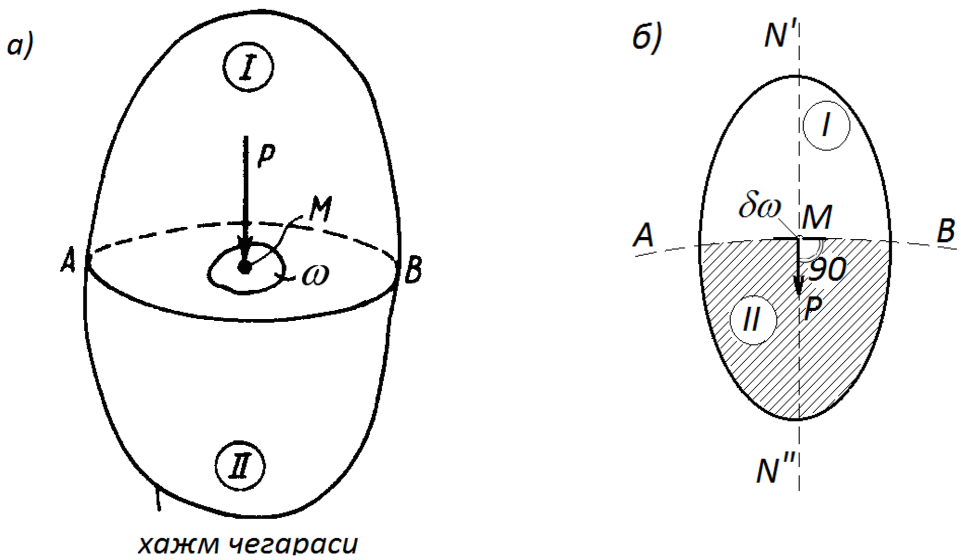
II BOB

GIDROSTATIKA

2.1. GIDROSTATIK BOSIM VA UNING ASOSIY HOSSALARI

Suyuqliklar o‘zlarining fizik hossalariga ko‘ra, ko‘ndalang va cho‘ziluvchan kuchlanishlarni qabul qilmaydi. Shu sababli suyuqliklar faqat normal yo‘nalgan siqiluvchan kuchlanishlar *«σ»*, ya’ni gidrostatik bosim *r* ta’sirida bo‘ladi.



2.1-rasm. *a*) barqaror suyuqlik hajmi;
b) *r* gidrostatik bosim (*M* nuqtaga q.) *MN''* - ichki normal

Suyuqlik ichida biror hajmni ajratib olamiz va uning muvozanat holatini kuzatamiz. (2.1, *a*-rasm). Ushbu hajmdagi suyuqlikni hayolan *AV* kesma orqali ikki qismga ajratamiz. II qism ustiga muvozanatni saqlab turish uchun tashqi kuch *R* ni qo‘yamiz. Bu kuch o‘zi ta’sir etayotgan ω yuzaga ta’sir etadi va o‘rtacha gidrostatik bosimni hosil qiladi, ya’ni

$$p = \frac{P}{\omega} = \frac{\Delta P}{\Delta \omega} \qquad (2.1)$$

Yuza ω nolga intilganda o‘rtacha gidrostatik bosim – nuqtadagi *gidrostatik bosim* deb ataladi.

$$p = \lim_{\omega=0} \frac{|P|}{\omega} = \lim_{\Delta\omega=0} \frac{\Delta P}{\Delta \omega} \qquad (2.2)$$

Gidrostatik bosimning o‘lchov birliklari: $\frac{H}{м^2} = Па$ yoki $\frac{kg}{ms^2}$; texnik atmosfera bosimi $p_{at}=98100\frac{H}{m^2}=98100Pa=98,1KPa$ yoki suyuqlik balandligida $h = \frac{p}{\rho g}$; suv balandligida atmosfera bosimi h_{suv} = 10 m suv ustuniga, simob ustuni balandligida esa h_{sim} = 735 mm simob ustuniga teng.

Gidrostatikbosim ikkita asosiy hossaga ega:

1. Birinchi hossa. *Suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi gidrostatik bosim ta’sir etayotgan yuzasiga normal (tik) yo‘nalgan bo‘lib, siquvchi hisoblanadi, ya’ni bosim qaralayotgan suyuqlik hajmini ichiga yo‘nalgan bo‘ladi.*

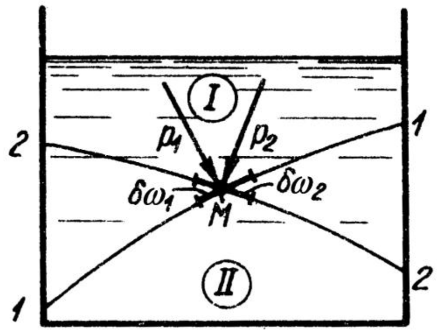
2.1, *b*-rasmda nisbiy tinch holatdagi suyuqlikning ma’lum hajmi tasvirlangan. Uni shartli ravishda I va II qismlarga *AV* sirt orqali bo‘lib, bunda shubhasiz, I qism *AV* sirt orqali II qismga ma’lum bir kuch bilan siqadi. Albatta, II qism tomondan *AV* sirtga shu kuchga teng, lekin yuqoriga yo‘nalgan kuch qarshilik ko‘rsatadi.

Endi biz faqat uzun – shtrix chiziqlar bilan rasmda ko‘rsatilgan II suyuqlik qismini qaraymiz. Bunda biz II qismga qo‘yilgan kuch bilan qiziqamiz.

AV sirtda bir nechta a,b,c nuqtalar atrofida $\Delta\omega$ yuzalar belgilaymiz hamda yuzalarga $N'N''$ normallar o‘tkazamiz.

Bu $d\omega$ yuzalar ta’sir yuzalari deb ataladi.

Birinchi xossaning to‘g‘riligini teskari holat usulidan foydalanib isbotlaymiz. Faraz qilaylik, *a* nuqtada *p* bosim $N'N''$ normal yo‘nalishdan boshqa yo‘nalishda ta’sir etmoqda. Bunday holatda *p* bosimni ta’sir yuzasiga normal (tik) bo‘lgan p_n va urinma bo‘lgan p_τ tashkil etuvchilarga ajratish mumkin. Lekin, tinch holatdagi suyuqliklarda urinma kuchlanishlar (p_τ) mavjud bo‘lmaydi. Shunga asosan, p kattalikni p_n kattalik bilan ustma-ust tushmaydi, degan taxminimiz noto‘g‘ri deb xulosa qilishimiz mumkin. Bu tahlil gidrostatik bosimning birinchi xossasi to‘g‘riligini ko‘rsatadi (2.2-rasm).



2.2-rasm. Gidrostatik bosimning 1-xossasiga doir

2. Ikkinchi hossa. *Qaralayotgan nuqtadagi gidrostatik bosim kattaligi ta’sir yuzasining qiyalik burchagiga ya’ni orientirovkasiga bog‘liq emas.*

Agar birinchi xossani tahlil qilish jarayonida p gidrostatik bosim ta’siri yo‘nalishiga e’tiborni qaratgan bo‘lsak, endi ikkinchi xossani o‘rganishda p gidrostatik bosim kattaligiga ham e’tiborni qaratamiz.

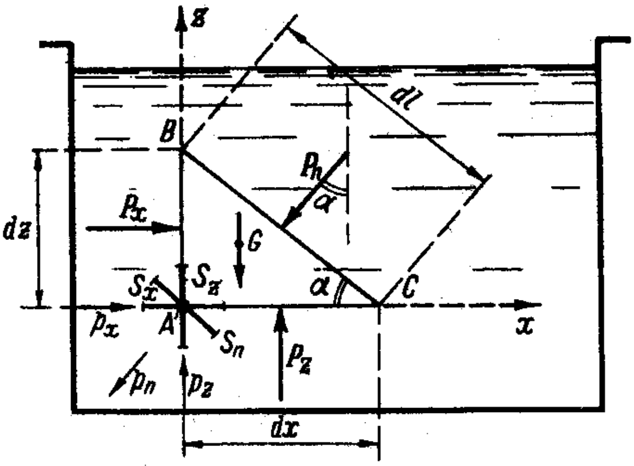
Buni tushuntirish uchun 2.3-rasmdagi tinch holatdagi suyuqlikka qarab chiqamiz. Suyuqlik ichida A ixtiyoriy nuqtani tanlaymiz. Bu nuqta orqali bir necha sirtlar (1-1, 2-2 va boshqalar) ni o‘tkazamiz. Ko‘rinib turibdiki, bu sirtning har qaysisi, suyuqlik hajmini I va II qismlarga bo‘ladi. Bu nuqta atrofida bir necha ta’sir yuzalarni belgilaymiz. ($\Delta\omega_1$, $\Delta\omega_2$ va hakozo). Bular mos ravishda 1-1, 2-2 va hakozo sirtlarda joylashgan bo‘ladi. Bu yuzalarni turli vaziyatlarda joylashganligi rasmdan ko‘rinib turibdi. Endi shartli ravishda I qismdan II qismga ta’sir etayotgan bosimlarni ko‘rib chiqamiz. Ularni mos ravishda p_1, p_2 va hakozo deb belgilaymiz.

Gidrostatik bosimning birinchi hossasiga asosan, nuqtadagi bosim ta'sir e'tayotgan yuzaga tik yo'nalgan bo'lsa, Paskal tomonidan aniqlangan ikkinchi hossasiga asosan bu nuqtadagi bosimlar bir-biriga teng bo'ladi. ya'ni:

$$p_x = p_y = p_z = p_n \qquad (2.3)$$

bunda, p_x, p_u, p_z, va $p_p$koordinata o'qlariga nisbatan *0x, 0u, 0z* va ixtiyoriy yo'nalishdagi «*n-n*» sirtga nisbatan gidrostatik bosim.

Ushbu (2.3) munosabatni tasdiqlash uchun suyuqlik ichidan *AVS* prizma shaklidagi kichik hajm ajratib olamiz. Uning tomonlari *dx, dy, dz* bo'lsin, massasi esa $\rho\,(dx, dy, dz)$ga teng (2.3-rasm).



2.3-rasm. *A* nuqtadagi *r* bosim miqdorining ω yuzani joylashishiga bog'liq emasligini isbotlashga doir

Bu *AVS* prizma quyidagi kuchlar tasirida muvozanat holatda bo'ladi.

