



FAN: GIDRAVLIKA

MAVZU

02

Girostatika asoslari



A.J.To'ychiyev.



Oziq-ovqat muhandisligi
kafedrasи katta o'qituvchisi

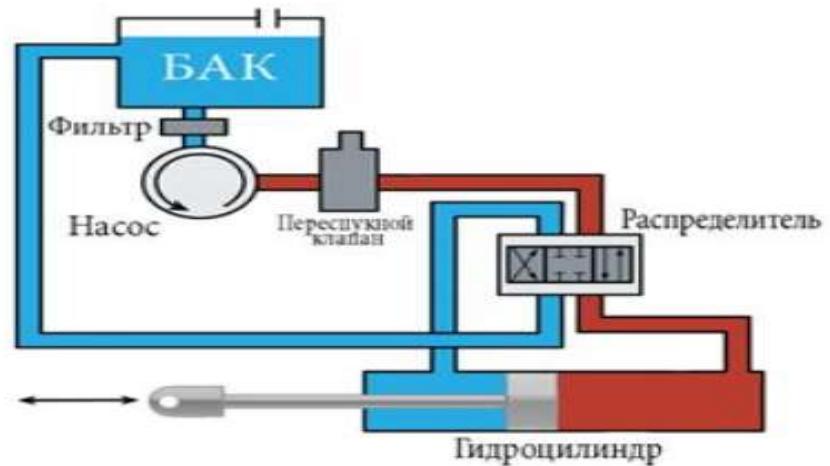


Схема стандартной гидросистемы

Mavzu: Gidrostatika asoslari.

Reja:

1. Gidrostatik bosim va uning xossalari.
2. Suyuqlikning muvozanat tenglamasi.
3. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.
4. Gidrostatikaning asosiy tenglamasining tahlili.
5. Bosim taqsimotining gidrostatik qonuni.
6. Mashqlari.

2.1.1. Gidrostatik bosim va uning xossalari.

Gidrostatikada nisbatan tinch holatdagi suyuqliklar o'rganiladi. *Suyuqlikning nisbatan tinch (sokin) holati deb uning zarrachalari bir biriga nisbatan qo'zg'almagan holatiga aytildi.*

Gidrostatika – bu suyuqlik va gazlar mexanikasi fanining suyuqlikning muvozanati va tinch (sokin) holatidagi suyuqlikning unga botirilgan jismga ta'siri qonuniyatlarini o'rjanuvchi bo'limi.

Suyuqlik va gazlarning ba'zi gidrostatik xossalari: gazlar o'zini saqlayotgan idish shaklida bo'ladi; yetarlicha kichik ta'sir kuchi yordamida suyuqlikning hajmini o'zgartirmasdan uning shaklini o'zgartirish mumkin; og'irlik kuchi maydonidagi suyuqlik uni saqlayotgan idish saklida bo'ladi; tinch holatdagi suyuqlikning sathi (gazlardan farqli), uni saqlayotgan idishning shaklidan qat'iy nazar, og'irlik kuchi ta'siri yo'naliishiga perpendikulyar bo'ladi.

Gidrostatikaning asosiy qonunlari: Paskal qonuni; energiyaning saqlanish qonuni (gidrostatikaning asosiy tenglamasi); tutash idishlar qonuni; Arximed qonuni; jismning suzish sharti va hokazo.

Gidrostatikaning asosiy tenglamalari: Eyler tenglamasi (suyuqlikning muvozanat tenglamasi); teng bosimli sirt tenglamasi; gidrostatik bosim taqsimoti tenglamasi (Paskal qonuni); uzviylik tenglamasi va hokazo.

Gidrostatikaning asosida ikkita teorema yotadi:

- qaralayotgan suyuqlik zarrachasiga qo'yilgan barcha kuchlarning yig'indisi nolga teng;
- qaralayotgan suyuqlik zarrachasiga qo'yilgan barcha kuchlarning biror o'qqa nisbatan momentlari yig'indisi nolga teng.

2.1.1. Gidrostatik bosim va uning xossalari.

1-xossa. Suyuqlikning ixtiyoriy ichki nuqtasidagi gidrostatik bosim uning ajratib olingan hajmiga uringan yuzaga perpendikulyar va u qaralayotgan hajmning ichiga normal bo'ylab yo'nalgan.

