

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

Yechish:

1. P_{1x} ni quyidagicha aniqlaymiz.

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

2. P_{1z} ni quyidagicha aniqlaymiz.

$$P_{1z} = W_{B.T.} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{2}{3} \cdot 3.14 \cdot 1^3 = 2.1 \text{ N}$$

3. P_1 ni quyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz.

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

4. P_{2x} ni quyidagicha aniqlaymiz.

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

5. P_{2z} ni quyidagicha aniqlaymiz.

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

6. P_2 ni qiyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz.

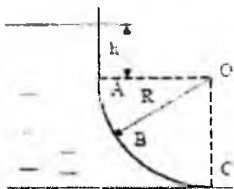
$$P_2 = \sqrt{P_{2x}^2 + P_{2z}^2} = \sqrt{4905^2 + 0.7^2} = 4905 \text{ N} \approx 5 \text{ kN}$$

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

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

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

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



Berilgan

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

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

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

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

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

Yechish:

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

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

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

- 2) Gorizantal tashkil etuvchi F_x bosim tanasi hajmiga teng

$$F_x = W'_{ep} = \frac{P_A + P_C}{2} R \cdot L = \frac{7 + 1.9}{2} \cdot 1.2 \cdot 2 = 31.2 \text{ kN}$$

- 3) Vertikal tashkil etuvchi F_z ni aniqlaymiz.

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

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

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

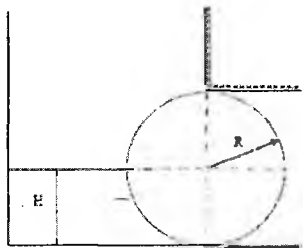
$$P = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = \sqrt{31.2^2 + 39.4^2} = 50.25 \text{ kN}$$

5) Gorizantal tekislik bilan tashkil etgan burchagini aniqlaymiz.

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

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

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



Berilgan

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

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

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

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

$$F = ?$$

Yechish:

1) Zatvorga ta'sir etayotgan GBK ning gorizantal tashkil etuvchisi F_x ni aniqlaymiz.

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

2) Vertikal tashkil etuvchi F_z kuchni aniqlaymiz.

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

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

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

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

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

4) Gorizantal tekislik bilan tashkil qiluvchi burchakni aniqlaymiz.

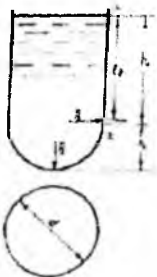
$$\alpha = \arctg \alpha = \frac{F_z}{F_x} = \frac{141.3}{90} = 1.57 = 57.5^\circ$$

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

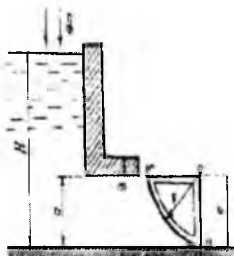
Mustaqil yechishga doir masalalar:

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

- Rezervuar tubiga ta'sir etayotgan manometrik bosim kuchini aniqlang;
 - ABC - devorga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlang (2.39-rasm).
2. Segmentli darvoza bilan oqim to'silgan. Darvoza oldidagi suv sathi $H = 7 \text{ m}$, $a = 3 \text{ m}$, darvoza eni $b = 4 \text{ m}$, radiusi $R = 4 \text{ m}$. Darvozaga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlang (2.40-rasm).



2.39-rasm.



2.40-rasm.

3. Benzin rezervuarining yon tomoniga o'rnatilgan qopqog'i yarim sfera shaklida. Rezervuar qopqog'iga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini hisoblash kerak, agar $H = 2,0 \text{ m}$; $d = 0,5 \text{ m}$; $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$; $P_s = 102 \text{ kPa}$ bo'lsa.

2.14. Arximed qonuni

Suyuqlikka tushirilgan jismlarning qay yo'sinda harakat qilishi va qanday holatlarni qabul qilishini tekshirish uchun ularning suyuqlik bilan ta'sirlashish va muvozanat qonunlarini o'rganish kerak. Bu qonuniyatlar eramizdan 250 yil avval kashf qilingan Arximed qonuniga asoslanadi. Bu qonun asosida kemalar nazariyasi yaratilgan bo'lib, ular L. Eyler, S. A. Makarov va A. N. Krilov asarlarida ifodalangan. Arximed qonuni quyidagicha ifodalaniadi: *suyuqlikka botirilgan jasmga siqib chiqaruvchi kuch*

ta'sir qilib, bu kuchning kattaligi botirilgan jism siqib chiqargan suyuqlik og'irligiga teng bo'ladi.