1) Bu kuchlar ajratilgan suyuqlikning yon qirralaridan ta'cir etuvchi kuchlar – tashqi bosim kuchlari:

$$P_x = p_x dzdy \quad (2.4)$$

$$P_z = p_z dxdy \quad (2.5)$$

$$P_n = p_n dldy \qquad (2.6)$$

bunda, p_x – *AV* yuzaga ta'sir etuvchi o'rtacha gidrostatik bosim *dy, dz* yuzaga ta'sir etib, *0x* o'qi bo'yicha yo'nalgan, demak tenglamaga musbat qiymat bilan kiradi; chizmada α – prizmaning *VS* qirrasini gorizontal tekislikka nisbatan tashkil etgan ixtiyoriy burchagi; R_n va R_z – bosim kuchlari.

2) P_y kuch *AVS* prizma yon qirrasiga suyuqlikni o'rab turgan muhitdan bo'layotgan ta'sir. Bu kuch chizmaga tik yo'nalishda bo'lganligi sababli, ko'rsatilmagan (2.3-rasm);

3) *G* **–** tashqi hajmiy kuchlar, hususan ajratib olingan suyuqlikning o‘z og‘irligi bo‘lishi mumkin.

Hajmiy kuchlar nihoyatda kichik bo‘lganligi uchun, bu *G* kuch kattaligini aniqlash uchun uning birlik massaga nisbat qiymatini $\frac{1}{2}\,dxdydz$ prizma hajmiga ko‘paytiramiz; o‘rtacha gidrostatik bosimlarning prizma yon qirralariga ta’sir kuchlarini miqdori ham kichik bo‘lganligi sababli, ularni aniqlash uchun mos ravishda bu kuchlarni ham (*dzdy*); *(dxdy); (dldy)* kattaliklarga ko‘paytiramiz. Shu vaziyatni hisobga olgan holda tashqi hajmiy kuchlarni hisobga olmasdan, *AVS* prizma faqat tashqi sirt kuchlari R_x, R_z, R_n va P_y ta’sirida muvozanat holatida bo‘ladi deb hisoblaymiz.

Buni nazarda tutgan holda, bu kuchlarning *Ax* va *Az* o‘qlarga proektsiyalari yig‘indisi nolga teng deb qabul qilamiz:

$$\left.\begin{aligned} P_x - P_n \sin\alpha &= 0; \\ P_z - P_n \cos\alpha &= 0. \end{aligned}\right\} \qquad (2.7)$$

Bu ifodalarni (2.4, 2,5, 2,6) ifodalarga qo‘yamiz:

$$\left.\begin{aligned} p_x dzdy - p_n dldy \sin\alpha &= 0; \\ p_z dxdy - p_n dldy \cos\alpha &= 0. \end{aligned}\right\} \qquad (2.8)$$

$dz = dl\sin\alpha$ va $dx = dl\cos\alpha$ ekanligini hisobga olsak,

$$p_n = p_z = p_x \qquad (2.9)$$

Shunday qilib, nuqtadagi gidrostatik bosim – shu nuqta atrofida yuzaning o‘zgarishi bilan o‘zgarmaydi, ya’ni α burchak o‘zgarishiga bog‘liq emas.

2.2. IDEAL SUYUQLIKNING NISBIY TINCH HOLATI UCHUN DIFFERENTSIAL TENGLAMASI

Tashqi hajmiy kuch ta’sir etayotgan tinch holatdagi suyuqlikni ko‘rib chiqamiz. Aytaylik, suyuqlikning birlik massasiga *f* miqdordagi hajmiy kuch ta’sir etayotgan bo‘lsin (2.4-rasm), uning *0x, 0u, 0z* o‘qlardagi proektsiyalarini mos ravishda ϕx, ϕy, ϕz deb belgilaymiz.

Umuman, suyuqlikning ixtiyoriy nuqtalaridagi bosim (*r*) ni quyidagicha ifodalaymiz:

$$p = f(x,\ y,\ z) \tag{2.10}$$

Endi, bu kattaliklar orasidagi bog‘liqlikni aniqlaymiz.

Koordinatalar sistemasi *0x* va *0z* o‘qlarining yo‘nalishini belgilab olib, nihoyatda kichik parallelipiped ko‘rinishidagi *1-2-3-4* suyuqlik hajmini ko‘rib chiqamiz.

Parallelipipedning tomonlari *dx, dz, dy* larni cheksiz kichik deb qabul qilamiz. Parallelipipedning markazida *x, y, z* koordinatadan *A* nuqtani tanlab olib, undagi bosimni *r* nuqta orqali *MN* chizig‘ini *0x* o‘qqa parallel qilib o‘tkazamiz hamda gidrostatik bosim shu chiziq bo‘ylab o‘zgaradi deb qabul qilamiz. Bu o‘zgarishni $\frac{\partial p}{\partial x}$ ko‘rinishida qabul qilish mumkin. *M* va *N* nuqtalardagi bosimning o‘zgarishini ifodalaymiz.

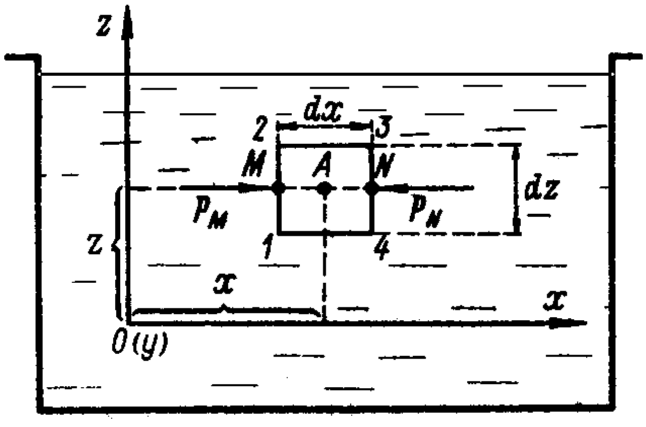
$$\left.\begin{aligned} p_M &= p - \frac{1}{2}dx\frac{\partial p}{\partial x}; \\ p_N &= p + \frac{1}{2}dx\frac{dp}{dx}. \end{aligned}\right\} \tag{2.11}$$

Bunda ikkinchi had *r* bosimning $\frac{1}{2}dx$ oraliqdagi o‘zgarishini bildiradi.

Endi quyidagicha mulohaza yuritamiz:

a) avvalambor, elementar parallelipiped-ga ta’sir etuvchi barcha kuchlarni aniqlaymiz;

b) parallelipiped tinch



holatda bo‘lganligi uchun bu kuchlarning *0x* o‘qqa proektsiyalarini olib, ularni nolga tenglaymiz.

2.4-rasm. 2.16-ifodaga doir sxema

Natijada birinchi differentsial tenglamaga ega bo‘lamiz.

c) ikkinchi va uchinchi differentsial tenglamalarni olish uchun mos ravishda *0u* va *0z* o‘qlarga proektsiyalarini olib, ularni nolga tenglaymiz.

Yuqoridagi mulohazalarga asosan, faqat birinchi tenglamani keltirib chiqaramiz.

Parallelipipedga (1-2-3-4) ta’sir etuvchi kuchlarni aniqlaymiz.

- hajmiy kuchlar.

$$\phi(dxdydz)\rho \tag{2.12}$$

$(dxdydz)\rho$ kattalik parallelipipeddagi suyuqlik massasi, uning *0x* o‘qqa proektsiyasi

$$\phi_x(dxdydz)\rho . \tag{2.13}$$

- tashqi kuchlar: elementar parallelipipedning 1-4 va 2-3 qirralariga ta’sir etuvchi kuchlar farqi nolga teng. 1-2 va 3-4 qirralarga ta’sir etuvchi kuchlar farqi esa quyidagiga teng:

$$\begin{aligned} P_M - P_N &= p_M(dzdy) - p_N(dzdy) = \\ &= \left(p - \frac{1}{2}dx\frac{\partial p}{\partial x}\right)dydz - \left(p + \frac{1}{2}dx\frac{\partial p}{\partial x}\right)dydz = -\frac{\partial p}{\partial x}dxdydz \end{aligned} \tag{2.14}$$

Barcha kuchlar yig‘indisini topamiz.

$$\phi_x(dxdydz)\rho - \frac{\partial p}{\partial x}(dxdydz) = 0 . \tag{2.15}$$

Xuddi shu tarzda *0x* va *0y* o‘qlar uchun ish tutib, qolgan ikki tenglamani yozib olib:

$$\phi_y(dxdydz)\rho - \frac{\partial p}{\partial y}(dxdydz) = 0 ;$$

$$\phi_z(dxdydz)\rho - \frac{\partial p}{\partial z}(dxdydz) = 0.$$

Bu tenglamalarni birlik massaga nisbatan yozamiz, ya'ni $(dxdydz)\rho$ hadga bo'lamiz:

$$\left.\begin{aligned} \phi_x - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = 0; \\ \phi_y - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} = 0; \\ \phi_z - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (2.16)$$

Bu tenglama 1755 yili L.Eyler tomonidan yozilganligi sababli *Eyler tenglamasi*[1] deb ataladi.

2.3. IDEAL SUYUQLIKNING TINCH HOLATI UCHUN DIFFERENTSIAL TENGLAMANI INTEGRALLASH

(2.16) tenglamalar sistemasini mos ravishda *dx*, *dy*, *dz* larga ko'paytirib, chap va o'ng tomonlarini qo'shamiz:

$$\phi_x dx + \phi_y dy + \phi_z dz - \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial p}{\partial x}dx + \frac{\partial p}{\partial y}dy + \frac{\partial p}{\partial z}dz\right) = 0 \qquad (2.17)$$

Nuqtaga ta'sir etuvchi *r* bosim, koordinatalarga bog'liq bo'lgan funktsiya ekanligini hisobga olib, ya'ni,

$$p = f(x,\ y,\ z) \qquad (2.18)$$

(2.17) tenglamadagi qavs ichidagi ifoda *r* ning to'liq differentsiali deb olsak,

[1] L.Eyler – Peterburg akademiyasining xaqiqiy akademigi, buyuk matematik, mexanik va fizik. Bazel(Shveytsariya) shahrida tug'ilgan. 1727-1741 va 1766-1783 yillarda S.Peterburgda yashab ijod qilgan.

$$dp = \rho(\phi_x dx + \phi_y dy + \phi_z dz) \qquad (2.19)$$

u holda, Eyler (2.19) tenglamasining chap tomoni bir funktsiyaning to‘liq differentsiali ekan, ikkinchi tomonini ham funktsiyaning to‘liq diffe-rentsiali deb qabul qilish mumkin. $\rho = const$ bo‘lganligi uchun

$$dp = \rho dU \qquad (2.20)$$

bunda

$$dU = \phi_x dx + \phi_y dy + \phi_z dz. \qquad (2.21)$$

Umuman, dU differentsialni boshqacha ifodalash ham mumkin:

$$dU = \frac{\partial U}{\partial x}dx + \frac{\partial U}{\partial y}dy + \frac{\partial U}{\partial z}dz \qquad (2.22)$$

(2.21) va (2.22) o‘zaro taqqoslab, quyidagini yozish mumkin:

$$\frac{\partial U}{\partial x} = \phi_x; \ \frac{\partial U}{\partial y} = \phi_y; \ \frac{\partial U}{\partial z} = \phi_z. \qquad (2.23)$$

Yuqoridagi mulohazadan ko‘rinib turibdiki, U koordinatalarga bog‘liq bo‘lgan funktsiya bo‘lib, hususiy hosilalari birlik hajmdagi og‘irlik kuchining proektsiyalarini ($f_x; f_y; f_z$) ifodalaydi.

