

2-Amaliy mashg'ulot

Mavzu: Hidrostatikaning asosiy tenglamasi, Hidrodinamika

3.1. Asosiy ma'lumotlar

Gidrostatika amaliy mexanikaning suyuqlik va gazga tegishli bo'limi bo'lib, unda suyuqlikning 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'lmagan cho'zuvchi normal kuchlanishlar suyuqlikni harakatga keltiradi, shuning uchun qo'zg'almas bo'lgan suyuqlikda bu kuchlanishlar bo'lmaydi.

Suyuqlikning 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 suyuqlikning 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 jadal harakatlanuvchi idishlardagi suyuqlikning nisbatan tinch holatidagi **og'irlik kuchlari** va ko'chirma harakatning **inersiya kuchlari** yoki o'zanlardagi suyuqlikning nisbiy harakatidagi kuchlar kiradi.

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

Bu kuchlarning ta'siri natijasida suyuqlik ichida siqilish kuchlanishi sodir bo'ladi, ularni gidravlikada bosim deb ataladi va P harfi bilan belgilanadi. Hidrostatikada 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 kuchlarni 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..

Eylarning 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.

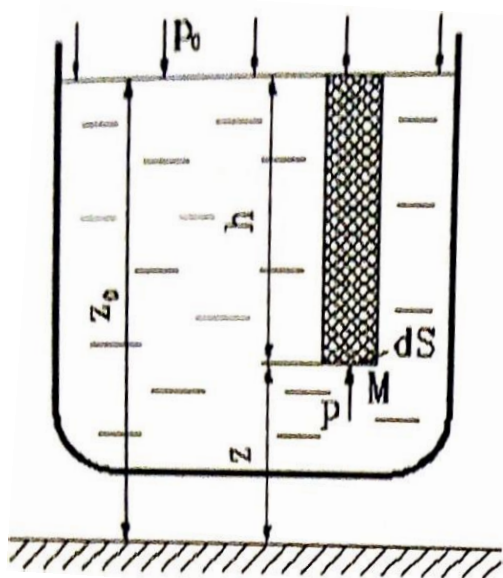
Parallelepipedning dx, dy, dz qirralari x, y, z o'qlarga parallel joylashgan (1-rasm)

O'rtacha gidrostatik bosim kuchi, gidrostatik bosimning parallelepiped tomoni yuzasi ko'paytmasiga teng 1-rasmdan ko'rinib turibdiki $P=f(x,y,z)$. Ushbu funksional bog'liqlik ko'rinishni aniqlaymiz . Buning uchun elmentar 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.

Shuning uchun, x o'qidagi kuchlat proeksiyasi.

Gidrostatikaning asosiy tenglamasi



Qo'zg'almas suyuqlikka faqat bitta massa kuchi — og'irlik kuchi ta'sir etayotgan bo'lsin. 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 sirtga 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 quyidagin hosil qilamiz:

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

Agar botish chuqurligi degan $h = z - z_0$ o'zgaruvchini kiritsak, 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'lchash 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 sirtini 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 idishlardagi suyuqlikning muvozanat shartlari

Ikki tutash idishga solingan va bir biriga aralashmaydigan suyuqliklarni 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 suyuqliklarni ajratib turuvchi chiziq hisoblanadi. 0-0 chizig'i orqali o'tuvchi gorizonta chiziq teng bosimli tekislik hisoblanadi.

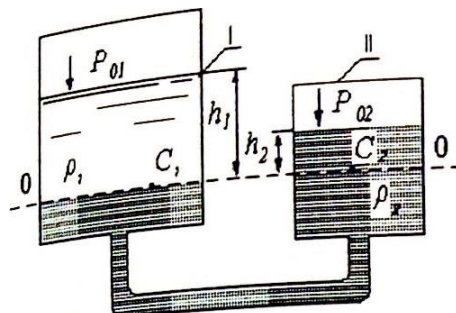
Teng bosimli tekislikda yotuvchi C_1 va C_2 nuqtalardagi gidrostatik bosimni aniqlaymiz.

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 idishlardagi suyuqliklarning ko'tarilishi;



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

$$+ \rho_1 g h_1 + P_{02} + \rho_2 g h_2, \quad (3.29.)$$

$$3. \quad 12.- \text{ rasm. } P_{C1} - P_{C2} = \rho_1 g h_1 - \rho_2 g h_2, \quad (3.30.)$$

(3.30.) formulasi tutash idishlardagi 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:

$$p_{01} - p_{02} = \rho \cdot g (h_2 - h_1) \quad (3.31.)$$

II holat. Suyuqlik bir xil, ya'ni $p_1 = p_2$ va $p_{01} = p_{02}$.

