

## 2-Amaliy mashg'ulot

### Mavzu: Gidrostatikaning asosiy tenglamasi, Gidrodinamika

#### 3.1. Asosiy ma'lumotlar

Gidrostatika amaliy mexanikaning suyuqlik va gazga tegishli bo'limi bo'lib, unda suyuqliknинг muvozanat qonunlari o'rganiladi.

Nyutonning ichki ishqalanish qonuniga muvofiq tinch holatdagi suyuqlikda  $T$  urinma kuchlanishlar nolga teng bo'ladi, chunki bunday holatda  $dV = 0$  bo'ladi.

Uncha ko'p bo'limgan cho'zuvchi normal kuchlanishlar suyuqlikni harakatga keltiradi, shuning uchun qo'zg'almas bo'lgan suyuqlikda bu kuchlanishlar bo'lmaydi.

Suyuqliknинг oquvchanligi sabab unda to'planma kuchlar ta'sir eta olmaydi, bunda faqat uning sirti yoki hajmi (massasi) bo'yicha uzluksiz taqsimlangan kuchlar ta'sir etishi mumkin. Shuning uchun suyuqliknинг ko'rib chiqilayotgan hajmiga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar massa kuchlari (hajmiy kuchlar) va sirtqi kuchlarga bo'linadi.

**Massa kuchlari** suyuq holdagi jismning massasiga yoki uning hajmiga (birjinsli suyuqliklar uchun) proporsional bo'ladi.

Ularga jadał harakatlanuvchi idishlardagi suyuqliknинг nisbatan tinch holatidagi **og'irlilik kuchlari** va ko'chirma harakatning **inersiya kuchlari** yoki o'zanlardagi suyuqliknинг nisbiy harakatidagi kuchlar kiradi.

**Sirtqi kuchlar** ko'rib chiqilayotgan suyuqliknинг chegaraviy sirtlarida namoyon bo'ladi.

Bu kuchlarning ta'siri natljasida suyuqlik ichida siqilish kuchlanishi sodir bo'ladi, ularni gidravlikada bosim deb ataladi va  $P$  harfi bilan belgilanadi. Gidrostatikada suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchni vaqtga bog'lamasdan ko'riladi. Bu holatni inobatga Olib shuni hisobga olish mumkinki, sirtqi kuchlar ta'sirida suyuqlikda hosil bo'luvchi kuchlanishlar suyuqlikdagi nuqtaning  $x$ ,  $Y$ ,  $z$  koordinatalariga bog'liq bo'ladi. Demak, gidrostatikaning asosiy nasalasi bo'lib, suyuqlikdagi bosimni koordinatalarning funksiyasi sifatida quyidagicha aniqlash hisoblanadi:

$$P = f_P(X, Y, Z),$$

shuningdek, suyuqlik tomonidan qattiq devorlarga ta'sir etuvchi kuchlami aniqlash sanaladi.

Yuzaga normal holatda ta'sir etuvchi sirtqi kuchlarga **bosim kuchi** deyiladi.

Yuzaga urinma sifatida ta'sir etuvchi sirtqi kuch ***qarshilik kuchi*** hisoblanadi.

Qarshilik kuchi suyuqlikning faqat harakatida namoyon bo'lsa, bosim kuchi esa suyuqlikning ham harakatlanishida, ham tinch holatida namoyon bo' ladi..

### Eylerning muvozanat differensial tenglamasi

Ushbu tenglama suyuqlik muvozanatining differensial tenglamasidan keltirib chiqariladi. Nisbiy tinch holatdagi suyuqlikning muvozanatini ko'rib chiqamiz. Bu holatda suyuqlikka massaviy kuchlar -og'irlik va enersiya kuchlari, hamda sirtiy kuchlari, hamda sirtiy kuchlar-gidrostatik bosim kuchi ta'sir etadi. Butun suyuqlik hajmidan elementar, chiksiz kichik  $dv$  parallelepiped hajmini ajratib olamiz.

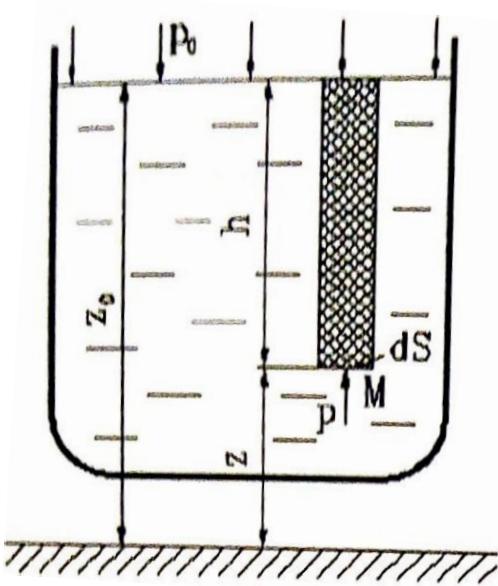
Parallelepipedning  $dx, dy, dz$  qirralari  $x, y, z$  o'qlarga parallel joylashgan (1-rasm)

O'rtacha gidrostatik bosim kuchi, gidrostatik bosimning parallelepiped tomoni yuzasi ko'paytmasiga teng 1-rasmdan ko'rinish turibdiki  $P=f(x,y,z)$ . Ushbu funksional bog'liqlik ko'rinishni aniqlaymiz . Buning uchun elementar parallelepipedga tasir etuvchi hamma kuchlarning  $x, y, z$  o'qlaridagi massaviy kuchlarini massa birligiga nisbatlarini  $X, Y, Z$  deb belgilaymiz. Hajmiy kuchlarning  $x$  o'qidagi proeksiyasi  $dQ=Xdm$  bo'ladi, bu yerda  $dm=\rho dx dy dz$  yoki  $dQ=X \rho dx dy dz$ .