Demak, U potentsial funktsiya bo‘lganligi sababli, f kuch ma’lum potentsialga ega bo‘lgan kuch deb qabul qilinadi. Suyuqliklar shunday kuch ta’siri ostida tinch holatda bo‘lishi mumkin.

(2.20) tenglamani integrallab,

$$p = \rho U + C \qquad (2.24)$$

ifodaga ega bo‘lamiz. Bunda, C – doimiy o‘zgarmas kattalik (integral doimiysi).

Bu kattalikni aniqlash uchun ixtiyoriy nuqtadagi ma’lum

$$p = p_0 \text{ va } U = U_0 \qquad (2.25)$$

kattaliklarni qabul qilamiz. Bu nuqta uchun (2.24) tenglama quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi.

$$p_0 = \rho U_0 + C, \qquad (2.26)$$

bundan,

$$C = p_0 + \rho U_0. \qquad (2.27)$$

(2.27) ifodani (2.24) ifodaga qo‘yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$p = \rho U + p_0 - \rho U_0 \qquad (2.28)$$

yoki

$$p = p_0 + \rho(U - U_0). \qquad (2.29)$$

Potentsial funktsiya nima degan savol paydo bo‘lishi albatta tabiiy.Bu tushunchani quyidagicha izohlash mumkin. Bizga ma’lumki, biror bir fizik jarayon ro‘y berayotgan muhit fizik maydon deb ataladi. Bu maydon shartli ravishda ikki turga bo‘linadi. 1) Skalyar maydon (harorat, zichlik maydoni); 2) Vektorli maydon (tezlik, kuch, bosim maydonlari)

Ma’lum bir $\psi = f(x, y, z)$ skalyar (ya’ni yo‘nalishga ega bo‘lmagan kattalik)ning maydoni $\psi = const$ chiziq (yoki sirt) bilan ifodalanishi mumkin. Masalan t^0 harorat maydoni $t^0 = const$ chiziq (yon sirti) bilan ifodalanadi.

Vektor maydoni bilan ishlash, skalyar maydon bilan ish olib borishga nisbatan ancha murakkabroq. Shu sababli vektor maydonini o‘rganishda u maxsus skalyar maydon bilan almashtiriladi.

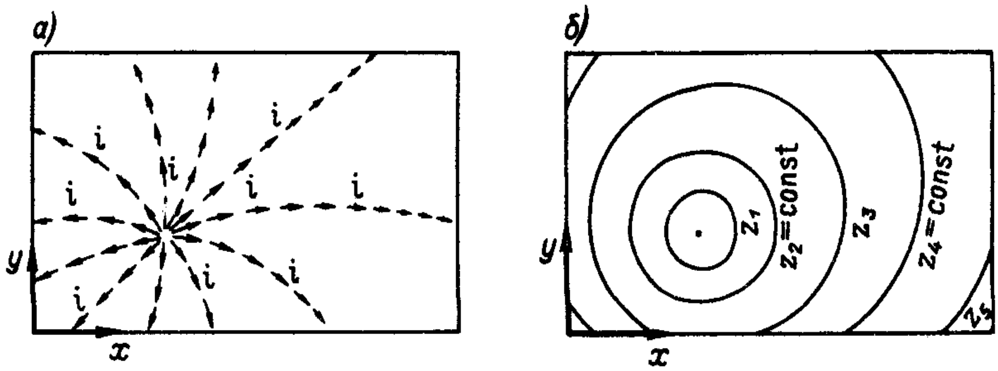
Bunday skalyar maydon maxsus U funktsiyaning teng qiymatli chiziqlari bilan ifodalanadi. Bu funktsiya *potentsial funktsiya* deyiladi yoki oddiygina *potentsial* deb yuritiladi. Bunga kuch potentsiali, tezlik potentsiali misol bo‘la olishi mumkin. U skalyar kattalikdir.

U funktsiya quyidagi xossalarga ega:

a) U funktsiya faqat x, y, z koordinatalarga bog‘liq. Ayrim hollarda vaqtga ham ham bog‘liq bo‘ladi.

b) U funktsiyaning skalyar maydondagi turli nuqtalarda olingan xususiy xossalari, vektor maydonning shu nuqtalardagi vektorning proektsiyalari kattaligiga teng bo‘lishi kerak.

Namuna tariqasida yer sirtining rel’efini ko‘rib chiqishimiz mumkin. Yerning har bir nuqtasida yer sirtining ma’lum nishabligi mavjud. Bu nishablikni eng katta pastlashi yo‘nalishdagi vektor deb qabul qilish mumkin. Shu sababli, yer rel’efining i nishabliklar maydoni sifatida qabul qilishimiz mumkin (qarang 2.5-rasm).



2.5-rasm. Yer sirti i nishabliklari: (*a*) vektor maydonini (*b*) skalyar maydon bilan almashtirish

Endi yer sirti balandligi belgisini (z) deb belgilab olib, relefimizda plan bo‘yida gorizontallarni o‘tkazamiz $z = const$ (2.5, *b*-rasm). Shubhasiz, z belgi x va y koordinatalarga bog‘liq bo‘lib, qo‘yidagi xossaga ega:

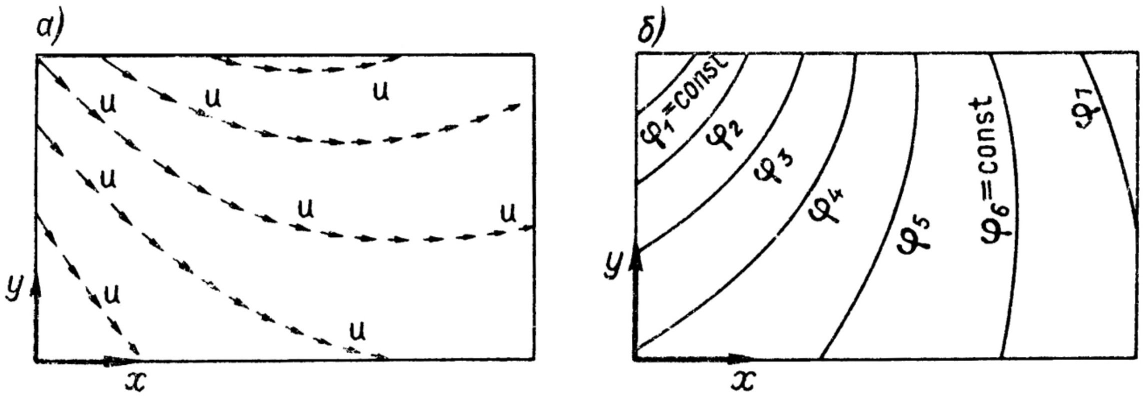
$$\frac{\partial z}{\partial x} = -i_x ; \ \frac{\partial x}{\partial y} = -i_y ,$$

bu yerda i_x va i_y – i nishablikning tashkil etuvchilari;

Bu yerda xosilalarda ishorasini tashlab yuborib, yozuvni soddalashtirish uchun $z' = -z$ belgilash kiritish mumkin.

Ko‘rinib turibdiki, z skalyar kattalik, i nishablik vektor maydoni potentsial funktsiyasidir. Amaliyotda joy relefi $z = const$ ekvipotentsial ko‘rinishda beriladi. Bu gorizontaldan foydalanib, yer sirtining ixtiyoriy nuqtasida i vektor kattaligi va yo‘nalishini aniqlash mumkin.

Kelgusi mavzularda biz tezliklar vektor maydoni bilan tez-tez duch kelishimiz mumkin. (2.6, *a*-rasm).



2.6-rasm. *a*) tezliklar vektor maydoni;

b) φ potentsial funktsiya tezliklar maydonining skalyar maydoni

Bunday hollarda bunday maydonini φ tezlik potentsialini xarakterlovchi skalyar maydon bilan almashtirishimizga to‘g‘ri keladi (2.6, *b*-rasm)

Shuni ta’kidlash kerakki, har qanday vektor maydonini potentsial funktsiya bilan ifodalab bo‘lmaydi. Shunday vektor maydonlari borki, ular potentsialga ega emas. Ularni hisoblash sezilarli murakkabliklarni paydo qiladi. Potentsial funktsiyaga ega vektor maydonlarni qarashda bu funktsiyani aniqlash bilan bog‘liq matematik muammolarga duch kelishimiz mumkin.

2.4. TENG BOSIMLAR TEKISLIGI

Nisbiy tinch holatdagi bir xil suyuqlikdan o‘tkazilgan gorizontal tekislikning hamma nuqtalarida bosim bir xil bo‘ladi. Bunday tekislik *teng bosimlar tekisligi* deb ataladi. Bu tekislik tenglamasini (2.19) tenglamada gidrostatik bosimni o‘zgarmas deb qabul qilish orqali yozishimiz mumkin:

$$p=const \text{ yoki } dp=0,$$

demak,

$$dp = (\phi_x dx + \phi_y dy + \phi_z dz)$$

yoki

$$U(x, y, z) = const.$$

Shunday qilib, bu teng bosimlar tekisligidagi barcha zarrachalar massa kuchlariga mos keluvchi bir xil solishtirma potentsial energiyaga teng ega bo‘ladi.

Bunday teng bosimlar tekisligiga suyuqlikning erkin sirti misol bo‘la olishi mumkin. Bu sirt gidrotexnika amaliyotida havo bilan chegaralangan bo‘ladi. Yuqoridagi tenglamaga asosan xulosa qilish mumkinki, *teng bosimlar tekisligidagi nisbiy tinch holatdagi suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasiga ta’sir etuvchi massa kuchlarining yo‘nalishi, shu tekislikka tik yo‘nalgan bo‘ladi*.