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

III holat. Suyuqlik bir xil, $p_1 = p_2$, lekin bitta idish ochiq holda, ya'ni $p_{01} = p_0$, boshqa idish yopiq holda, ya'ni $p_{02} > p_0$.

U holda quyidagilarni hosil qilamiz:

$$p_{02} = p_{01} + \rho \cdot g \cdot h_1, \quad (3.33.)$$

$$p_{02} = p_0 + \rho \cdot g \cdot h_2. \quad (3.34.)$$

$p_{02} = p_0$ bo'lgani uchun:

$$p_{01} + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_0 + \rho \cdot g \cdot h_2, \quad (3.35.)$$

$$p_{01} + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_0 + \rho \cdot g \cdot h_2 \quad (3.36.)$$

$p_{02} = p_{01} + \rho \cdot g \cdot h_1$ ifodasi yopiq idishdagi suyuqlik sirtidagi nuqtalar uchun p'yezometrik balandlik hisoblanadi.

IV holat. Suyuqliklar turli jinsli, bir-biriga aralashm

$p_{01} = p_{02}$ U holda:

$$\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2 \quad (3.37.)$$

(3.38.)

3.12. Hidrostatik 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 hajmli 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 gorizontaal tuzuvchilari formulasi qo'llaniladi:

$$P_F = P_{02} = p_0 + \rho \cdot g \cdot h_2.$$

Mashinasozlik gidrouzatmalarida qo'llaniladigan diametri katta bo'lmagan 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.

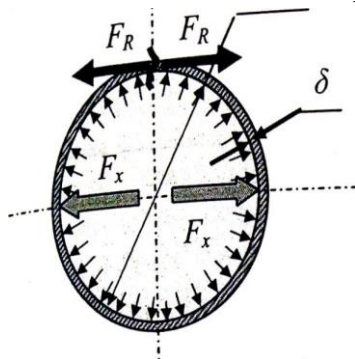
Uzunligi l , ichki diametri D va devorining qalinligi δ bo'lgan, P gidrostatik bosimi ostida bo'lgan quvurni ko'rib chiqamiz (3.13.- rasm). Bu bosim P yoruvchi kuchlarni keltirib chiqadi.

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 $D/2$ ko'paytma proyeksiyasi. D Yoruvchi kuchga quvur devorlarida hosil bo'luvchi F_R reaksiya kuchlari qarama qarshi turadi δ quvur devorlari yuzasi o'q bo'yicha har qanday kesimda quyidagini tashkil etadi: $S_0 = 2l\delta$.

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 σ kuchlanish aniqlanadi:

3.13. Oddiy gidravlik mashinalar. Gidravlik press

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

Bunday qurilmalarga gidravlik presslar, gidroko'targichlar, gidrodomkratlar, gidravlik akkumulyatorlar, gidravlik tormozlovchi tizimlar, gidromultiplikatorlar va b. kiradi.

Misol tariqasida gidravlik pressning ishlashini ko'rib chiqamiz.

Gidravlik 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 prinsipl sxemasi 3.14.- rasmda keltirilgan

SI yuzali porshenga FI kuch qo'yilgan, bu kuch PI bosimini hosil qilib, suyuqlikka uzatadi:

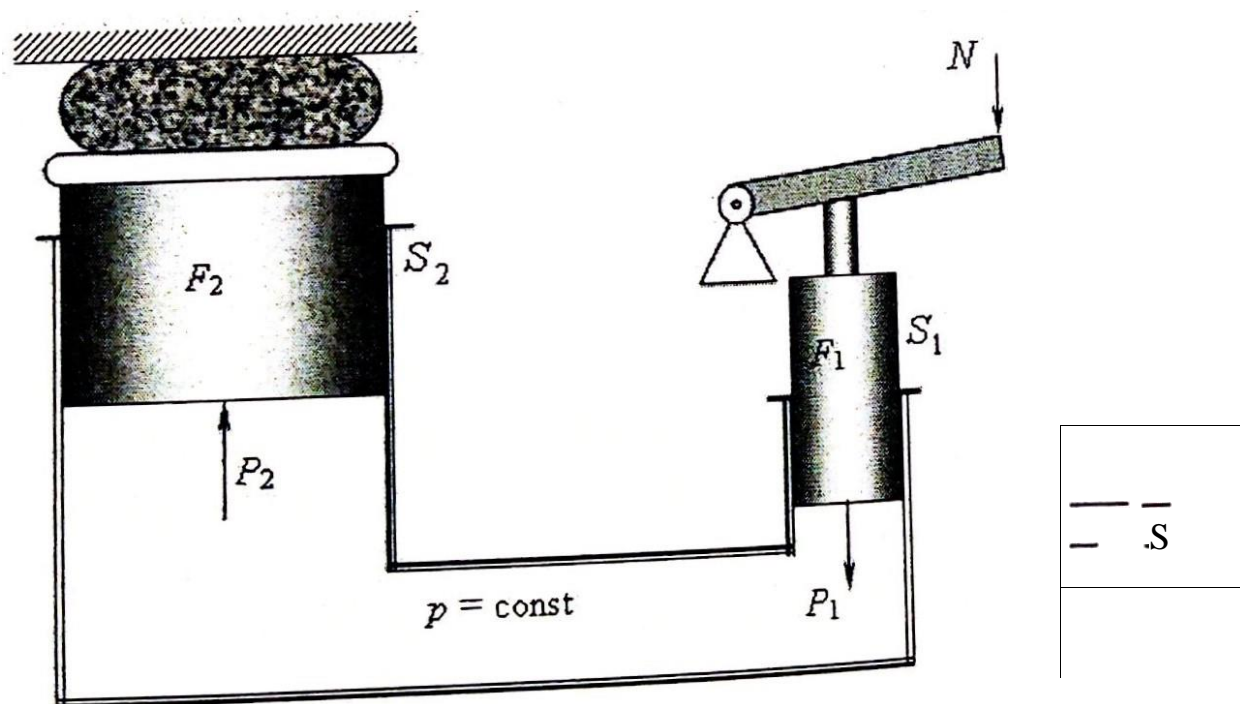
Paskal qonuni bo'yicha bosim S2 yuzali porshenga uzatiladi bu bosim foydali kuchni hosil qiladi va bu kuch ta'sirida material presslanadi:

$$P_2 = P_1$$

Natijada munosabat o'rinli bo'ladi, (3.40.)

$$F_2 = F_1 \quad (3.41.)$$

(3.41.) formuladan ko'rinadiki, kichik va katta porshenlardagi kuchlar nisbati porshenlar diametrlari 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=

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

$1 \text{ atm (fizik atmosfera) } 760 \text{ mm simob ustuni} — 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$

3.16. Hidrostatik bosim va muvozanatda bo'lgan suyuqlik uchun energiya qonuni

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

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'yezometrda

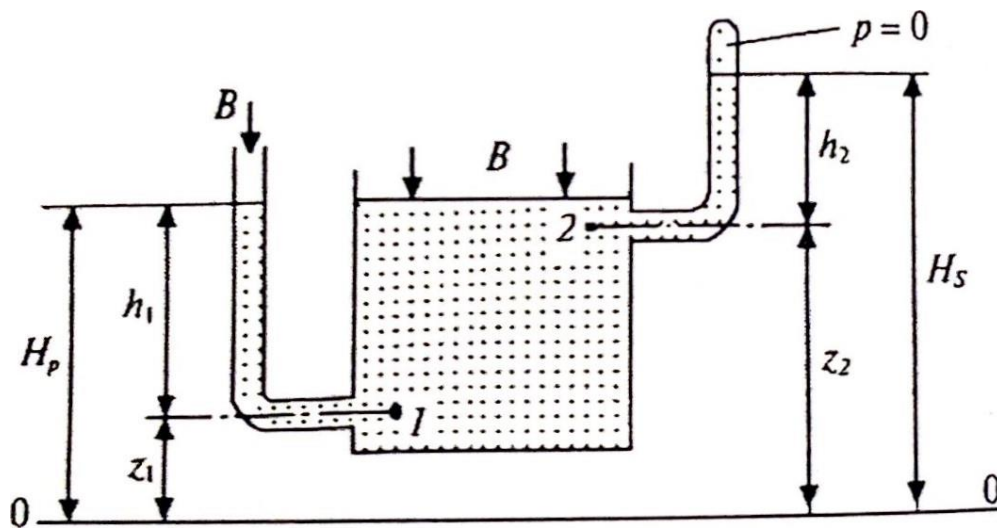
balandligidir, agar bunda uning yuqorigi uchi p_0 bosimi ostida joylashgan bo'lsa (3.21- rasm).