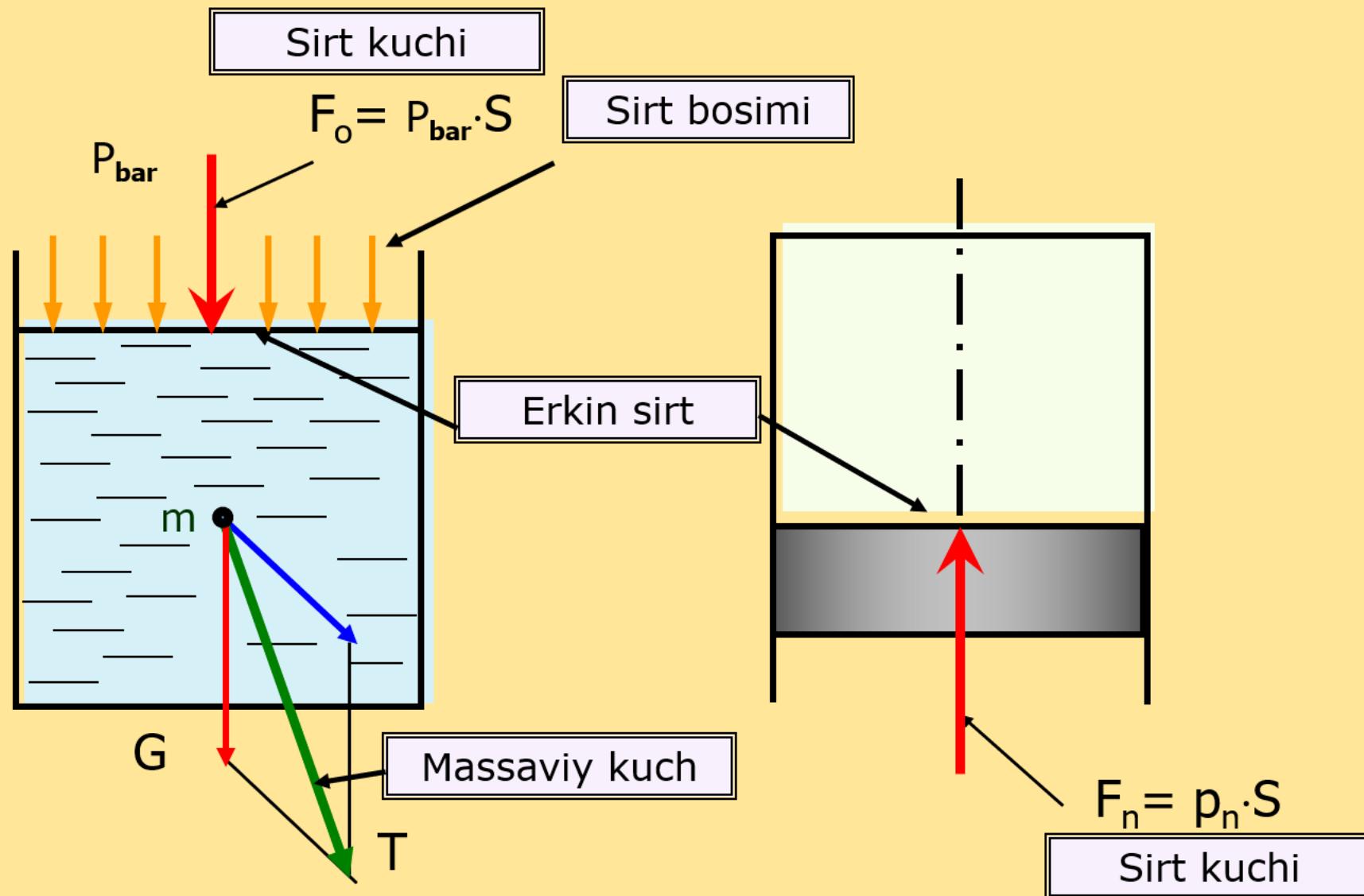
2-xossa. Suyuqlik ichida berilgan ixtiyoriy nuqtadagi gidrostatik bosimning miqdori barcha yo'nalishlarda bir xil, ya'ni bosim o'zi ta'sir qilayotgan normalining yo'nalishi ixtiyoriy aniqlangan yuzadan bog'liq emas.

3-xossa. Nuqtadagi gidrostatik bosim shu nuqtaning fazodagi koordinatalaridan bog'liq, ya'ni $p = p(x,y,z)$.