2.5. OG‘IRLIK KUCHI TA’SIRI OSTIDAGI SUYUQLIKKA TA’SIR ETUVCHI GIDROSTATIK BOSIM KUCHI

Bundan keyin suyuqlikka faqat bitta hajmiy kuch – og‘irlik kuchi ta’sir etayapti, deb qabul qilamiz. Yopiq idishga solingan suyuqlik sathiga p_0 tashqi kuch ta’sir etayotgan holatni qabul qilib, uning ixtiyoriy *h* chuqurlikdagi nuqtasi (*m)* atrofida birlik massani ajratib olamiz (2.7-rasm).

Faraz qilaylik, bu massaga *f* kuch ta’sir etmoqda. Yuqorida ta’kidlangan holatimiz uchun

$$\phi_x = 0, \phi_y = 0, \phi_z = -g, \qquad (2.30)$$

bunda, *g* – og‘irlik kuchi ta’siri ostidagi tezlanish;

$\phi_x, \phi_y, \phi_z - \phi$ kuch proektsiyalari.

Bizning holat uchun

$$dU = \phi_x dx + \phi_y dy + \phi_z dz = -gdz \quad (2.31)$$

(2.31) ni (2.20) ga qo‘yib,

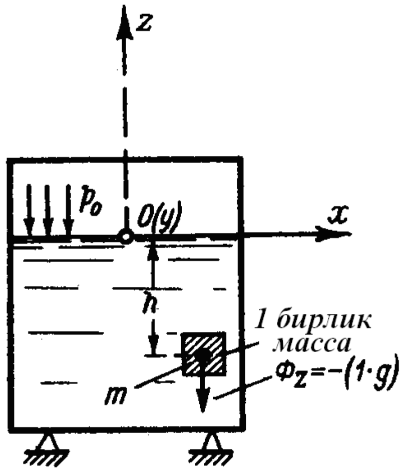
$$dp = -\rho gdz. \quad (2.32)$$

ifodani olamiz. Bu ifodani integrallasak,

$$p = -\rho gz + C \quad (2.33)$$

yoki

$$p = -\gamma z + C \quad (2.34)$$



2.7-rasm. “Og‘ir suyuqlik”ka r bosim ta’siri

S – boshlang‘ich funktsiya doimiysini topish uchun, sathdagi nuqtani ko‘rib chiqamiz:

$$z = 0;\ p = p_0, \quad (2.35)$$

$$C = p_0; \quad (2.36)$$

natijada quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$p = p_0 - \gamma z. \quad (2.37)$$

Bunda chuqurlikni

$$h = -z; \quad (2.38)$$

deb qabul qilsak,

$$p = p_0 + \gamma h, \quad (2.39)$$

bunda, r – nuqtaga ta’sir etuvchi to‘liq absolyut bosim;

p_0 – tashqi bosim

$$\gamma h = p_{ог} \text{ (belgi)} \quad (2.40)$$

Ko‘rilayotgan nuqtadan yuqoridagi suyuqlik qatlamini nuqtaga bo‘lgan bosimi *og‘irlik gidrostatik bosimi* deb ataladi.

Agar idishning qopqog‘i ochiq bo‘lsa,

$$p_0 = p_a \quad (2.41)$$

deb qabul qilinadi, bunda, r_a – atmosfera bosimi.

Nuqtaga ta'sir etayotgan bosimlarning farqi $(p - p_a)$ ayrim hollarda *manometrik bosim* deb ataladi (agar bu farq musbat bo'lsa, ya'ni, $(p > p_a)$.

Agar muhitdgi bosimlar farqi manfiy $(p < p_a)$ bo'lsa, bunday bosim *vakuummetrik bosim* deyiladi.

$$p_v = p_a - p$$

Ko'pgina holatlarda, amaliyotda to'liq bosim – absolyut bosim bilan emas, balki, atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan bosim bilan ishlashga to'g'ri keladi, shu sababli ularni aniq belgilab olamiz.

p_A – absolyut to'liq bosim;

r – atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan bosim.

Demak,

$$p = p_A - p_a \tag{2.42}$$

Absolyut to'liq bosim quyidagicha aniqlanadi:

Yopiq idishlar uchun:

$$\boxed{p_A = p_0 + \gamma h = p_0 + p_{oг} = p_a + p;} \tag{2.43}$$

Ochiq idishlar uchun:

$$\boxed{p_A = p_a + \gamma h = p_a + p_{oг} = p_a + p;} \tag{2.44}$$

bunda, r_{og}– og'irlik bosimi.

Yuqoridagi mulohazadan ko'rinib turibdiki, ochiq idishlar uchun, atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan kattalik va og'irlik gidrostatik bosimi degan tushunchalar bir-biriga mos keladi. Yopiq idishlar uchun ular har xil qiymatga ega.

$$p = p_{oг} + (p_O - p_a) \tag{2.45}$$

Xuddi shunday gidrostatik bosim kuchi haqida ham aniqlik kiritib olamiz.

$$\boxed{p_м = p_A - p_a}$$

p_A – absolyut to'liq gidrostatik bosim kuchi;

$p_м$ – atmosfera bosimidan yuqori bo‘lgan bosim bo‘lib, u *manometrik bosim*deb yuritiladi.

2.6. PEZOMETRIK BALANDLIK

«*Pezometr»* grek so‘zlari qo‘shilmasidan olingan bo‘lib, «bosim», «o‘lchov» degan ma’nolarni anglatadi. Qopqog‘i berkitilgan idishga suyuqlik solingan bo‘lib, unga og‘zi kovsharlangan va ichidan havosi so‘rilgan $П_0$ va og‘zi ochiq *P* naychalar *m* nuqta sathiga o‘rnatilgan (2.8-rasm). Bu holat uchun quyidagi ifodalarni yozish mumkin:

a) idishdagi suyuqlik tomonidan *m* nuqtaga ta’sir etuvchi bosim

$$p_A = p_0 + \gamma h \qquad (2.46)$$

b) naychadagi suyuqlik tomonidan *m* nuqtaga ta’sir etuvchi bosim

$$0 + \gamma h_A \qquad (2.47)$$

Bu ikkala ifoda bir-biriga teng bo‘lishi kerak

$$p_A = \gamma h_A \qquad (2.48)$$

bundan,

$$\boxed{h_A = \frac{p_A}{\gamma}} \qquad (2.49)$$

Demak, suyuqlikning o‘z og‘irligi hisobiga absolyut to‘liq bosimni hosil qiluvchi naychadagi ko‘tarilish balandligi *to‘liq pezometrik balandlik* deyiladi. Bu kattalik uzunlik o‘lchov birligida o‘lchanganligi sababli, to‘liq bosim ham uzunlik o‘lchov birliklarida o‘lchanishi mumkin. Masalan, *atmosfera bosimi:*

$$p_a = 1at = 1\frac{kgk}{sm^2} = 10000\frac{kgk}{m^2} = 98{,}1\frac{kH}{m^2} = 98{,}1kПП=$$

=10 *m suv ustuni*=735 *mm simob ustuni*

Endi *n* nuqtaga naychadagi va idishdagi suyuqliklar tomonidan ta'sir etuvchi bosimlarni aniqlaymiz:

$$p_A = p_м + \gamma h \qquad (2.50)$$

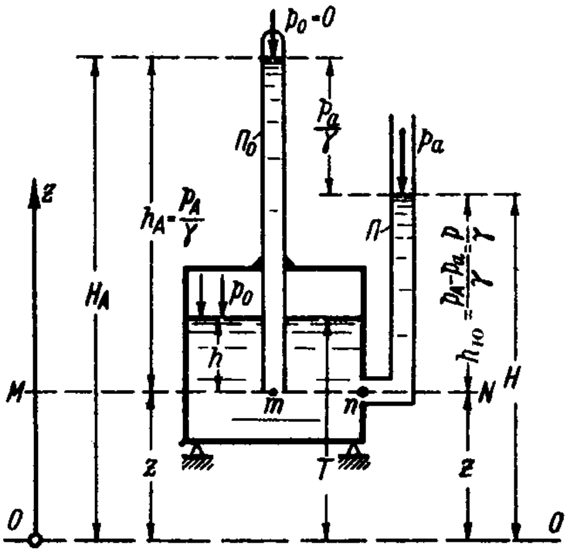
$$p_A + \gamma h_ю \qquad (2.51)$$

bularni bir-biriga tenglab, bizga kerakli kattalikni topamiz:

$$p_A = p_a + \gamma h_ю \qquad (2.52)$$

$$h_ю = \frac{p_A - p_a}{\gamma} = \frac{p}{\gamma} \qquad (2.53)$$

bunda, h_{yu}– atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan bosimga mos keluvchi *pezometrik balandlik* deb ataladi



2.8-rasm. Pezometrik balandlik va potentsial napor

2.7. VAKUUM

Hozirgacha bo'lgan vaziyatlarda doimo to'liq bosim (p_A) atmosfera bosimi (r_a) dan katta bo'lgan holatni ko'rdik.

Agar $p_A < p_a$ bo'lsa,bu muhitda vakuumetrik bosim mavjud bo'lishliginiyuqorida ta'kidlagan edik, bunday bosim teskari pezometr yoki vakuummetr yordamida o'lchanadi.

m nuqtaga idishdagi va naychadagi suyuqliklar tomonidan ta'sir etayotgan bosimni aniqlaymiz (2.9-rasm).