Shunday qilib, bu balandlik suyuqlikning absolyut bosimiga to'g'ri keladi va keltirilgan balandlik deyiladi (h_2 balandligi).

$z_1 - z_2 = 0 - 0$ shartli solishtirma (taqqoslash) tekislik ustidagi tanlangan nuqtaning geometrik balandligi. Bundan quyidagi kelib chiqadi: $z_2 - \frac{p_2}{\gamma} = z_1 - \frac{p_1}{\gamma} = \text{const.}$

(3.42.)

(3.42) tenglamasi, Z_2 va p/γ ikki balandlik yig'indisi, suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasida o'zgarmas (doimiy) bo'lib qolishini ko'rsatadi. Bu yig'indi absolyut (to'liq) gidrostatik 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 $(p - B)/\gamma$ yig'indisi gidrostatik bosim deyiladi,

$(p - B)/\gamma$ kattaligi esa p 'yezometrik bosim deyiladi.

Hr balandlikda o'tkazilgan gorizont 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 $h=p/\gamma$ balandligiga ko'tarilishi mumkin, ya'ni bosimning potensial energiyasiga ega bo'ladi va u quyidagiga teng bo'ladi $mgh = mg \frac{p}{\gamma}$.

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

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

bu yerda $e_n = E_n / mg$.

Bundan z balandligi qism holatining solishtirma potensial energiyasi ekanligi kelib chiqadi, p / γ 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'rinlidir.

Shuningdek, 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 gorizont tekisliklardan iborat bo'ladi. Quyida ko'rib chiqiladigan tinch holatning boshqa vaziyatlarida, teng bosimli sirtlar boshqacha shaklni egallashlari yoki gorizont 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 suyuqlikni 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 ishlatiladi. 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:

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

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

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

P — ho'llangan perimetr, 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 formuladan topiladi:

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

Gidravlik radius orqali ifodalangan ekvivalent diametr quydagi ko'rinishga ega

$$d = d_e = 4r_g$$

Agar (2. 1 2) tenglamani inobatga olsak.

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

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

to'ldirilgan kanallar uchun gidravlik radius ushbu tenglamadan aniqlanadi:

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

Ekvivalent diametr esa

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

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

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

Dumaloq tuba uchun $d_e = d$.

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

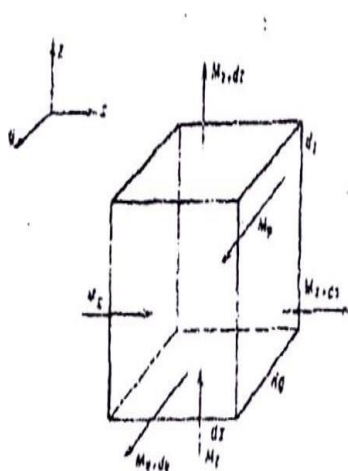
Turg'un harakat ikki xil bo'ladi . tekis va notekis.

Oqim uzunligi bo'yicha uning tezligi, bosimi, chuqurligi va shakli o'zgarmasa, suyuqlikning harakati tekis, lekin bularning aksi bo'lsa — notekis 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 tezliklar orasidagi bog'-liqlikni ko'rib chiqamiz.



Buning uchun oqimdan hajmi $dV = dx, dy, dz$ 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:

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

Suyuqlik umuman siqmaydi degan taxminni qabul qilamiz

.Unda suyuqlikni zichligi ρ o'zgarmas bo'ladi.

Parallelepipedning qarama-qarshi tomonida

suyuqlikning 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 tomondan dt vaqti ichida oqib chiqqan suyuqlik miqdori quyidagiga teng:

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

Parallelepipedda ortib borayotgan massa miqdori.

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

ga teng bo'ladi.

Mavzuga doir masalalarni yechishga ko'rsatma

Masala. Struyali nasos yordamida suv $h = 0,5$ m chuqurlikdan ko'tarilmoqda. Agar quvur diametri $d = 100$ mm, 1-1 kesimdagi bosir $P_M = 40$ kPa, suv tezligi $V_1 = 1,12$ m/c bo'lsa, kameradagi quvur diametrigini 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.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}$$

2-2 kesimdagi tezlik damini aniqlaymiz:

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

$\frac{P_{AT} - P_2}{\gamma}$ — 2-2 kesimdagi vakuum miqdori.