Nisbiy sokin suyuqlik deb zarrachalari bir-biriga nisbatan ko'chmaydigan va yakka jismdek harakatlanayotgan suyuqlikka aytildi.

Absolyut sokin suyuqlik deb yerga nisbatan qo'zg'almayotgan suyuqlikka aytildi. Bu holatda ham suyuqlikning zarrachalari bir-biriga nisbatan ko'chmaydi.

Sokin holatdagi suyuqlikka ta'sir etuvchi tashqi kuchlar



2.1.2. Suyuqlikning muvozanat tenglamasi.

Suyuqlikning muvozanat tenglamasi uning ushbu harakat tenglamalaridan kelib chiqadi:

$$\frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{F} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \vec{p}_x}{\partial x} + \frac{\partial \vec{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial \vec{p}_z}{\partial z} \right). \quad (1.15)$$

Muvozanatdagi suyuqlida $u_x = u_y = u_z = 0$. Tinch holatdagi suyuqlikda urinma kuchlanishlar paydo bo‘lmaydi, ya’ni t vaqt bo‘yicha hosilalar nolga teng. Normal kuchlanishlarni bosim bilan almashtirsak, ya’ni $p_{xx} = p_{yy} = p_{zz} = -p$, quyidagi tenglamalarga kelamiz:

$$X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0; \quad Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0; \quad Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0. \quad (2.1)$$

Bu sistemani vektor shaklida quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p = 0. \quad (2.2)$$

(2.1) tenglama *gidrostatika uchun Eylarning differensial tenglamalari sistemasi* deb ataladi. Bu tenglama ham siqilmaydigan va ham siqiluvchan suyuqliklarga tegishli.

2.3.3. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi

Gidrostatikaning differensial shakldagi tenglamasi:

$$g + \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} = 0,$$

bu yerda ρ - suyuqlik zichligi; Oz o'q vertikal yuqoriga yo'nalgan.

Agar $\rho = \text{const}$ bo'lsa, u holda

$$z + \frac{p}{\rho g} = \text{const} = H = z_0 + \frac{p_0}{\rho g}$$

bu yerda H – gidrostatik napor.