Idishdagi suyuqlik tomonidan

$$p_A = p_0 + \gamma h \qquad (2.54)$$

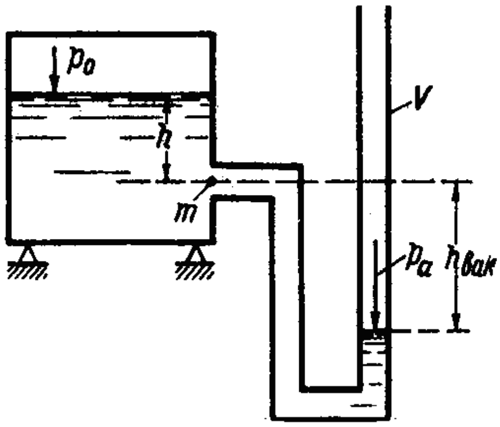
V – shaklidagi naychada joylashgan suyuqlik tomonidan

$$p_a - \gamma h_{vak} \qquad (2.55)$$

Ikkalasini bir-biriga tenglab, h_{vak}kattalikni aniqlaymiz.

$$\boxed{h_{vak} = \frac{p_a - p_A}{\gamma} = -\frac{p}{\gamma}} \qquad (2.56)$$

Demak, bosimlar farqiga mos keluvchi muhit *vakuum* deb atalib, bunga mos keluvchi balandlik esa *vakuummetrik balandlik* deyiladi. Ta’kidlash kerakki, atmosfera bosimidan kichik qiymatdagi bosimga ega bo‘lgan muxit *vakuum* deyiladi



2.9-rasm. Vakuum

h_{vak} – vakuum balandligi

2.8. PASKAL QONUNI

Bir jinsli suyuqlikning ichida taqqoslash tekisligiga nisbatan z va z_0 masofa balandlikda joylashgan p va p_0 bosimlarga ega bo‘lgan nuqtalardagi bosimni Δp va Δp_0 miqdorga oshiramiz. Gidrostatikaning asosiy qonuniga asosan:

$$z + \frac{p + \Delta p}{\gamma} = z_0 + \frac{p_0 + \Delta p_0}{\gamma}$$

bunga asosan:

$$\Delta p = \Delta p_0$$

Bu vaziyatdan *Paskal qonuni* o‘z isbotini topadi: *Nisbiy tinch holatdagi suyuqlikning muvozanat holatini buzmaydigan har qanday tashqi ta’sir uning boshqa nuqtalariga nech qanday o‘zgarishsiz uzatiladi.*

2.9. TUTASH IDISHLAR QONUNI

Faraz qilaylik, ikkita bir-biri bilan tutashgan ochiq idishda ikki xil zichlikka ega suyuqlik joylashtirilgan. Ikkala suyuqlikning chegaralovchi sirt orqali chegara tekisligini o‘tkazib, bu tekislikda joylashgan bir xil bosimga ega 1 va 2 nuqtalarni belgilab olamiz (2.10-rasm)

$$p_1 = p_2,$$

idishlar ochiq bo‘lganligi sababli,

$$p_1 = p_a + \gamma_1 h_1$$

$$p_2 = p_a + \gamma_2 h_2$$

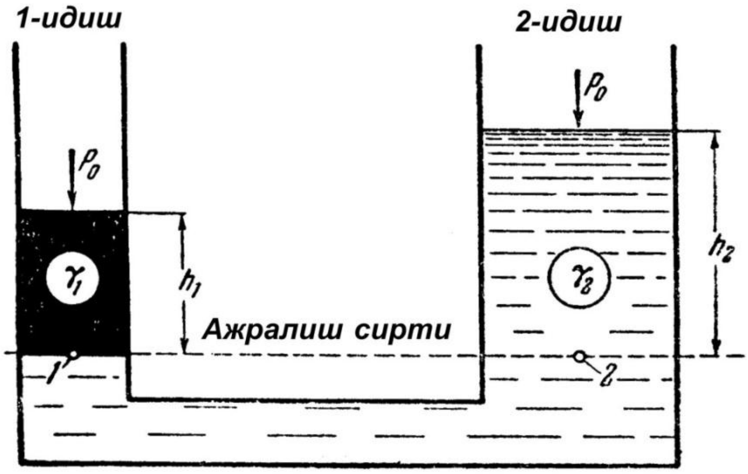
qabul qilingan shartga asosan,

$$\boxed{\gamma_1 h_1 = \gamma_2 h_2}$$

Bundan,

$$\boxed{\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}}$$

Demak,agar ochiq bir biri bilan tutashgan idishlardagi suyuqliklar turli xil bo‘lsahamda ularning erkin sirtlaridagi bosimlar teng qiymatga ega bo‘lsa,u holda chegaralovchi tekislikdan ularning erkin sathlarigacha bo‘lgan balandliklar nisbati hajmiy og‘irliklari nisbatiga teskari proportsionaldir. Bu ifoda tutash idishlar qonuni deyiladi.



2.10-rasm. Tutash idishlar

2.10. SUYUQLIKNING POTENTSIAL ENERGIYASI. POTENTSIAL NAPOR*

Aytaylik, 2.10-rasmda *00* taqqoslash tekisligini o‘tkazamiz. *n* nuqtada *G* og‘irlikka ega bo‘lgan suyuqlik *P* naycha orqali h_{yu}balandlikka ko‘tariladi. Demak, ko‘rilayotgan hajmdagi suyuqlik ma’lum ishni bajarishi mumkin.

O‘zining tushishi hisobiga *z* balandlikdan to taqqoslash tekisligigacha bajargan ishi quyidagicha aniqlanadi:

$$(ПЭ)_z = zG \qquad (2.57)$$

O‘z og‘irligi hisobiga h_{yu} balandlikdan tushishda bajargan ishi:

$$(ПЭ)_p = h_ю G \qquad (2.58)$$

To‘liq bajarilgan ish:

$$(ПЭ) = (ПЭ)_z + (ПЭ)_p = zG + h_ю G. \qquad (2.59)$$

Og‘irligiga nisbatan solishtirma energiya:

$$(SPE) = (СПЭ) = \frac{(ПЭ)}{G} = z + h_ю = H \qquad (2.60)$$

Bu kattalik *potentsial napor* deb ataladi.

Suyuqlikning solishtirma potentsial energiyasiga mos keluvchi kattalik,yoki birlik og‘irligiga mos keluvchi balandlik *napor* deb ataladi. Bu kattalik asosan geometrik (*z*)va (*r*) bosim naporlariga bo‘linadi.

Tinch holatdagi suyuqlik uchun quyidagi tenglamalarni yozamiz:

---

*napor- suyuqlikli muhitning ma’lum chuqurligida joylashgan ixtiyoriy nuqtadagi bosim ta’siri ostida uning ko’tarilish balandligi bo’lib, uzunlik o’lchov birligida o’lchanadigan kattalikdir. Shu sababli, bu kattalikni noto’g’ri qabul qilmaslik maqsadida mualliflar bu tushunchani tarjimasiz o’z holida qoldirishdi.

$$H = z + \frac{p}{\gamma} = z + \frac{p_A - p_a}{\gamma} = z + \frac{(p_0 + \gamma h) - p_a}{\gamma} =$$
$$= (z + h) + \frac{p_0}{\gamma} - \frac{p_a}{\gamma} = T + \frac{p_0}{\gamma} - \frac{p_a}{\gamma} = const \qquad (2.61)$$

Shuni ta'kidlash kerakki, qaralayotgan nisbiy tinch xolatdagi suyuqlikning barcha nuktalarida *N* napor o'zgarmas kiymatga ega bo'lganligi sababli, suyuqlikning solishtirma potentsial energiyasi xam o'zgarmas kattalikka ega bo'ladi. Ya'ni

$$(СПЭ) = const;$$

T=const– taqqoslash tekisligidan yuqori sath balandligi.

Agar nisbiy tinch xolatdagi suyuqlik to'ldirilgan idishning bir necha turli belgilardagi nuqtalariga ochiq pezometrlar ulansa, ular bir xil satxni ko'rsatishadi, bu satx gidravlikada *r–r* xarflari bilan belgilanib, *pezometrik tekislik* (ko'pgina holatlarda *pzometrik chiziq*) deb yuritiladi.

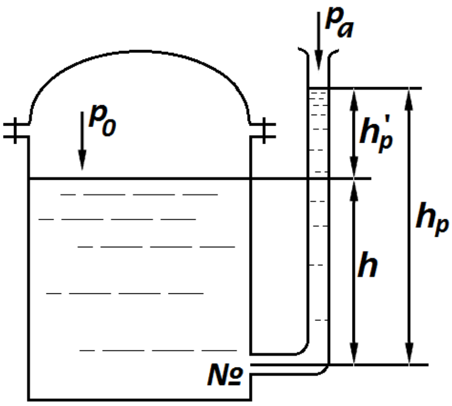
To'liq potentsial napor deganda esa, atmosfera bosimining ta'siri mavjud bo'lmagan muhitda suyuqlik ko'tariladigan balandlik tushuniladi va H_A harfi bilan belgilanadi.

2.11. BOSIM O'LCHASH ASBOBLARI

Gidrostatik bosimni o'lchash uchun ishlatiladigan asboblarni ikki guruhga – suyuqlikli va mexanik asboblarga ajratish mumkin.

I. Suyuqlikli asboblar.

1.*Pezometr* (2.11-rasm). Pezometr diametri uncha katta bo'lmagan $(d > 5мм)$ va suyuqlikning kapillyarlik hossasi inobatga olinib tayyorlanadigan shisha naychadir. Naychaning bir uchi ochiq bo'lib, ikkinchisi esa bosimi o'lchanadigan idish bilan tutashgan bo'ladi.



2.11-rasm.

Suyuqlikdagi bosim kattaligi shu ustun balandligi bilan o‘lchanadi.

$$P_м = P_0 + \gamma(h_p' + h) = P_0 + \gamma h_p'$$

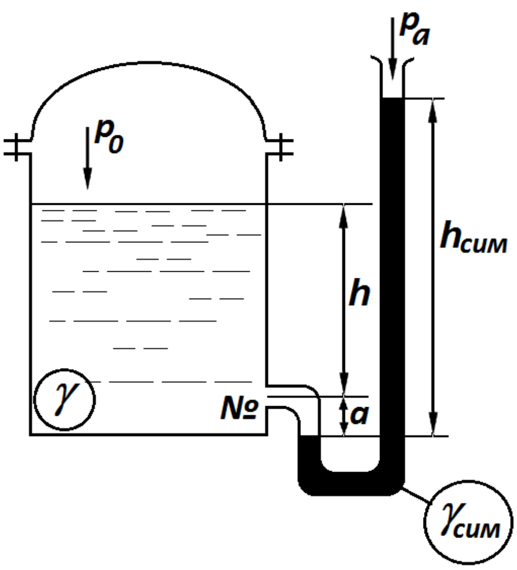
$$P_0 = P_a + \gamma h_p'$$

bunda, h_p – pezometrik balandlik, ya’ni suyuqlikning o‘z og‘irligi hisobiga ko‘tariladigan balandligi.

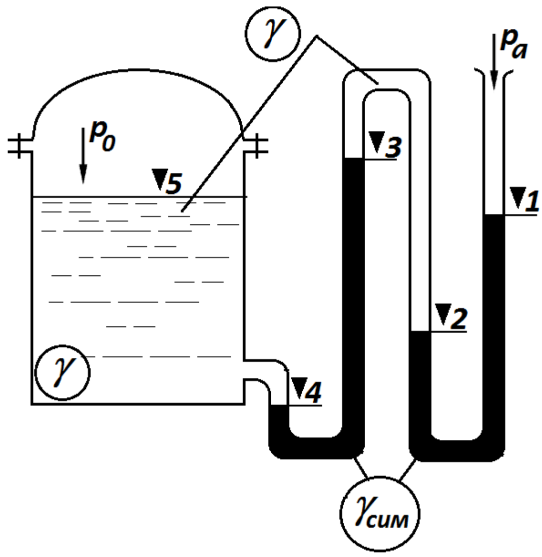
Pezometrlar yordamida $0{,}4 \div 0{,}5$ *at* gacha bo‘lgan bosimlar o‘lchanadi.