Bu qoidani isbotlash qiyin emas. Suyuqlikka V hajmli jism botirilgan bo'lsin (2.40-rasm). Unga ta'sir etuvchi kuchlar quyidagilar bo'ladi:

1) jismga yuqoridan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_1 = \gamma H_1 \omega$$

2) jismga pastdan ta'sir etuvchi bosim kuchi

$$P_2 = \gamma H_2 \omega$$

3) pastga yo'nalgan og'irlik kuchi

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

4) jismga yon tomonlaridan ta'sir etuvchi kuch P_H ; gidrostatikaning asosiy qonuniga asosan bu kuchlar teng va qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, o'zaro muvozanatlashadi (teng ta'sir etuvchi kuch nolga teng). Bu holda bosim kuchlarining teng ta'sir etuvchisi P_1 , va P_2 kuchlarning ayirmisiga teng bo'lib, yuqoriga yo'nalgan bo'ladi:

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

Bu yerda: γ va γ_1 – suyuqlik va jismning solishtirma og'irliklari; H_1 – jismning yuqori qismining chuqurligi; H_2 – jismning pastki qismining chuqurligi; ΔH – jismning

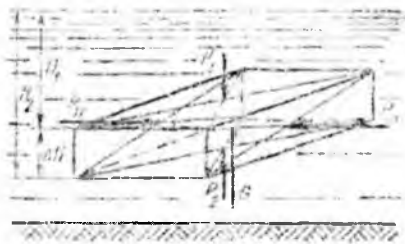
balandligi; ω – jismning yuqori va pastki sirtlarining yuzasi.

Jismning hajmi $V = \Delta HS$ bo'lgani uchun siqib chiqaruvchi kuch quyidagicha aniqlanadi:

$$P = \gamma V \quad (2.44)$$

Shunday qilib, jismni siqib chiqarishiga harakat qilayotgan kuch jism siqib chiqargan suyuqlikning og'irligiga teng ekanligi isbotlandi. Bu kuch botirilgan jismning qancha chuqurlikda bo'lishiga bog'liq emasligi (2.43) dan ko'rinib turibdi. Arximed qonuni yopiq va ochiq idishlarda suyuqlik sirtida suzib yuruvchi jismlar uchun ham,

uning ichidagi jismlar uchun ham to'g'ridir. Faqat suyuqlik sirtidagi jismlar uchun uning suvga botirilgan qismiga qo'llaniladi.



2.41- rasm. Arximed qonuniga oid chizma

2.15. Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik

Jismlarning suyuqlik sirtiga qalqib chiqishi yoki suyuqlik ichida suzib yurishi yuqorida aytilgan kuchlarning o'zaro nisbatiga bog'liq. Shuning uchun suyuqlikka botirilgan jismlarga ta'sir etuvchi kuchlarning (2.41-rasm) teng ta'sir etuvchisini topamiz:

$$R = -P_1 + P_2 - G = -\gamma H_1 \omega + \gamma H_2 \omega - \gamma_1 V$$

yoki

$$R = \gamma(H_2 - H_1)\omega - \gamma_1 V.$$

Bu kuchni ko'taruvchi kuch deb ataladi.

$\Delta H = H_2 - H_1$ va $\Delta H \omega = V$ ekanligini hisobga olsak, teng ta'sir etuvchi ko'taruvchi kuch

$$R = (\gamma - \gamma_1)V. \quad (2.45)$$

Oxirgi munosabatdan quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

1. Agar $\gamma > \gamma_1$ bo'lsa, ya'ni jismning solishtirma og'irligi suyuqliknikidan kam bo'lsa, ko'taruvchi kuch R musbat bo'ladi (yuqoriga yo'nalgan). Bu holda jism suyuqlik sirtida qalqib yuradi.

2. Agar $\gamma = \gamma_1$ bo'lsa, ya'ni jism bilan suyuqlik solishtirma og'irliklari teng bo'lsa, u holda $R = 0$, ya'ni jism suyuqlik ichida suzib yuradi.

3. Agar $\gamma < \gamma_1$ bo'lsa, u holda ko'taruvchi kuch manfiy (pastga yo'nalgan) bo'ladi va jism suyuqlik tubigacha cho'kadi.

(2.45) dan jismlarning suyuqlikda suzuvchanligi, ya'ni ma'lum yuk bilan suzib yurish qobiliyati to'g'risida xulosa chiqarish mumkin. Har qanday qalqib yuruvchi jism

suzuvchanlik imkoniyatiga ega bo'lib, bu uning suzib yurichidagi xavfsizligini ta'minlaydi. Suzuvchanlik imkoniyati jismning suyuqlik sirtidan yuqori qismining hajmidagi suyuqlik og'irligiga teng.