Statikaning asosiy qonuniga binoan, tinch holatdagi suyuqlikka ta'sir etuvchi hamma kuchlar proeksiyalari yig'indisi nolga teng.

Shumning uchun,  $x$  o'qidagi kuchlat proeksyasi.

### Gidrostatikaning asosiy tenglamasi



Qo'zg'almas suyuqlikka faqat bitta massa kuchi — og'irlik kuchi ta'sir etayotgan bo'lсин. Suyuqlikning erkin sirti tekislikdan iborat (qaralayotgan suyuqlikning hajmi o'lchamlari Yerning o'lchamlari bilan o'lchovdosh emas). Erkin sirtga  $p_0$  bosimi ta'sir qiladi.  $h$  chuqurlikdagi ixtiyoriy  $M$  nuqtadagi bosimni aniqlaymiz (3.10.-rasm). Bu

nuqtaning atrofida gorizontal elementar  $dS$  yuzachasini ajratamiz va unda balandligi  $h$  bo'lgan vertikal silindrik hajmni tasvirini yasaymiz.

$z=z_0$  da erkin sirtda suyuqlikning hajmi birligi uchun muvozanat tenglamasi:

### 3.10.- rasm.

$$P_0 = \rho g z_0 + \text{const.} \quad (3.21.)$$

$z$  balandligida suyuqlikning hajm birligi uchun gidrostatikaning asosiy tenglamasi:

$$P = \rho g z_0 + \text{const.} \quad (3.22.)$$

$$\text{yoki} \quad z + \frac{p}{\rho g} = \text{const} \quad (3.23.)$$

(3.21.) tenglamadan  $\text{const} = p_0 + \rho g z_0$  ni aniqlaymiz i uni (3.22.) tenglamaga qo'yamiz quyidagi hosil qilamiz:

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

Agar botish chuqurligi degan  $h = z - z_0$  o'zgaruvchini kirmsak, u holda siqilmaydigan suyuqlik uchun gidrostatikaning asosiy qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$p = p_0 + \rho g h \quad (3.24.)$$

Bu tenglamani quyidagicha o'qish mumkin: *tinch holatdagi suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosim, shu suyuqlikning erkin sirtidagi  $p_0$  bosimi va suyuqlikning  $\rho g h$  ustuni og'irligi yig 'indisidan iborat bo'ladi.*

Bu tenglama bo'yicha qo'zg'almas suyuqlikning ixtiyoriy chuqurligidagi bosimni o'lhash mumkin bo'ladi. Ko'ramizki, suyuqlikdagi bosim, uning tashqi sirtidagi bosimi va suyuqlikning yuqorigi qatlamlari og'irligi hosil qiluvchi bosimdan iborat bo'ladi.

$P_0$  kattaligi suyuqlik hajmining barcha nuqtalari uchun bir xil bo'ladi, shuning uchun gidrostatik bosimning xossasini inobatga Olgan holda Paskal qonunini quyidagicha ta'riflash mumkin: *suyuqlik sirtiga qo'yilgan bosim bu suyuqlikning barcha nuqtalariga uzatiladi va barcha yo'nalish bo'yicha bir xilda (teng) bo'ladi*

Shuni ko'rish mumkinki, botish chuqurligining oshishi bilan bosim chiziqli qonun bo'yicha oshib boradi va u berilgan chuqurlikda doimiy (o'zgarmas) kattalikda bo'ladi.

Barcha nuqtalaridagi bosim bir xil bo'lgan sirtga *sath sirti* deyiladi. Shuni ko'ramizki, bu sirt erkin sirtga parallel bo'lgan tekislik bo'ladi.

Agar ixtiyoriy sathdan  $M$  ( $z$ ) nuqtaning vertikal koordinatalarini va ( $z_0$ ) erkin sirtni ajratilsa va  $h = z_0 - z$  ni almashtirilsa, u holda gidrostatikaning asosiy tenglamasini boshqacha shaklda yozilishini hosil qilamiz:

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

$$z + \frac{p}{\rho g} = \text{const}, \quad (3.25.)$$

yoki bu yerdaz—geomefrik bosim (balandlik);

$$\frac{p}{\rho g} - p'yezometrik bosim (balandlik).$$

Geometrik va p'yezometrik bosimlar yig'indisi **gidrostatik bosimdir**. Demak, gidrostatik bosim qo'zg'almas suyuqlikning barcha hajmi uchun doimiy (o'zgarmas) kattalikdir.

### 3.11. Tutash idishlarda suyuqlikning muvozanat shartlari

Ikki tutash idishga solingan va bir biriga aralashmaydigan suyuqlklarni ko'rib chiqamiz (3.12.- rasm).

Idishlar yopilgan,  $p_{01}$  va  $p_{02}$  bosimlar suyuqlik sirtida I va II idishlarda turlicha. 0-0 chizig'i turli xil jinsli suyuqlklarni ajratib turuvchi chiziq hisoblanadi. 0 0 chizig'i orqali o'tuvchi gorizontal chiziq teng bosimli tekislik hisoblanadi.