Agar $\rho g = \gamma$ – solishtirma og'irlilikni kirtsak,

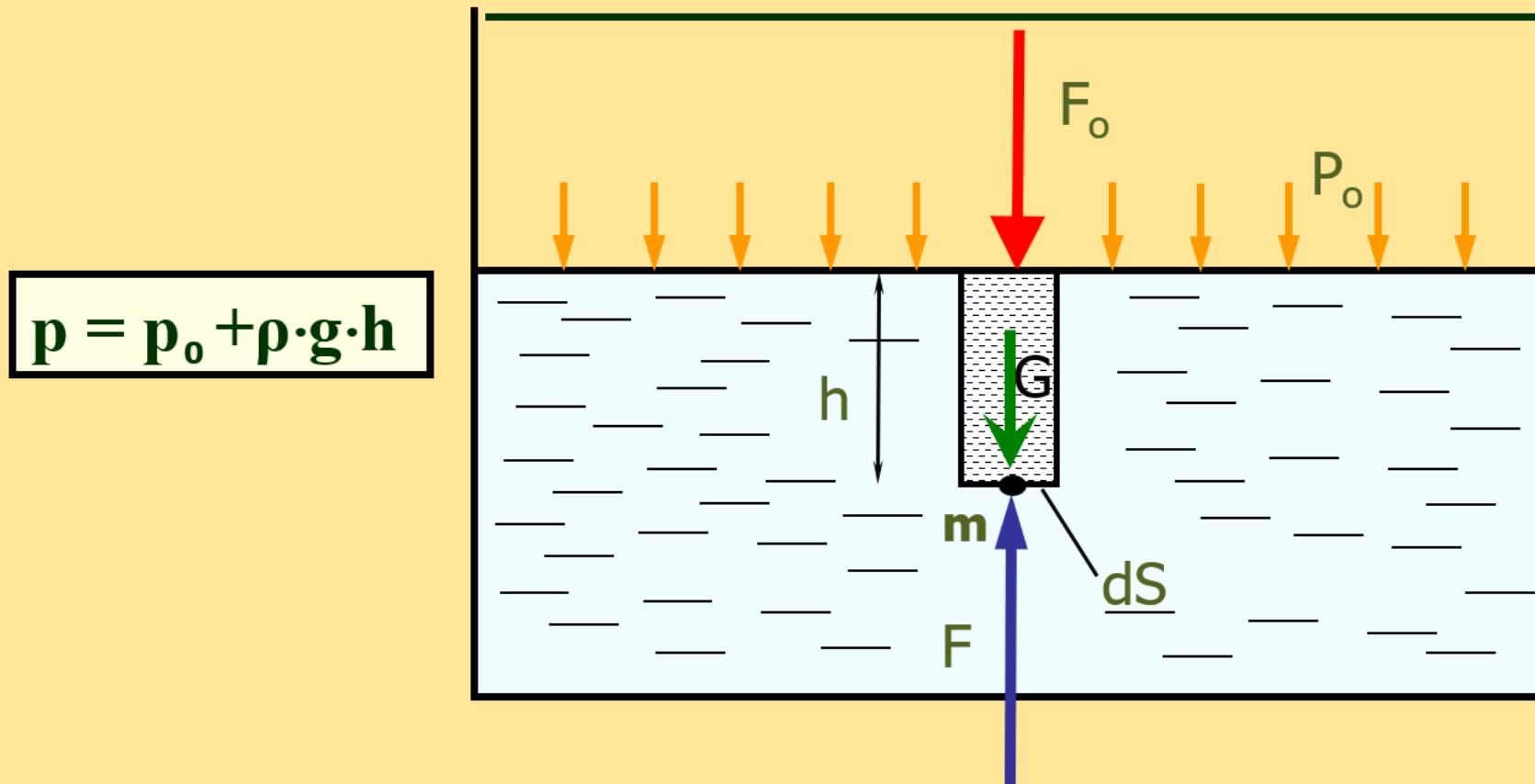
$$p = p_0 + \gamma(z_0 - z).$$

Bu yerda $z_0 - z = h$ – nuqtaning suv ostiga tushish chuqurligi.

Gidrostatikaning asosiy tenglamasi:

$$p = p_0 + \gamma h.$$

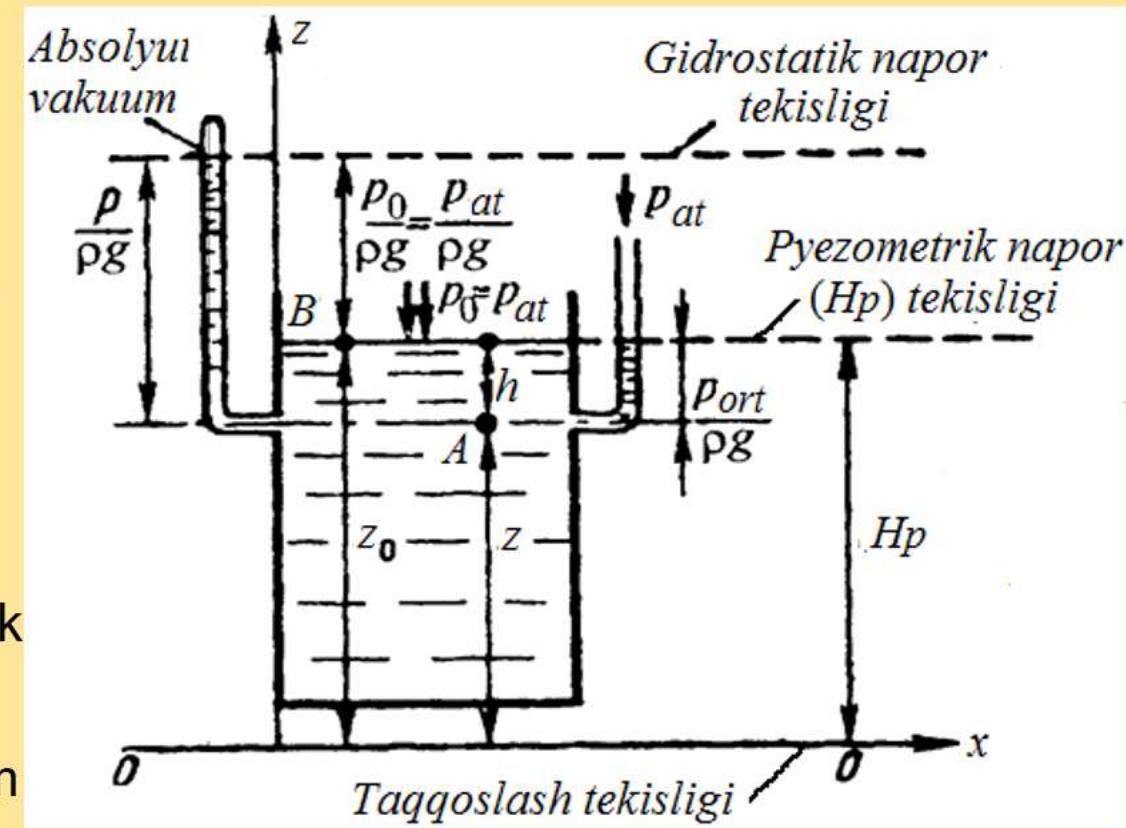
Sokin holatdagi suyuqlikka ta'sir etuvchi ichki kuchlar. Gidrostatik bosim