2.*Suyuqlikli manometrlar* (2.12-rasm). Pezometrlardan farqli o‘laroq, suyuqlikli manometrda bosim o‘zga suyuqlik bilan o‘lchanadi, bu suyuqlik odatda bosimi o‘lchanayotgan idishdagi suyuqlikka qaraganda yuqori hajmiy og‘irlikka ega bo‘ladi. Odatda buning uchun simobdan foydalaniladi.

3. *Batareyasimon manometr (*2.13-rasm).



2.12-rasm.



2.13-rasm.

4. *Differentsial manometr* (2.14-rasm). Bu asbob ikkita idishdagi yoki bir idishning nuqtasidagi bosimni o‘lchash uchun ishlatiladi. O‘ta aniq o‘lchov

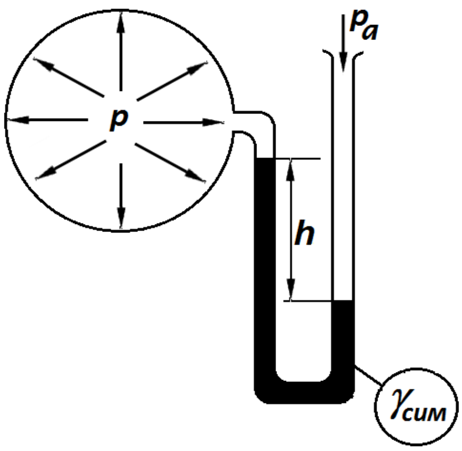
natijasini olish uchun yoki bosim juda kichik bo‘lganda *mikromanometrlar* ham ishlatiladi.

Shuni aytish kerakki, agarda bosimi o‘lchanayotgan idishda vakuum bo‘lsa, unda bosimni o‘lchash uchun vakuummetr ishlatiladi.

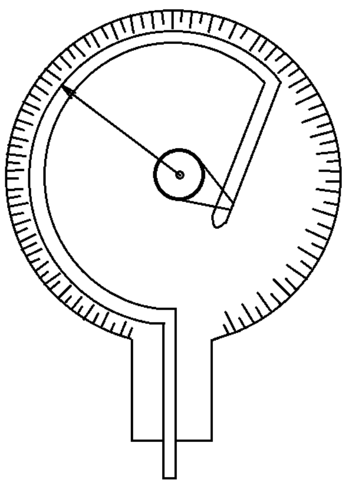
Odatda suyuqlikli asbob – bosimi yuqori bo‘lmagan hollarda qo‘llaniladi, aksariyat laboratoriyada ishlatiladi. Katta bosimlarni o‘lchashda mexanik manometrlar ishlatiladi.

II. Mexanik asboblar (2.15-rasm).

Bunday bosimni o‘lchash asboblaridan amaliyotda prujinali manometrlar keng ishlatiladi. Bu asbob ichi g‘ovak yupqa mis naychadan iborat bo‘lib, uning bir uchi kavsharlangan, ikkinchi uchi esa bosimi o‘lchanayotgan suyuqlikka tushirilgan bo‘ladi. Bosim ta’sirida prujina uzayadi va tishli mexanizm yordamida strelkani harakatga keltiradi. Uning harakatiga qarab bosimni kattaligi aniqlanadi.



2.14-rasm.



2.15-rasm.

2.12. AYLANAYOTGAN IDISHDAGI SUYUQLIK MUVOZANATI (SUYUQLIKNING NISBIY TINCH HOLATI)

Bu vaziyatni o‘rganish jarayonida suyuqlikka hajmiy og‘irligi kuchlaridan tashqari, boshqa hajmiy kuchlar sistemasi, xususan markazdan qochuvchi inertsiya kuchlari ta’sir qilayotgan holat bilan tanishamiz.

Aylana tsilindrik shakldagi idishga suyuqlik to‘ldirilgan bo‘lib, bu idish o‘zining vertikal o‘qi atrofida doimiy Ω burchak tezlik bilan tekis aylanib harakatlanadi.

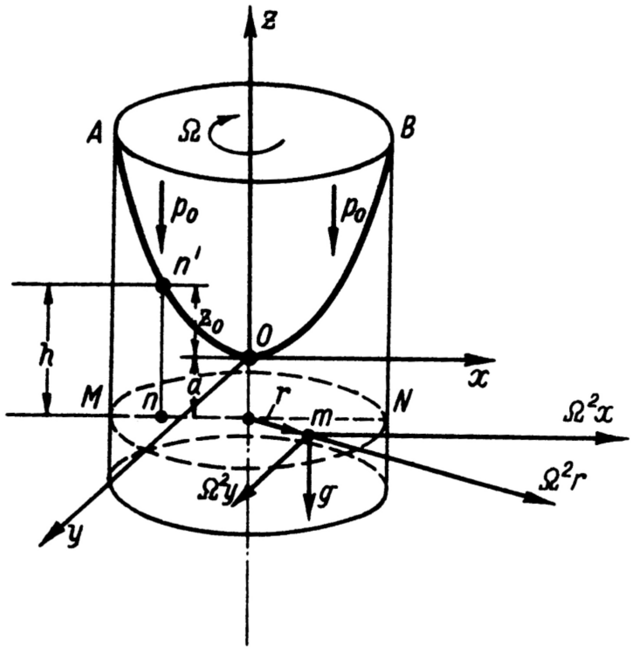
Aylanayotgan idish devorlarining ishqalanish kuchi hisobiga suyuqlik harakatga kela boshlaydi va ma’lum vaqtdan keyin u ham idish devorlariga nisbatan tinch holatda joylashib u bilan birga Ω burchak tezligida harakatlana boshlaydi (2.16-rasm).

Agar chizmada ko‘rsatilgan koordinatalar aylanayotgan o‘qqa nisbatan qo‘zg‘almas bo‘lsa, ya’ni unga mahkamlangan bo‘lsa, u holda bu koordinatalar ham idish devorlariga nisbatan tinch holatda joylashgan bo‘ladi. Shu sababli bu holatda Eyler tenglamasini qo‘llash mumkin.

Bu tenglama tarkibiga suyuqlikning birlik massasiga ta’sir etuvchi f hajmiy kuch kiradi. f hajmiy kuch ikki kuch – og‘irlik kuchi va markazdan qochuvchi kuchdan tashkil topadi. Markazdan qochuvchi kuchning koordinata o‘qlariga proektsiyalarini aniqlash uchun suyuqlik ichida m nuqtani belgilab, uning atrofida dM elementar massa, idish o‘qi atrofida r radius bo‘ylab aylanib harakatlanadi. Bu radius idish o‘qiga tik bo‘lgan tekislikda joylashgan bo‘ladi. Bu elementar massaga ta’sir etuvchi markazdan qochma kuchni yozamiz.

$$I' = \frac{\upsilon^2 \delta M}{r} = \frac{\delta M}{r}(\Omega r)^2 = \Omega^2 r \delta M \qquad (2.62)$$

bunda, υ – dM massaning r radius bo‘ylab aylanish tezligi;



2.16-rasm. Oz o‘qqa nisbatan aylanuvchi idish *AOV* suyuqlik erkin sirti

Nuqta atrofidagi markazdan qochma kuchning birligi massaga nisbatan yozamiz:

$$I = \frac{I'}{\delta M} = \Omega^2 r \tag{2.63}$$

Bu kuch ham I' kuch kabi, radius bo‘ylab o‘qidan tashqariga yo‘nalgan bo‘ladi. I kuch proektsiyalarini birlik massaga nisbatan yozamiz:

$$\left.\begin{aligned} I_x &= \Omega^2 r\cos(r,x) = \Omega^2 r\frac{x}{r} = \Omega^2 x; \\ I_y &= \Omega^2 r\cos(r,y) = \Omega^2 r\frac{y}{r} = \Omega^2 y; \\ I_z &= 0 \end{aligned}\right\} \tag{2.64}$$

Hajmiy og‘irlik kuchi proektsiyalarining birlik massaga nisbatan ko‘rinishi (2.30) ifoda ko‘rinishida to‘ladi

$$\left.\begin{aligned} \phi_x &= 0 + \Omega^2 x = \Omega^2 x \\ \phi_y &= 0 + \Omega^2 y = \Omega^2 y \\ \phi_z &= -g + 0 = -g \end{aligned}\right\} \tag{2.65}$$

(2.65) ifodani (2.19) ifodaga qo‘yamiz:

$$dp_A = \rho\left(\Omega^2 x\, dx + \Omega^2 y\, dy - g\, dz\right) \qquad (2.66)$$

Uni integrallab quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$p_A = \rho\left(\frac{\Omega^2 x^2}{2} + \frac{\Omega^2 y^2}{2} - gz\right) + C = \frac{\rho\Omega^2}{2}(x^2 + y^2) - \rho gz + C \qquad (2.67)$$

S – integral doimiysini aniqlash uchun:

(2.67) ifodani koordinata boshida joylashtirilgan nuqta uchun yozamiz: unda $x = y = z = 0;$ $p = p_0;$ bo‘ladi.

Demak:

$$C = p_0 \qquad (2.68)$$

Bundan (2.67) quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$p_A = p_0 + \frac{\rho\Omega^2}{2}(x^2 + y^2) - yz \qquad (2.69)$$

Bu oxirgi tenglama qaralayotgan suyuqlikda bosim taqsimlanishini ifodalaydi. Bu tenglamadan foydalanib, teng bosimlar tekisligining vaziyatini aniqlash mumkin.

Haqiqatdan ham $p_A = p_i = const$ bo‘lgan tekislik tenglamasini quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{\rho\Omega^2}{2}(x^2 + y^2) - yz = p_i - p_0 \qquad (2.70)$$

Bu tenglama *vertikal o‘qli aylanish paraboloid tenglamasi* deb ataladi.

$p_i - p_0$ doimiy bosim bilan xarakterlanuvchi suyuqlik erkin sirti ham aylanish paraboloidi bo‘lib quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\frac{\rho\Omega^2}{2}(x^2 + y^2) - yz = 0 \qquad (2.71)$$

Agar $x^2 + y^2 = z^2$ ekanligini inobatga olib, (2.71) tenglamani z ga nisbatan yechsak, *A0V* parabolani qurish uchun (erkin sirti) quyidagi tenglamani yozamiz.

$$z_0 = \frac{\Omega^2}{2g} r^2 \qquad (2.72)$$

Bunda, $z_0 - A0V$ egrilik ordinatasi.