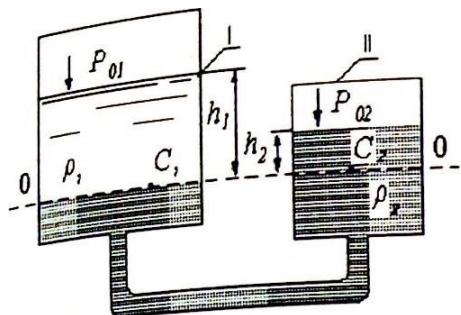
Teng bosimli tekislikda yotuvchi  $C_1$  va  $C_2$  nuqtalardagi gidrostatik bosimni aniqlaymiz.

Gidrostatikaning asosiy tenglamasiga muvofiq:

$$P_{C1} = P_{01} + \rho_1 g h_1, \quad (3.27.)$$

$$P_{C2} = P_{02} + \rho_2 g h_2 \quad (3.28.)$$

bu yerda  $h_1$  va  $h_2$  0-0 tekisligi ustida I va II idishlarda suyuqlklarning ko'tarilishi;



va suyuqlklarning zichligi. Ma'lumki:  
bo'ladi.

$$+ p_1 g h_1 + p_0 g h_1 = P_{01} + \rho_1 g h_1, \quad (3.29.)$$

$$3. 12.- \text{rasm. } P_{C2} = P_{02} + \rho_2 g h_2, \quad (3.30.)$$

(3.30.) formulasi tutash idishlarda suyuqlikning muvozanat shartini tavsiflaydi. U ayrim holatlardagi masalalarni yechish imkonini beradi. I holat. Idishlarga bir xil suyuqlik quyilgan, ammo va bosimlari turlicha, u holda  $P_1 = p$ , sharti bo'yicha quyidagini hosil qilamiz:

$$P_{O_1-P02} = \rho \cdot g (h_2 - h_1) \quad (3.31.)$$

II holat. Suyuqlik bir xil, ya'ni  $P_1 = A = p$  va  $P_2 = P_{02}$ .

U holda:  $h_1 = h_2$  (3.32.) bo'ladi va suyuqlik idishlarda bir xil sathda bo'ladi.

III holat. Suyuqlik bir xil,  $P_1 = p$ , lekin bitta idish ochiq holda, ya'ni  $=$ , boshqa idish yopiq holda, ya'ni  $>$ .

U holda quyidagilarni hosil qilamiz:

$$P_C = P_{aTM} + \rho \cdot g \cdot h_1, \quad (3.33.)$$

$$P_C = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_2. \quad (3.34.)$$

$P_C = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_2$  bo'lgani uchun:

$$P_{aTM} + \rho \cdot g \cdot h_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_2, \quad (3.35.)$$

$$\underline{P_0} + \underline{\rho \cdot g \cdot h_2} \quad (3.36.)$$

$P_{02} = P_{aTM} + \rho \cdot g \cdot h_1$  ifodasi yopiq idishdagi suyuqlik sirtidagi nuqtalar uchun p'yezometrik balandlik hisoblanadi.

IV holat. Suyuqliklar turli jinsli, bir-biriga aralashm

$P_{OI} = agan$  U holda:

$$\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

yoki (3.37.)

(3.38.)

### 3.12. Gidrostatik bosim ostidagi yumaloq quvur

Texnologiyaga mo'ljallangan gidravlik tizimlarda, suyuqlik asosan, yumaloq kesimli quvurlar bo'yicha uzatiladi. Suv o'tkazgichlarda, kanalizatsiya (oqova) va boshqa ko'pgina quvur o'tkazgichli tizimlarda, gidrotexnik inshootlarda quvurlar va boshqa yumaloq kesimli rezervuarlar (katta hajmlli idishlar) keng qo'llaniladi. Shu sababli, quvurga bo'lgan yuklamani aniqlash masalasi juda ko'p tarqalgan. Bunday hisoblashlarda egri chiziqli sirtga suyuqlik tomonidan ta'sir etuvchi kuchning avvalgi olingan gorizontal tuzuvchilari formulasi qo'llaniladi:

$$P_f = P_0 e^{-\gamma z} = P_0 e^{-\frac{p}{\rho g} z} \quad (3.39)$$

Mashinasozlik gidrouzatmalarida qo'llaniladigan diametri katta bo'lмаган quvur uchun, quvur diametrining kichikligi tufayli, suyuqlik ustuni bosimini hisobga olmaslik mumkin. U holda tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

bu yerda  $P_0$  — tashqi bosim.

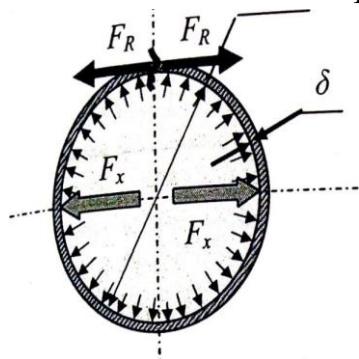
Uzunligi  $l$ , ichki diametri  $D$  va devorining qalnligi  $\delta$  bo'lgan,  $P$  hidrostatik bosimi ostida bo'lgan quvurni ko'rib chiqamiz (3.13.- rasm). Bu bosim  $F_l$  yoruvchi kuchlarni keltirib chiqadi.

Quvurning simmetrikligi tufayli, bunday yoruvchi kuchlar barcha yo'nalishlar bo'yicha bir xilda ta'sir etadi.