Gidrostatik bosim – bu sokin suyuqlikning ichida joylashgan nuqtadagi bosim. Bu bosim suyuqlikning erkin sirtiga ta'sir etuvchi bosim va h balandlikka (qaralayotgan nuqta yotgan chuqurlik) ega suyuqlik ustunidagi bosimlar yig'indisiga teng.

Gidrostatika asosiy tenglamasining interpretatsiyasi:

- Gidravlikada taqqoslash tekisligi deb, qaralayotgan nuqtaning ordinatasi boshlangan joyga o'tkazilgan gorizontal tekislikka aytiladi.
- z oordinata suyuqlikning qaralayotgan nuqtasining geometrik balandligi yoki geometrik napor deb ataladi.
- $p/\rho g$ miqdor chiziqli o'lchamga ega va u suyuqlikning p bosim ta'sirida ko'tarilgan geometrik balandligini ifodalaydi. Agar idishga havosi to'liq so'rib olingan naychani o'rnatish mumkin bo'lsa, u holda ushbu balandlikni o'lhash mumkin bo'ladi. Shu holda suyuqlik $p/\rho g$ balandlikka ko'tariladi.
- Agar naycha ochiq va suyuqlikning erkin sirtidagi bosim atmosfera bosimi bo'lsa, u holda naychadagi suyuqlik ortiqcha bosimga mos $p_{\text{ort}}/\rho g$ balandlikka ko'tariladi.
- $p_{\text{ort}}/\rho g$ – balandlik pyezometrik balandlik, $p_{\text{vak}}/\rho g$ – vakuummetrik balandlik deb ataladi.
- $H = z + p/\rho g$ yig'indi gidrostatik napor deb ataladi.
- H_p – pyezometrik napor gidrostatik napordan $p_{\text{at}}/\rho g$ atmosfera bosimiga mos balandlikka kam.



Gidrostatika asosiy tenglamasining energetik ma'nosi:

$$z + \frac{p}{\rho g} = \text{const}$$

- ifoda suyuqlikning birlik og'irligiga kirayotgan energiyani ifodalaydi.

$$\left[\frac{p}{\rho g} \right] = \left[\frac{N}{m^2} \cdot \frac{m^3}{kg} \cdot \frac{s^2}{m} \right] = \left[N \cdot m \cdot \frac{s^2}{kg \cdot m} \right] = \left[\frac{Dj}{N} \right] \quad [z] = \left[\frac{Dj}{N} \right] = \left[\frac{N \cdot m}{N} \right] = [m]$$

z – bu niveler balandlik yoki geometrik napor bo'lib, taqqoslash uchun tanlangan tekislikdan yuorida yotgan nuqtadagi solishtirma potensial energiyani xarakterlaydi.

$$\frac{p}{\rho g}$$

– bu statik napor berilgan nuqtadagi bosimning solishtirma potensial energiyasini xarakterlaydi.