Suzuvchanlik imkoniyati P_c bilan belgilanadi va quyidagicha topiladi:

$$P_c = \frac{R}{\gamma} = \frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma} V, \quad (2.46)$$

Suzuvchi jismning qancha qismi suvga botib turishi va uning suzishiga taalluqli boshqa qonuniyatlar ma'lum bo'lib, biz ular haqida to'xtalib o'tishimizga hojat yo'q.

Suzib yuruvchi jism haqida yana quyidagi tushunchalarni keltiramiz.

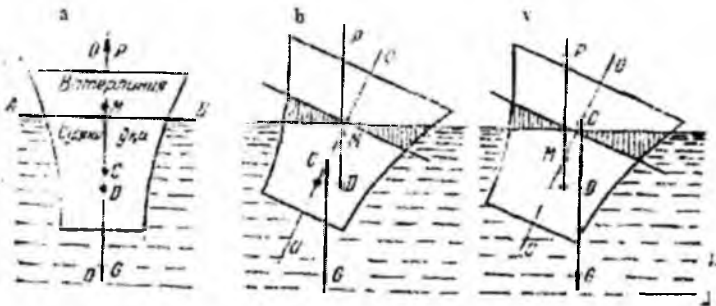
1. *Suzish tekisligi* – jismni kesib o'tuvchi erkin sirt AB.
2. *Vater chiziq* – suzish tekisligi bilan jism sirtining kesishish chizig'i.
3. *Suzayotgan jismning og'irlik markazi* (2.42-rasmda C nuqta).
4. *Suv sig'imi markazi yoki bosim markazi* (2.42-rasmda D nuqta). Bu yerda suv sig'imi – jismning suvga botgan qismi. Suv sig'imi markazi jismning suyuqlikka botgan qismiga ta'sir etuvchi bosimning teng ta'sir etuvchisi qo'yilgan nuqta bo'lib, u suvga botgan qismning og'irlik markaziga joylashgan.

5. *Suzish o'qi* – suzayotgan jism normal holatida uning o'rtasidan o'tgan $O-O$ o'qi (2.41-rasm, a).

6. *Metamarkaz* – jismning qiya holatida teng ta'sir etuvchi bosim kuchi yo'nalishining suzish o'qi bilan kesishgan nuqtasi (2.42-rasm, b, v). Suzayotgan jismning og'irlik markazi C u qiyalashganda ham o'zgarmaydi. Suv sig'imi markazi D esa jism qiyaligining har xil holatida har xil bo'ladi. Qiyalik burchagi 15° gacha bo'lganda D taxminan radiusi biror r ga teng bo'lgan aylana yoyi bo'yicha siljib boradi va bu radius D va M orasidagi masofaga teng bo'lib, metamarkaziy radius deyiladi. M va C orasidagi masofa metamarkaziy balandlik deyiladi va h harfi bilan belgilanadi.

Suyuqlikda suzayotgan jismning qiyalangandan keyin yana avvalgi holatiga, qaytishi *turg'unlik* deyiladi. Bu tushunchaning to'liq mazmunini tushuntirish uchun quyidagilarga to'xtalib o'tamiz.

Normal holatda (2.42-rasm, a) og'irlik markazi va suv sig'imi markazi suzish o'qida yotadi. Og'irlik kuchi G va bosim P esa suzish o'qi bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Suzayotgan jism qiyshayishi bilan G va P kuchlar moment hosil qiladi. Bu moment jism qiyalangan tomon yo'nalishida yoki unga teskari bo'lishi mumkin.



2.42- rasm.

Suzib yuruvchi jismlarning turli holatlari.

Agar G va P kuchlarning momenti jism qiyalangan tomonga teskari yoʻnalgan boʻlsa, u tiklovchi moment deyiladi. Bunday holat esa *turgʻun* holat deyiladi. Agar moment jism qiyalangan tomonga boʻlsa, uni *agʻdaruvchi moment* deyiladi. Bu holda jism avvalgi holatiga qaytmaydi G va P kuchlar momentining yoʻnalishi bu kuchlarning qoʻyilish nuqtalari, yaʼni ogʻirlik markazi C bilan suv sigʻimi markazi D ning oʻzaro holatiga bogʻliq. Bunda uch hol boʻlishi mumkin:

1) agar metamarkaz ogʻirlik markazidan yuqorida boʻlsa (2.42-rasm, b), G va P kuchlarning momenti jismni normal holatga qaytaradi, yaʼni jism *turgʻun* holatda boʻladi;

2) agar metamarkaz ogʻirlik markazidan pastda boʻlsa (2.42-rasm, b), G va P kuchlarning momenti jismni *agʻdarishga* harakat qiladi, yaʼni jism *noturgʻun* holatda boʻladi;

3) agar metamarkaz ogʻirlik markazi ustiga tushsa, u holda suyuqlikda suzayotgan jism holati *turgʻunlikka bogʻliq boʻlmaydi* (masalan, shar uchun). *Turgʻunlikka bogʻliq* boshqa masalalar ustida toʻxtalib oʻtirmaymiz.