Vertikal tekislik bo'yicha bu kuch quyidagiga tengdir:

— quvur devori yuzasining vertikal bu yerda DI ko'paytma proyeksiyası.  $D$  Yoruvchi kuchga quvur devorlarida hosil bo'lувчи  $F_R$  reaksiya kuchlari qarama qarshi turadi  $\delta$  quvur devorlari yuzasi o'q bo'yicha har qanday kesimda quyidagini tashkil etadi: Só 21 $\delta$ .

Yoruvchi kuchlar ta'sirida quvur devorlarida yoruvchi kuchning kattaligiga teng



bo'lgan va  
3. 13.- rasm. kuchi hosil bo'ladi: qar'indi  
reaksiya

Bundan quvurning ichida bosim hosil qiluvchi  
quvur devorlaridagi a kuchlanish aniqlanadi:

### 3.13. Oddiy hidravlik mashinalar. Hidravlik press

Turli hidravlik qurilmalarning harakatatlaniш prinsipi Paskal qonuniga asoslanadi, ular yordamida bosim ma'lum masofaga uzatiladi.

Bunday qurilmalarga hidravlik presslar, hidroko'targichlar, hidrodomkratlar, hidravlik akkumulyatorlar, hidravlik tormozlovchi tizimlar, hidromultiplikatorlar va b. kiradi.

Misol tariqasida hidravlik pressning ishlashini ko'rib chiqamiz.

Hidravlik press juda katta siquvchi kuchni hosil qilish uchun qo'llaniladi, misol uchun, metallga bosim ostida ishlov berishda (presslashda, quyishda, shtampovkalashda), turli materallarni sinashda, g' ovak materiallarni zichlashda, texnologik jarayonlarda cho'kmalarni suvsizlantirishda va b.

Pressning prinsipial sxemasi 3.14.- rasmda keltirilgan

Sl yuzali porshenga  $F_1$  kuch qo'yilgan, bu kuch PI bosimini hosil qilib, suyuqlikka uzatadi:

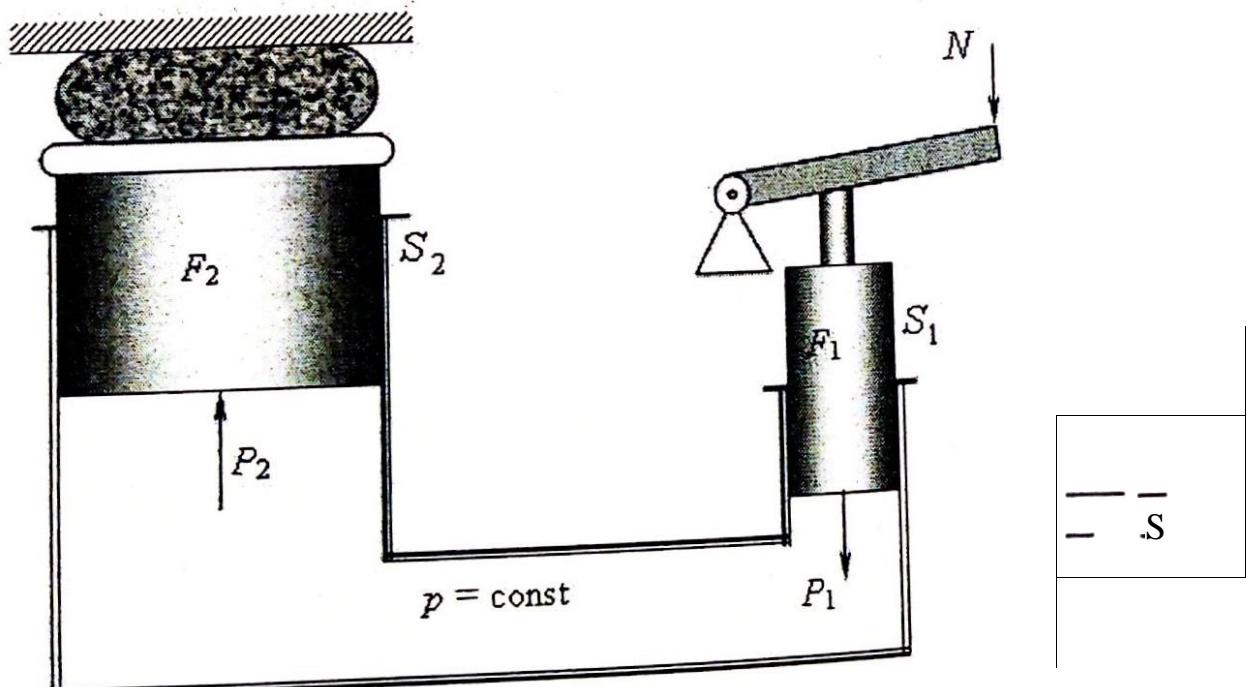
Paskal qonuni bo'yicha bosim S2 yuzali porshenga uzatiladi bu bosim foydali kuchni hosil qiladi va bu kuch ta'sirida material presslanadi:

$$P_2 = P_1$$

Natij ada: munosabat o'rinni bo'ladi, (3.40.)

yoki (3.41.)

(3.41.) formuladan ko'rindiki, kichik va katta porshenlardagi kuchlar nisbati porshenlar diametrлari kvadratlari nisbatiga proporsionaldir.



3.14.- rasm.

Ta'kidlash lozimki, Burdon manometrlari bilan manometrik bosim (yoki ortiqcha ya'ni absolyut (to'liq) va atmosfera bosimi o'rtasidagi farq o'lchanadi.