$$(z + \frac{p}{\rho g})$$

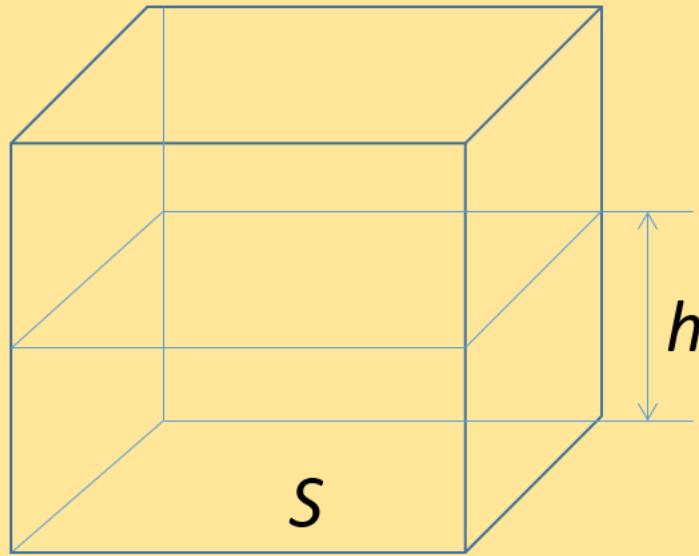
– tinch (sokin) suyuqlikning og'irlik birligiga kiruvchi solishtirma potensial energiya.

Xulosa: Gidrostatikaning asosiy tenglamasi energiya saqlanishi qonuning xususiy holi bi'lib, tinch (sokin) suyuqlikning barcha nuqtalarida solishtirma potensial energiya o'zgarmas.

Tinch (sokin) holatdagi suyuqlikning barcha nuqtalarida z - nuqtadagi nisbiy potensial energiya va $p/(\rho g) = p/\gamma$ – bosim potensial energiyasining yig'indisi o'zgarmas

$$z + \frac{p}{\rho g} = \text{const}$$

Gidrostatikaning asosiy tenglamasini keltirib chiqarishning eng sodda holi



$$p = \frac{F}{S} \quad F = P \quad P = mg$$

$$p = \frac{mg}{S} \quad m = \rho V$$

$$p = \frac{\rho g V}{S} \quad V_{kub} = hS \quad p = \frac{\rho g h S}{S}$$

m – suyuqlik massasi, [kg]
 V – suyuqlik hajmi, [m^3]

ρ – suyuqlik zichligi, [$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]
 p – suyuqlik bosimi, [Pa]

Gidrostatik bosim formulasi :

$$\boxed{p = \rho gh}$$

2.3.4. Gidrostatika asosiy tenglamasining tahlili bo'yicha xulosalar

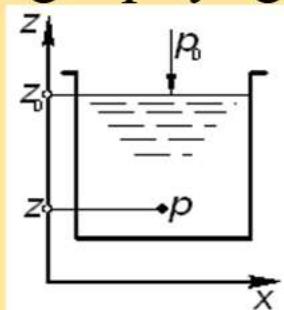
- gidrostatik bosim suyuqlikning erkin sirtiga ta'sir etayotgan p_0 – tashqi bosim va suyuqlikning h balandlikli ustuni og'irligi natijasida paydo bo'ladigan ρgh – og'irlik bosimi yig'indisiga teng: $p = p_0 + \rho gh$;
- p_0 – tashqi bosim qaralayotgan nuqtaning koordinatalaridan bog'liq, ya'ni u tinch holatdagi suyuqlikning barcha nuqtalariga o'zgarishsiz bir xil uzatiladi, shuning uchun amaliyotda suyuqlik bosim uzatuvchi muhit sifatida qaraladi, masalan, gidravlik mashinalar (gidrozichlagichlar, siquvchi silindrler, gidroko'targichlar)ning ishlash jarayoni suyuqlikning ana shu xossasiga asoslangan;
- ρgh – og'irlik bosimi nuqtaning koordinatalari funksiyasi, nuqtaning suyuqlik sathidan cho'kish chuqurligi oshishi bilan bu bosim oshib boradi;
- p_0 – tashqi bosim atmosfera bosimidan katta, atmosfera bosimiga teng va atmosfera bosimidan kichik bo'lishi mumkin; agar p ning sonli qiymati atmosfera bosimini hisobga olib aniqlangan bo'lsa, u holda $p = p_0 + \rho gh$ formula bo'yicha aniqlangan bosim ***absolyut bosim*** va aksincha atmosfera bosimisiz aniqlangan bosim $p = \rho gh$ ***ortiqcha bosim*** deb ataladi.

2.3.6. Bosim taqsimotining gidrostatik qonuni

Suyuqlik siqilmaydigan, ya’ni $\rho = \text{const}$ deb faraz qilib va massaviy kuchlardan faqat og‘irlik kuchi ta’sir qilayapti deb hisoblab, gidrostatikaning differensial shakldagi asosiy tenglamasi $dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz)$ ni integrallaymiz.