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

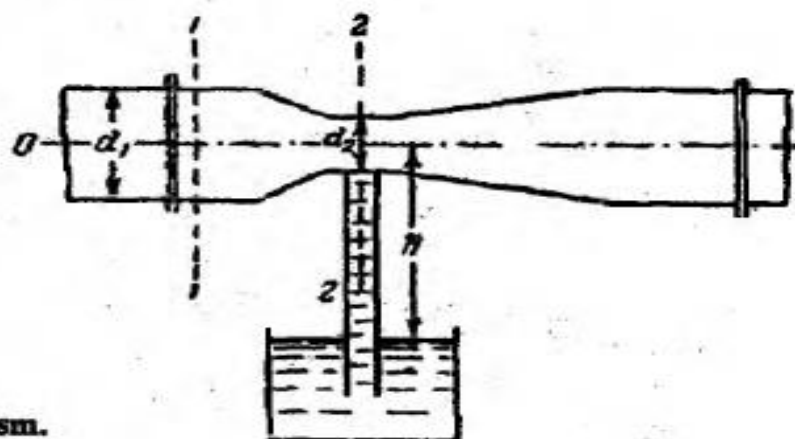
1-1 kesimdagi tezlik dam (napor)i

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

Bernulli tenglamasiga qo'yib, V_2 ni aniqlaymiz:

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

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



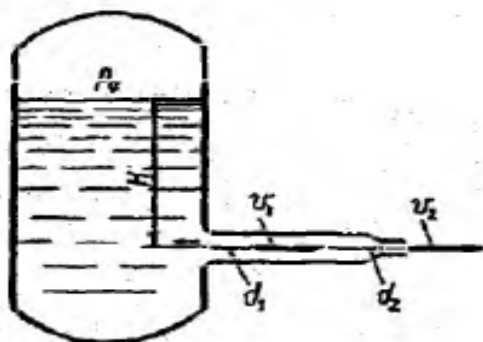
U holda d_2 ni quyidagicha aniqlaymiz:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_2}} = 0,05 \text{ m}.$$

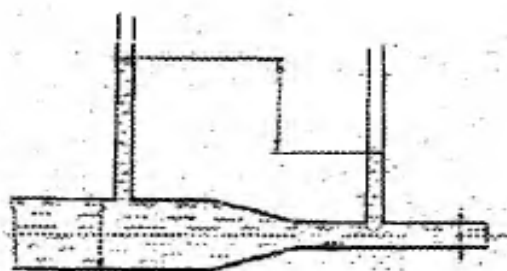
1. Rezervuardan suv diametri $d=30$ mm bo'lgan quvur orqali atmosferaga oqib chiqmoqda, agar rezervuardagi manometrik bosim $P_M=0,2$ atmosfera bo'lib, dam (napor)i $H=1,5$ bo'lsa, quvurdagi suv sarfini aniqlang (2.1-rasm).

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).

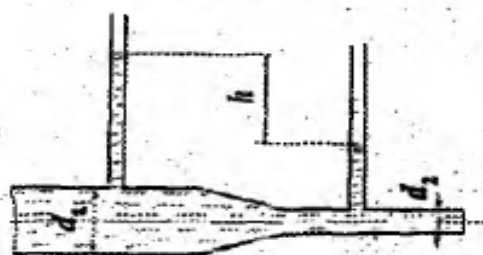
3. Quvurdagi suv sarfini aniqlash uchun Venturi naychasidan foydalaniladi.



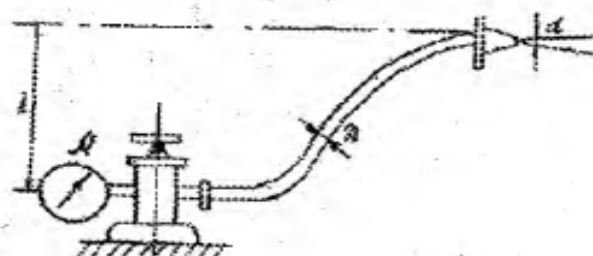
2.1- rasm.



2.2- rasm.



2.3- rasm.



2.4- rasm.