To'liq bosimni olish uchun manometrik bosimga atmosfera (barometrik) bosimini qo'shish zarurdir.

Bosimni o'lchash birligi  $IN/m$  hisoblanadi va u Paskal deyiladi.

Bosimni o'lchashdagi eski birliklar orasidagi nisbat quyidagichadir:

1 bar  $10^5 Pa$ ;

$1 mm$  simob ustuni  $= 133,322 Pa$ ;

$1 mm$  suv ustuni  $= 9,80665 Pa$ ;

$1 at$  (texnik atmosfera)

$1 kgWsm = 10 m$  suv ustuni =

$735,6 \text{ mm simob ustuni} = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ Pa};$

$1 \text{ atm (fizik atmosfera)} 760 \text{ mm simob ustuni} = 1,01325-105 \text{ Pa}.$

### **3.16. Gidrostatik bosim va muvozanatda bo'lgan suyuqlik uchun energiya qonuni**

Yuqorida, gidrostatikaning asosiy tenglamasini chiqarishda, quyidagi ko'rinishdagi differential tenglamani hosil qilgan edik (3.7. ga qarang):  $dp - \gamma dz$ , bu yerda  $\gamma = pg$ .

Bu tenglamani integrallashdan avval, uni quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\frac{dp}{\gamma} + dz = 0$$
$$d\left(\frac{p}{\gamma} + z\right) = 0.$$

Yoki integrallashdan so'ng quyidagini hosil qilamiz:  $\frac{p}{\gamma} + z = C = \text{const.}$

kattaligi suyuqlikning p'yezometrdagi

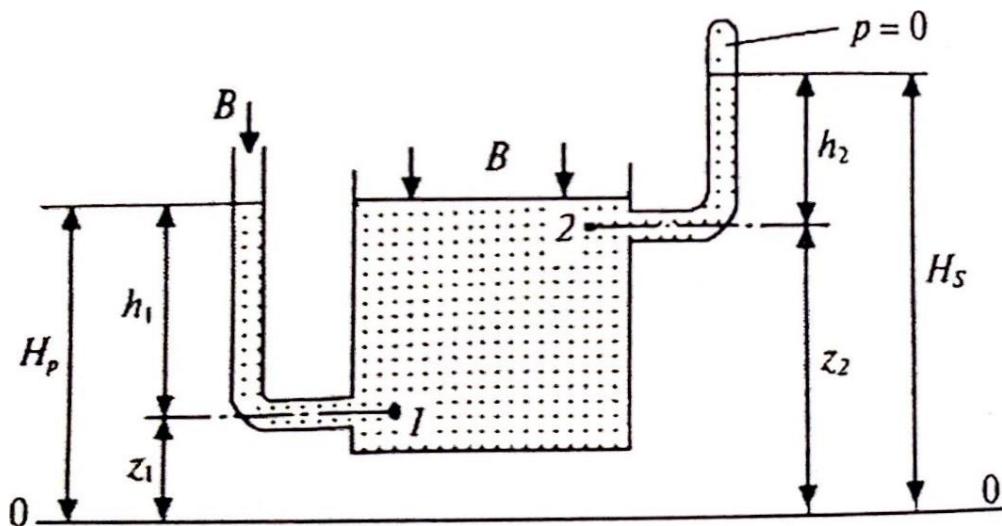
balandligidir, agar bunda uning yuqorigi uchi p<sub>0</sub> bosimi ostida joylashgan bo'lsa (3.21- rasm).

Shunday qilib, bu balandlik suyuqlikning absolyut bosimiga to'g'ri keladi va keltirilgan balandlik deyiladi (h<sub>2</sub> balandligi).

$z - z_2$ - 0-0 shartli solishtirma (taqqoslash) tekislik ustidagi tanlangan nuqtaning geometrik balandligi. Bundan quyidagi kelib chiqadi:  $z_2 - F - z = H_s = \text{const.}$

(3.42.)

(3.42) tenglamasi, Z<sub>2</sub> va p/y ikki balandlik yig'indisi, suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasida o'zgarmas (doimiy) bo'lib qolishini ko'rsatadi. Bu yig'indi absolyut (to'liq) hidrostatik bosim deyiladi.



3.21.- rasm.

Agar p'yezometming uchini atmosfera bilan tutashtirilsa, u holda B bosimida (3.42.) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$Z_1$  va  $(p - B)/y$  yig'indisi gidrostatik bosim deyiladi,

$(p - B)/y$  port/ y kattâligi esa p'yezome-trik bosim deyiladi.

Hr balandlikda o'tkazilgan gorizontal tekislik gidrostatik yoki p'yezometrik bosim tekisligi deyiladi, g esa absolyut (to'liq) bosim tekisligi deyiladi. Ma'lumki,  $H_s$  bo'ladi.

(3.42.) va (3.43.) ifodalariga oddiy energetik ma'no berish mumkin.

t massali suyuqlikning bir qismini ko'rib chiqamiz. 0 - 0 tekisligiga nisbatan uning potensial energiyasi  $mgz$  bo'ladi. Bundan tashqari,  $p$  bosimi ostida bu qism  $h=p/y$  balandligiga ko'tarilishi mumkin, ya'ni bosimning potensial energiyasiga ega bo'ladi va u quyidagiga teng bo'ladi  $mgh = mgz$ .