Yuqorida ko‘rsatilgan ediki, bu holda $X = Y = 0$, $Z = -g$, ya’ni $dp = -\rho g dz$.

Buni integrallagandan keyin esa $p = -\rho g z + C$, (2.9) bunda C – ixtiyoriy integrallash o‘zgarmasi. Uni topish uchun quyidagi chegaraviy shartdan foydalanamiz (2.4-rasm. Idish hajmidagi chuqurlik bo‘yicha bosimni aniqlash.): $z = z_0$ bo‘lganda $p = p_0$, bunda p_0 - suyuqlik sathiga qo‘yilgan tashqi bosim.



2.4-rasm.

Chegaraviy shartdan foydalanib, (2.9) dan integrallash o‘zgarmasi uchun quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz: $C = p_0 + \rho g z_0$.

$$\text{Bu ifodani (2.9) ga qo‘ysak, } p = p_0 + \rho g(z_0 - z). \quad (2.10)$$

Bosimning (2.10) tenglama bo‘yicha taqsimoti *bosimning chuqurlik bo‘ylab gidrostatik taqsimoti* deyiladi.

Gidrostatika asosiy tenglamasining ba'zi amaliy tadbiqlari:

- tutash idishlar; differensial manometer; sifon, ochib-yopiluvchi gidroromexanizmlar;
- rezervuar va gidrosig'ilmardagi suyuqlik miqdorini pnevmatik o'lchash;
- gidrostatik mashinalar (gidravlik zichlagich);
- suyuqlikning idish tubiga va devoriga beradigan bosimi va boshqa.

2.3.5. Ekvipotensial va bir xil bosimli sirtlar

Har bir nuqtasida $\Phi = \text{const}$ bo'lgan sirtlar *ekvipotensial sirtlar* deb ataladi. Xususiy holda, bosimi teng bo'lgan sirtlar, ya'ni har bir nuqtasida $p = \text{const}$ bo'lgan sirtlar ekvipotensial sirtlar bo'ladi. Bunday holda $dp = 0$ bo'ladi va $dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz)$ tenglama quyidagicha yoziladi: $\rho(Xdx + Ydy + Zdz) = 0$. Ammo, $\rho \neq 0$ va bundan kelib chiqadiki, $Xdx + Ydy + Zdz = 0$. (2.8)

(2.8) tenglama *teng bosimli sirt tenglamasi* deb ataladi. Agar suyuqlikka massaviy kuchlardan faqat og'irlik kuchi ta'sir etsa, u holda $X = Y = 0$; $Z = -g$ (bunda og'irlik kuchi koordinat o'qiga qarama-qarshi yo'nalganligi uchun minus ishora olingan); $-gdz = 0$ va $z = C = \text{const}$, ya'ni tinch holatdagi suyuqlikning gorizontal sirt tekisligi – bu *bosimi nolga teng bo'lgan tekislik* yoki *sath sirti (tekisligi)* deyiladi.

Sath sirti xossalari: ikkita sath sirtlari o'zaro kesishmaydi; massaviy kuchlar sath sirtiga normal yo'nalgan. Suyuqlik va gazsimon muhitni ajratib turuvchi sath sirti *erkin sirt* deb ataladi.

Bugungi mavzusini mustahkamlash uchun sinov savollari

S
I
N
O
V

S
A
V
O
L
A
R
I

- 1)** Gidrostatik bosim deb nimaga aytiladi?
- 2)** Gidrostatik bosimning asosiy xossalari ayting.
- 3)** Gidrosatikaning asosiy tenglamasi tadbiqiga oid misollar keltiring.
- 4)** Gidrostatikaning asosiy qonunlarini ayting.
- 5)** Gidrostatikaning asosiy tenglamalarini ayting.
- 6)** Nisbiy va absolyut sokin suyuqliklarga ta'rif bering.
- 7)** Gidrostatika asosiy tenglamasining interpretatsiyasini ayting.
- 8)** Gidrostatikaning differensial shakldagi tenglamasini ayting.
- 9)** Gidrostatika asosiy tenglamasining energetik ma'nosini ayting.
- 10)** Bosim taqsimotining gidrostatik qonunini tushuntiring.