Koordinatalar boshidan *a* kattalikka teng masofada yotuvchi *MN* gorizontal tekislikdagi bosim taqsimlanishini (2.69) ifodadan foydalanib, quyidagicha yozamiz.

$$p_A = p_0 + \frac{\rho\Omega^2}{2}(x^2 + y^2) + \gamma a = p_0 + \frac{\rho\Omega^2}{2} r^2 + \gamma a = p_0 + \gamma\left(\frac{\Omega^2}{2g} r^2 + a\right) \qquad (2.73)$$

(2.72) ifodani hisobga olib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$p_A = p_0 + \gamma(a + z_0) = p_0 + \gamma h \qquad (2.74)$$

bunda, $h = a + z_0$ (2.14-chizmada ko‘rsatilgan).

Shunday qilib, *tekis, o‘z o‘qi atrofida aylanayotgan idishda joylashgan suyuqlikning bosimi, tinch holatdagi suyuqliklar qonuniyatlari bilan ifodalanar ekan*. Bu vaziyatda *h* kattalik qaralayotgan nuqtaning *A0V* egri chiziqli erkin sirtdagi chuqurlik sifatida qaralishi kerak.

2.13. TEKIS SIRTGA TA’SIR ETUVCHI GIDROSTATIK BOSIM KUCHI. GIDROSTATIK PARADOKS

Endi, ma’lum qiyalikka ega bo‘lgan tekis sirtli, devorli (*0M*) usti ochiq suyuqlik bilan to‘ldirilgan idishni o‘rganamiz (2.17, *a*-rasm). *0x* va *0u* koordinatalar sistemasining o‘qlarini belgilab olamiz. *0x* o‘qini rasm tekisligiga tik yo‘nalishda qabul qilamiz (2.17, *b*-rasm).

0M devorda ixtiyoriy ko‘rinishga ega bo‘lgan ω yuzani tanlab olamiz. Gidrostatik bosimning birinchi hossasiga asosan, bu yuzaga ta’sir etuvchi bosimlar unga tik yo‘nalgan bo‘ladi, demak, ixtiyoriy ko‘rinishdagi ω yuzaga ega bo‘lgan shaklga ta’sir etuvchi to‘liq gidrostatik bosim kuchi ham P_A bu yuzaga tik yo‘nalgan bo‘ladi. Bu kuchning kattaligini topish uchun shaklda ixtiyoriy *m* nuqtani tanlab olib, uning chuqurligi *h* va koordinatasini esa *u* deb qabul qilamiz. Bunda,

$$h = z\sin\theta \tag{2.75}$$

bunda, θ – idish yon devori qiyaligi

m – nuqta atrofidagi $d\omega$ yuzaga

$$dP_A = p_A d\omega, \tag{2.76}$$

kuch ta’sir etadi yoki (2.44) ga asosan:

$$dP_A = (p_a + \gamma h)d\omega = p_a d\omega + \gamma h d\omega = p_a d\omega + \gamma z \sin\theta d\omega. \tag{2.77}$$

Bu ifodani butun ω yuza bo‘ylab integrallaymiz.

$$P_A = p_a \int_\omega d\omega + \gamma \sin\theta \int_\omega z d\omega. \tag{2.78}$$

bundan:

$$\int_\omega d\omega = \omega \ ; \int_\omega z d\omega = (St)_{Ox} = z_C \omega \tag{2.79}$$

bunda, $(St)_{Ox}$— tekis shaklning *0x* o‘qqa nisbatan statik momenti;

z_C – shaklning og‘irlik markazi koordinatasi.

(2.79) ifodani hisobga olib, (2.78) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$P_A = p_a \omega + \gamma \omega z_C \sin\theta. \tag{2.80}$$

bundan

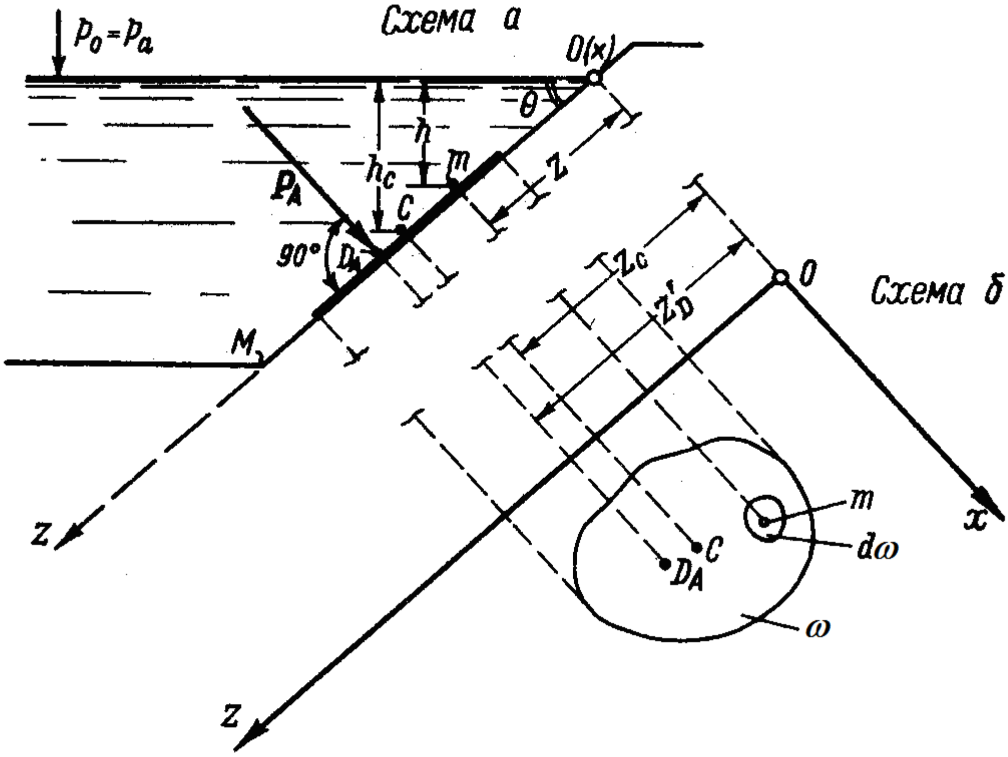
$$z_C \sin\theta = h_C \tag{2.81}$$

bo‘lganligi uchun

$$P_A = p_a \omega + \gamma h_C \omega \tag{2.82}$$

$$\boxed{P_A = (p_a + \gamma h_C)\omega = \omega (p_A)_C} \tag{2.83}$$

bunda, h_C– og‘irlik markazi chuqurligi.



2.17-rasm. Yassi qiya sirtga ta’sir qiluvchi suyuqlik bosimi

(2.82) ifodani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$P_A = p_a\omega + \gamma h_C\omega = P_a + P_{oг} \qquad (2.84)$$

bunda, R_a – atmosfera bosimi ta’siri ostidagi gidrostatik bosim kuchi.

$$P_a = p_a\omega; \qquad (2.85)$$

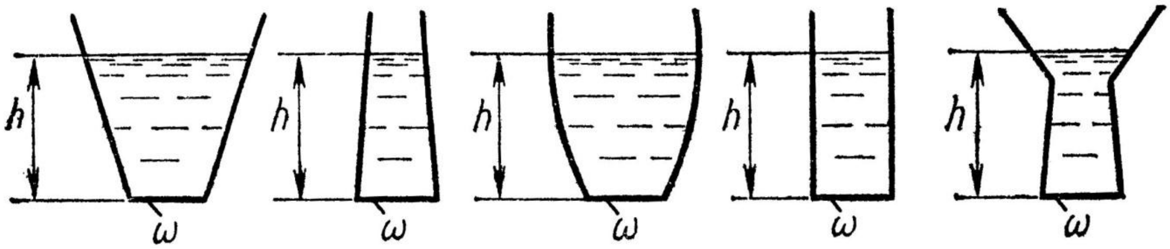
bunda, R – atmosfera bosimidan yuqori bo‘lgan (og‘irlik) bosim hisobiga paydo bo‘ladigan gidrostatik bosim kuchi.

$$P = \gamma h_C\omega = p_C\omega. \qquad (2.86)$$

Ta’kidlash lozimki, gidrotexnika amaliyotida barcha gidravlik hisoblashlarni bajarishda asosan suv tomonidan bo‘layotgan aynan mana shu og‘irlik gidrostatik bosim kuchi inobatga olinadi.

Shunday qilib, xulosa qilish mumkinki, gidrostatik bosim kuchi ta’sir etayotgan shakl yuzasi kattaligini shu shakl og‘irlik markaziga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kattaligiga ko‘paytmasiga teng. Nisbiy tinch holatdagi suyuqlikni o‘rganishda davom etamiz.

Shu o‘rinda turli shaklga ega bo‘lgan, idishlarga bir xil suyuqlik bir xil balandlikda solingan tublari ω kattalikka ega bo‘lgan gorizontal holatdagi yuzalardan iborat vaziyatda ularning tublariga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini o‘rganishga fikrimizni qaratamiz. Bu yuzalarning barcha nuqtalari bir xil chuqurlikda joylashganligi sababli, ularga suyuqlik tomonidan o‘zgarmas bir xil gidrostatik bosim ta’sir etadi.



2.18-rasm. Gidrostatik paradoksni tushuntirishga oid

Agar idishlarning qopqog‘i bo‘lmasa, ya’ni suyuqliklar erkin sirtga ega bo‘lsa ($p_0 = p_a$), bu yuzalarga ta’sir etayotgan og‘irlik gidrostatik bosim kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{og} = \gamma h\omega = \rho g h\omega$$

Bu kuch suyuqlik tomonidan qaralayotgan yuzalarga perpendikulyar yo‘nalgan bo‘lib, gidrostatik bosim yuzalar bo‘yicha tekis taqsimlanganligi sababli, ta’sir chizig‘i ularning og‘irlik markazlarini kesib o‘tadi. Yuqoridagi formulaga asosan, idish tubiga ta’sir etayotgan og‘irlik gidrostatik bosim kuchi suyuqlik zichligi (ρ)ga, idish tubi yuzasi (ω)ga va idishning to‘ldirilish balandligiga bog‘liq. Bu $p_0 = p_a, \rho$, ω, h kattaliklar har bir idish uchun o‘zaro teng bo‘lsa, idishlarning shaklidan qat’iy nazar idishlar tubiga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchlari bir xil kattalikka teng bo‘ladi. Bu gidrostatik paradoks deb ataladi (2.18-rasm).