Shunday qilib, qism potensial energiyasining to'liq zahirasi quyidagicha bo'ladi

Bu ifodani  $mg$  ga bo'lamiz va quyidagini hosil qilamiz: en

bu yerda en =  $E_n = mgz$ .

Bundan z balandligi qism holatining solishtirma potensial energiyasi ekanligi kelib chiqadi,  $p / y$  esa bosimning solishtirma potensial energiyasidir.

kattaligi qismning to'liq solishtirma

potensial energiyasi hisoblanadi. So'nggi nisbat muvozanatda bo'lgan suyuqlik uchun energiya qonuni deyiladi.

Tinch holatdagi suyuqlikning ushbu hajmidagi barcha nuqtalari uchun solishtirma potensial energiyasi bir xilda bo'ladi. Bu tasdiqlar ham ( $H_s$ ) to'liq, ham ( $H$ ) p'yezometrik bosimlar uchun ham o'rnlidir.

Shuningdck, Paskal atmosfera bosimining balandlikka bog'liqligi haqidagi g'oyani ilgari surdi, bosimning harorat va havoning namligiga bog'liqligini kashf qildi va ob-havoni bashorat qilish uchun barometrdan foydalanishni taklif qildi. Uning sharafiga bosim birligiga Paskal deb nom berildi.

Gidrostatika asosiy tenglamasining natijasi bo'lib shunday fakt hisoblanadiki, **Blez Paskal** unda tinch holatdagi suyuqlikdagi teng Chu(1623 - 1662) qurlikda bosim bir xilda bo'ladi. Natijada

teng bosimli sirtlar haqida gapirish mumkin bo'ladi. Absolyut tinch holatda yoki tekis harakatda bo'lgan suyuqlik uchun bu sirtlar gorizontal tekisliklardan iborat bo'ladi. Quyida ko'rib chiqiladigan tinch holatning boshqa vaziyatlarida, teng bosimli sirtlar boshqacha shaklni egallashlari yoki gorizontal holatda bo'lmasligi mumkin. Teng bosimli sirtning mavjudligi suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosimni o'lchash imkonini beradi.



## Gidrodinamika

Suyuqliklarning turba quvurlari va kanallarda oqishi, harakatga keltiruvchi kuch, ya'ni bosimlar farqi ta'sirida ro'yberadi. Ushbu kuch nasos. kompressorlar, ayrim hollarda suyuqliklar zichligi yoki sathining farqiyordamida hosil qilinadi.

Ma'lum miqdordagi suyuqliknin zarur tezlikda uzatish uchun bosimlar farqini aniqlash kerak energiya miqdori yoki bosimlar farqi ma'lum bo'lsa, suyuqlik sarfi va tezligi topiladi. Yuqorida ko'rsatilganlarni amalga oshirish uchun gidrodinamika qonuniyatlarini bilish darkor.

Gidrodinamikada tashqi va ichki masalalar bo'ladi. Truba va kanallar ichidagi suyuqlikning harakati - bu gidrodinamikaning ichki masalasidir. Turli jismlar yuzasida suyuqlikning harakati - bu gidrodinamikaning tashqi masalasidir.

**Suyuqlik sarfi va tezligi.** O'zgarmas ko'ndalang kesimli trubada suyuqlik harakatini ko'rib chiqamiz .

Vaqt birligida ko'ndalang kesim orqali oqib o'tayotgan suyuqlik miqdoriga **suyuqlik sarfi** deyiladi. Agar suyuqlik sarfi  $m^3/s$ ,  $m^3/soat$  o'lchov birliklarida

o'lchansa — hajmiy sarf. kg/s, kg/soat larda o'lchansa — ***massaviy sarf*** deb hisoblanadi.

Oqim ko'ndalang kesimining turli nuqtalarida suyuqlik zarrachalarining tezligi bir xil bo'lmaydi.

Suyuqliklarning haqiqiy tezligini o'lchash juda murakkab bo'lgani uchun, muhandislik hisoblashlarida zarrachalar o'ltacha tezligi ishlataladi. Suyuqlik hajmiy sarfi  $Q$  ( $m^3/s$ ) ning truba ko'ndalang kesim yuzasi  $F$  ( $m^2$ ) nisbatiga ***o'rtacha tezlik***  $w$  ( $m/s$ ) deb nomlanadi:

$$W = \frac{Q}{F} \quad (3.1) \text{ Truba yoki kanal ichida harakat qilayotgan oqim ko'ndalang kesim yuzasining perimetriga nisbati gidravlik radius } r_g \text{ (m) deb nomlanadi:}$$

$$r_g = \frac{F}{P}$$

bu yerda  $F$ -suyuqlik oqimi ko'ndalang kesimi yuzasi  $m^2$

$P$  — ho'llangan perimetri, m.