2.16. Nisbiy tinchlik

Biz yuqorida koʻrganimizdek, suyuqlik ogʻirlik kuchi taʼsirida muvozanatda turishi mumkin. Bu hol yerga nisbatan tinch turgan yoki toʻgʻri chiziqli tekis harakat

qilayotganda idishda muvozanatda bo'lgan suyuqlikka tegishlidir. Hidrostatikadagi barcha masalalar shu hollar uchun ko'rilgan.

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

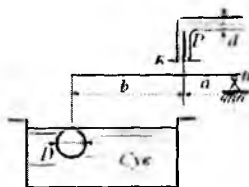
Nisbiy tinchlikda bosimi teng sirtlar va erkin sirt tinch turgan idishdagi gorizontaal tekisliklar oilasidan iborat bo'lgan bunday sirtlardan butunlay farq qiladi. Bu hollarda ta'sir etuvchi massa kuchlar bosimi teng sirtlarga tik yo'nalgan bo'ladi.

Nisbiy tinchlikda Eylar tenglamasining integrallarga bag'ishlangan paragrafdagi to'g'ri chiziqli va tekis tezlanuvchan idishdagi suyuqlik muvozanati (ikkinchi masala) va vertikal o'q atrofida aylanayotgan idishdagi suyuqlik haqidagi (uchinchi masala) qismlarini misol qilib olish mumkin.

Bu holda massa kuchlarning teng ta'sir etuvchisi inertsiya kuchi va og'irlik kuchining yig'indisidan iborat bo'ladi (ularning proektsiyalari yuqorida ko'rilgan).

Amaliy mashg'ulotlarni bajarishga doir ko'rsatma:

2. Quvurdagi manometrik bosim P miqdorining qaysi qiymatida K jo'mrak ochiladi, agar quvur diametri $d = 5$ mm, sharning diametri $D = 200$ mm bo'lib, $b = 6$ a ga teng bo'lsa, shar og'irligi hisobga olinmasin (2.43-rasm)



2.43-rasm

Yeshimi:

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

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

Bu yerda F_1 — Arximed kuchi:

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

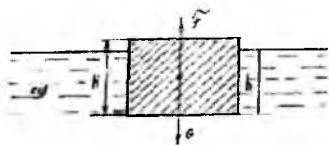
Aniqlangan hadlarni tenglamaga qo'yib, bosim miqdorini aniqlaymiz:

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

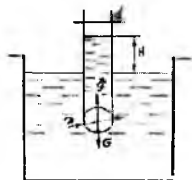
Mustaqil yechishga doir masalalar:

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

2. Suvga to'la cho'kkan sharsimon klapan diametri $d = 100$ mm bo'lgan quvur teshigini berkitadi. Sharning diametri $D = 150$ mm va massasi $m = 0,5$ kg bo'lsa, quvurdagi suyuqlik sathining qaysi balandligida (H) klapan ochila boshlaydi (2.45 rasm).



2.44- rasm



2.45- rasm.

3. Quyida o'lchami ko'rsatilgan brusning hajmiy og'irligini toping:

$b = 30$ sm, $h = 20$ sm, $l = 100$ sm, suyuqlikka cho'kkan qismi $y = 16$ sm.

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

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

6. O'lchamlari 60x60x20 sm bo'lgan muz suvda suzmoqda. Muzning zichligi $\rho_T = 900 \text{ kg/m}^3$. Agar muz erisa, idishdagi suv sathi qanchaga o'zgaradi?

II bob bo'yicha nazorat savollari

1. Tinch turgan suyuqlikdagi bosimning xossalari tushuntiring.
2. Bosimi teng sirtlar. Erkin sirt.

3. Qanday kuchga gidrostatik bosim kuchi deyiladi?
4. Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim
5. Arximed qonuniga oid chizma
6. Jismlarning suyuqlikda suzishi. Suzuvchanlik
7. Gidrostatik mashinalarning qanday turlari mavjud?
8. Metamarkaz nuqta haqida tushuncha bering.