Ichki diametri  $d$ , ko'ndalang kesim yuzasi  $F = \pi d^2 / 4$  va ho'llangan perimetri  $\pi = \pi \cdot d$  bo'lgan dumaloq truba uchun gidravlik radius ushbu foimuladan topiladi:

$$r_g = \frac{F}{\pi d} = \frac{\pi \cdot d^2 / 4}{\pi d} = \frac{d}{4}$$

Gidravlik radius orqali ifodalangan ekvivalent diamert quydagি ko'rinishga ega

$$d = d_g = 4r$$

Agar (2. 1 2) tenglamani inobatga olsak.

$$D_e = \frac{4 \cdot F}{\pi}$$

Tomonlari a va b bo'lgan to'rburchak ko'ndalang kisimli suyuqlik bilan to'ldirilgan kanallar uchun gidravlik radius tenglamadan aniqlanadi.

to'ldirilgan kanallariichtin gidravlik radius ushhlenganiadananiq!anadi:

$$r_g = \frac{F}{\pi} = \frac{a \cdot b}{2a + 2b} = \frac{a \cdot b}{2 \cdot (a + b)}$$

Ekvivalent diametr esa

$$d_e = 4r_k = \frac{4 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (a+b)} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a+b}$$

Ichki diametri  $d_i$  va tashqi diainetri  $d_t$  bo'lgan ikkita turbalar hosil qilgan halqasimon trubalararo bo'shliqning ko'ndalang kesim yuzasi uchun ekvivalent diametr quyidagi tenglamadan aniqlash mumkin.

$$d_e = \frac{4 \cdot F}{\pi} = \frac{4 \cdot \left( \frac{\pi \cdot d_t^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_u^2}{4} \right)}{\pi \cdot d_t + \pi \cdot d_u} = \frac{d_t^2 - d_u^2}{d_t + d_u} = d_t - d_u$$

Dumaloq truba uchun de =d.

**Turg'un va turg'unmas (noturg'un) oqimlar.** Suyuqlik harakat qonuniyatlariga qarab turg'un va noturg'un oqimlar bo'ladi.

Suyuqlik oqimining turg'un harakati davrida vaqt o'tishi bilan suyuqlik zarrachalarining tezligi va boshqa omillar (bosim, zichlik, temperature va hokazolari) o'zgarmaydi  $\frac{dw}{d\tau} = 0$ ,  $\frac{dp}{d\tau} = 0$ , lekin oqimda kuzatilayotgan nuqta holatiga bog'liq:

Turg'unmas harakat davrida tezlik, bosim va oqim chuqurligi koordinata va vaqtga bog'liq bo'ladi:

$$w = f_1(x, y, z, \tau); \quad p = f_2(x, y, z, \tau); \quad h = f_3(x, y, z, \tau)$$

Oqimlarning turg'un harakati uzluksiz, noturg'un esa-davriy jarayon uchun xarakterlidir

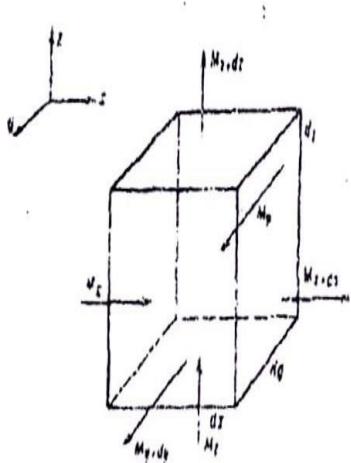
Turg'un harakał ikki xil bo'ladi . tekis va notejis.

Oqim uzunligi bo'yicha uning tezligi, bosimi, chuqurligi va shakli o'zgarmasa, suyuqlikning harakati tekis, lekin bularning aksi bo'lsa — notejis harakati sodir bo'ladi.

oqim o'rtasida (o'qida) suyuqlik harakatining tezligi maksimal. devor atrofidagi oqimchalarda esa minimal! Bo'ladi. Oqimda tezliklar taqsimlanishi suyuqlik harakati rejimlariga bog'liq.

## 2.6. Oqimning uzluksizlik tenglamasi

Uzluksiz harakat qilayotgan sharoitda suyuqlik oqimidagi tczliklar orasidagi bog'-liqlikni ko'rib chiqamiz.



Buning uchun oqimdan hajmi  $dV = dx \cdot dy \cdot dz$  bo'lgan elementar parallelepipedni ajratib olamiz (2-rasm).

$x$  o'qi bo'ylab harakat tezligining tashkil qilgan deb belgilaymiz. Unda, parallelepipedning  $dy \cdot dz$  Chap tomonidan cheksiz qisqa vaqt ichida unga quyidagi miqdorda suyuqlik kiradi:

$$M_x = \rho w_x \cdot dy \cdot dz \cdot dr$$

Suyuqlik umuman siqmaydi degan taxminni qabul qilamiz

.Unda suyuqliknin zichligi  $\rho$  o'zgarmas bo'ladi.

Paralelepipedning qarama-qarshi tomonida

suyuqliknin tezligi  $-\frac{\partial w_x}{\partial x} dx$  qiymatga farq qiladi va quyidagiga teng bo'ladi.

$$W_x + \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx$$

O'ng tomonidan  $d\tau$  vaqtin ichida oqib chiqqan suyuqlik miqdori quyidagiga teng:

$$M_{x+d\tau} = \rho \left( W_x + \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \right) \cdot dy \cdot dz$$

Paralelepipedda ortib borayotgan massa miqdori.

$$dM_x = M_x - M_{x+dx} = -\rho \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau$$

ga tenag bo'ladi.

## Mavzuga doir masalalarini yechishga ko'rsatma

**Masala.** Struyali nasos yordamida suv  $h = 0,5$  m chuqurlikdan ko'ta rilmoqda. Agar quvur diametri  $d = 100$  mm, 1-1 kesimdag'i bosir  $P_M = 40$  kPa, suv tezligi  $V_1 = 1,12 \text{ m}^3/\text{s}$  bo'lsa, kamerasidagi quvur diametri  $d_2$  aniqlang (1-rasm). Suv ideal deb qaralsin.

**Yechimi:** 1-1 va 2-2 kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz. Taqqoslash tekisligini quvur o'qi bo'ylab o'tkazamiz.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

2-2 kesimdag'i tezlik damini aniqlaymiz:

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{P_{AT} - P_2}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g}$$

$\frac{P_{AT} - P_2}{\gamma}$  – 2-2 kesimdag'i vakuum miqdori.

$$p_2 + \gamma h = p_{AT}; h = \frac{P_{AT} - P_2}{\gamma} = 0,55$$

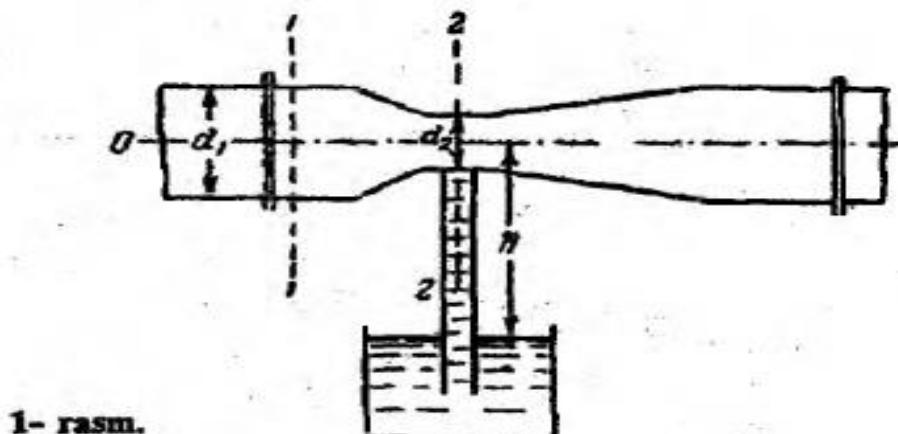
1-1 kesimdag'i tezlik dam (napor)ni

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{1,12^2}{19,62} = 0,064 \text{ m}$$

Bernulli tenglamasiga qo'yib,  $V_2$  ni aniqlaymiz:

$$\frac{V_2^2}{2g} = 0,4 + 0,55 + 0,0644 = 1,014 \text{ m}$$

$$V_2 = \sqrt{19,62 \cdot 1,014} = 4,46 \text{ m/s}.$$



1- rasm.

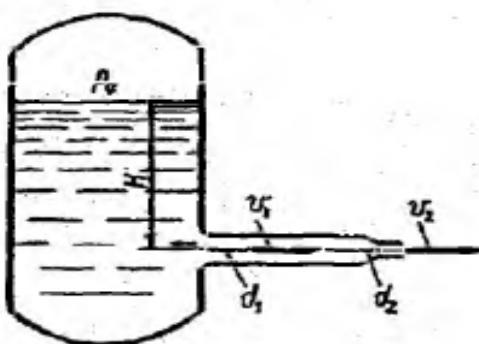
U holda  $d_2$  ni quyidagicha aniqlaymiz:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V^2}} = 0,05 \text{ m}$$

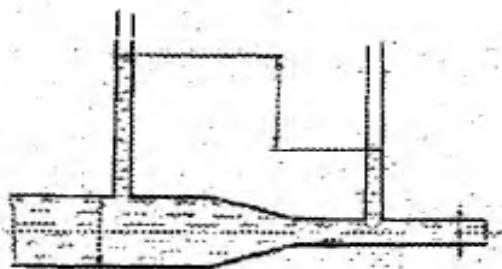
1. Rezervuardan suv diametri  $d = 30$  mm bo'lgan quvur orqali atmosferaga oqib chiqmoqda, agar rezervuardagi manometrik bosim  $P_M = 0,2$  atmosfera bo'lib, dam (napor) i  $H = 1,5$  bo'lsa, quvurdagi suv sarfini aniqlang (2.1-rasm).

2. Suyuqlik ketma-ket ulangan har xil diametrli quvurlar orqali atmosferaga chiqmoqda. Agar ikkinchi quvurdagi tezlik  $V_2 = 0,8$  m/s bo'lsa, birinchi quvurdagi tezlik  $V_1 = 2$  m/s bo'lishi uchun, birinchi quvurdagi bosim qanday bo'lishi kerak (2.2-rasm).

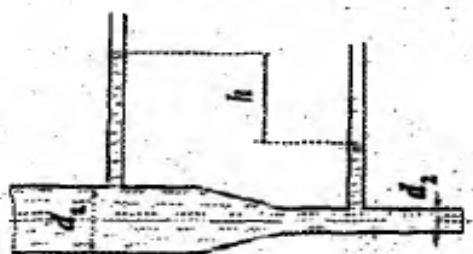
3. Quvurdagi suv sarfini aniqlash uchun Venturi naychasidan foydalilanildi.



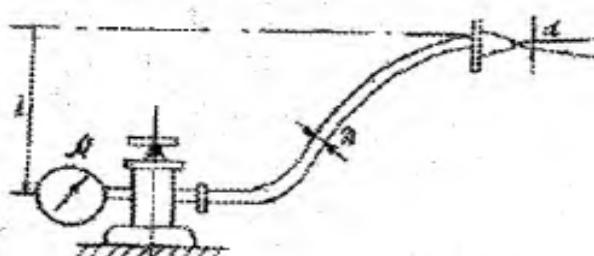
2.1- rasm.



2.2- rasm.



2.3- rasm.



2.4- rasm.