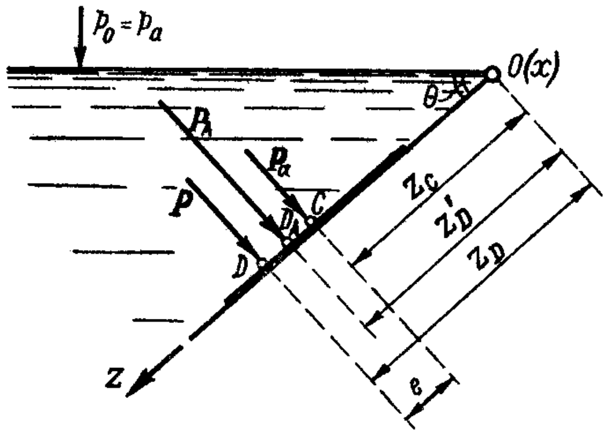
Endi *0M* devorga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini o‘rganishda davom etib, bu kuchning qo‘yilish nuqtasini aniqlaymiz:

Yuqorida ta'kidlanganidek, R_A – to‘liq gidrostatik bosim kuchi R_a va R kuchlar yig‘indisiga teng.

R_a– gidrostatik bosim kuchining qo‘yilish nuqtasi shaklning og‘irlik markazi bilan ustma-ust tushadi.

R kuchniki esa, undan pastda, aytaylik, D nuqtada bo‘ladi. R_A kuch-ning qo‘yilish nuqtasi esa bu ikkalasining o‘rtasida bo‘ladi (2.19-rasm). Bu D nuqtani topish uchun $R_a$va R kuchlarni geometrik yig‘indisini topamiz.

Shundan keyin D_A nuqtani topishga imkoniyat yaraladi. Buning uchun quyidagi qoidadan foydala-namiz. $pd\,\omega$ kuchlarning $0x$ o‘qqa nisbatan momentlar yig‘indisi R kuchning shu o‘qqa nisbatan momentlar yig‘indisiga teng.



2.19-rasm. Gidrostatik bosim kuchi

Demak,

$$\int_{\omega}(pd\omega)z = Pz_D, \qquad (2.87)$$

deb yozish mumkin yoki

$$\int_{\omega}(\gamma hd\omega)z = (\gamma h_C\omega)z_D. \qquad (2.88)$$

To‘liq ifodalasak,

$$\int_{\omega}(\gamma\sin\theta zd\omega)z = (\gamma\sin\theta z_C\omega)z_D \qquad (2.89)$$

bundan,

$$z_D = \frac{\int_{\omega} z^2 d\omega}{\omega z_C} = \frac{I_{0x}}{(St)_{0x}} \qquad (2.90)$$

bunda, $0x$ o‘qqa nisbatan tekis shakl inertsiya momenti

$$I_{0x} = \int_{\omega} z^2 d\omega \qquad (2.91)$$

$(St)_{0x}$ –ho‘llangan yuzaning *ox* o‘qiga nisbatan statik momenti

$$(St)_{ox} = Sz_C. \qquad (2.92)$$

Tekis shaklning statik momenti (2.90) ifodani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$z_D = \frac{I_{0x}}{(St)_{0x}} = \frac{I_C + \omega z_C^2}{\omega z_C} = z_C + \frac{I_C}{Sz_C} \qquad (2.93)$$

yoki

$$e = \frac{I_C}{(St)_{0x}} = \frac{I_C}{\omega z_C} \qquad (2.94)$$

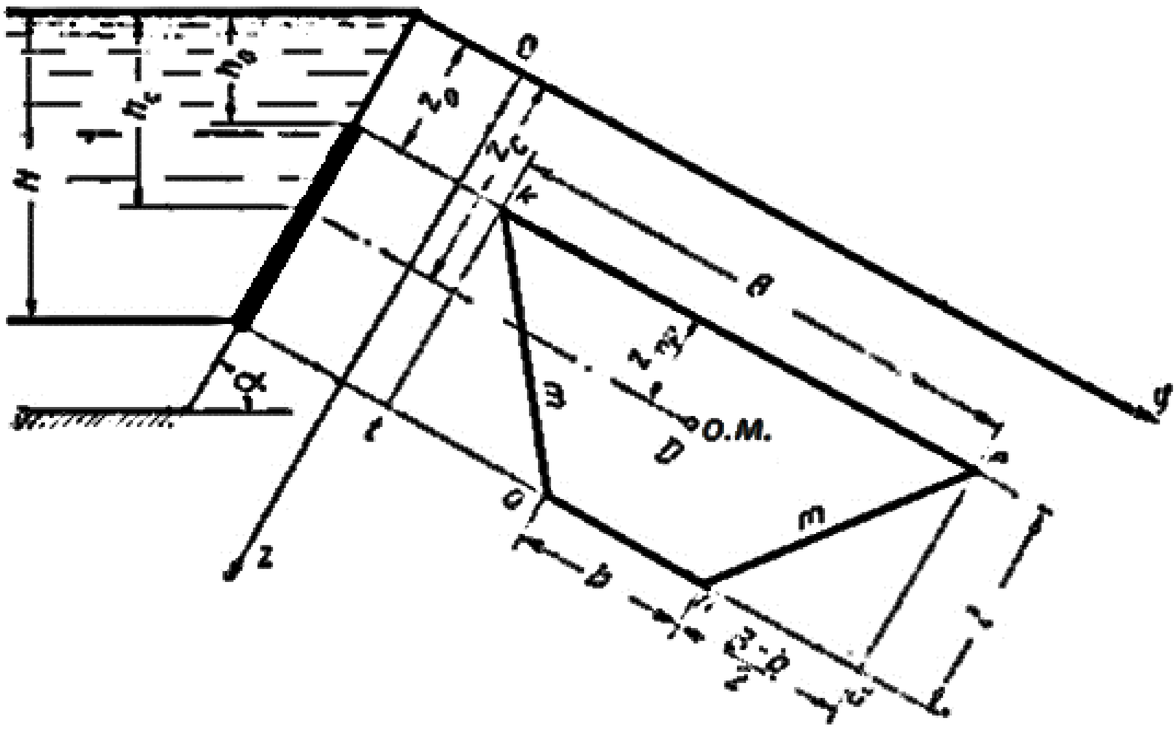
bunda, ye – *ekstsentrisitet* deyiladi.

Kuchning qo‘yilish koordinatasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\boxed{z_D = z_C + e} \qquad (2.95)$$

2.14. TRAPETSIYA SHAKLDAGI KO‘RINISHGA EGA TEKIS SIRTLARGA TA’SIR ETUVCHI GIDROSTATIK BOSIM KUCHI

Gidrotexnika amaliyotida suv oqimini boshqarishda turli ko‘rinishga ega to‘siqlar keng qo‘llaniladi. Shu sababli, ko‘ndalang kesimi trapetsiya, to‘rtburchak, uchburchak, doira shakldagi to‘siqlarga ta’sir etayotgan kuchni aniqlash maqsadga muvofiqdir. Quyidagi 2.20-rasmda keltirilgan trapetsiya shaklidagi to‘siqni qarab chiqamiz.



2.20-rasm. Trapetsiya shaklidagi ko‘rinishga ega tekis sirtga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi

l – shakl balandligi; B – shaklning yuqorigi tomondan kengligi; b – pastki tomondan kenligi;

h_0 – shaklning suv ostidan chuqurligi; H – shakl asosi chuqurligi;

α – shaklning gorizontal tekislikka nisbatan qiyaligi.

Shaklning yuqorigi asosi ordinatasini va balandligini yozamiz;

$$z_0 = \frac{h_0}{\sin\alpha} \quad \text{va} \quad l = \frac{H - h_0}{\sin\alpha}$$

Trapetsiya shakldagi yuzaning yon tomondan qiyalik koeffitsientini yozamiz:

$$m = \frac{B - b}{2l}$$

Endi bu kattaliklarni inobatga olib, trapetsiodal shakl yuzasi va uning u o‘qqa nisbatan og‘irlik markazini aniqlaymiz:

$$\omega = \frac{B + b}{2} l = \frac{B + b}{2} \frac{H - h_0}{\sin\alpha}$$

$$z_c = z_0 + z_{mp} = z_0 + \frac{B+2b}{B+b}\frac{l}{3}$$

bunda, z_{tr} – trapetsiyaning yuqorigi asosidan uning og‘irlik markazigacha bo‘lgan masofa;

Og‘irlik markazi chuqurligini aniqlash uchun oxirgi tenglamani $\sin\alpha$ ga ko‘paytiramiz va quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$h_c = h_0 + \frac{B+2b}{B+b}\frac{H-h}{3}$$

Shaklga ta’sir etayotgan og‘irlik gidrostatik bosim kuchini yozamiz:

$$P = \gamma h_c \omega_c = \gamma\left(h_0 + \frac{B+2b}{B+b}\frac{H-h}{3}\right)\left(\frac{B+b}{2}\frac{H-h_0}{\sin\alpha}\right)$$

yoki bu ifodani quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$P = \gamma\big(H(B+2b) + h_0(2B+b)\big)\left(\frac{H-h_0}{6\sin\alpha}\right)$$

aken trapetsiyaning *u* o‘qqa nisbatan inertsiya momentini *tked* to‘rtburchakning inertsiya momentidan *tra* va *ned* uchburchaklar inertsiya momentlari ayirmasi orqali aniqlashimiz mumkin.

$$I_D = \frac{Bl^3}{12} + Bl\left(z_0 + \frac{l}{2}\right)^2 - \left[\left(\frac{B-b}{36}\right)^3 + \frac{B-b}{2}l\left(z_0 + \frac{2}{3}l\right)^2\right]$$

yoki

$$I_D = \frac{l^3}{12}(B+3b) + \frac{lz^2{}_0}{2}(B+b) + \frac{lz^3{}_0}{3}(B+2b)$$

Bu parametrlarni bilgan holda og‘irlik markaz koordinatasini aniqlashimiz mumkin:

$$z_D = \frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha = \frac{I_D}{z_c\omega} = \frac{\frac{l^3}{12}(B+3b) + \frac{lz^2{}_0}{2}(B+b) + \frac{l^2 z_0}{3}(B+2b)}{\left[z_0 + \frac{B+2b}{B+b}\frac{l}{3}\right]\cdot\left[\frac{B+b}{2}\frac{H-h_0}{\sin\alpha}\right]}$$

Ushbu formulalarda ordinatalarni chuqurliklar bilan almashtirishimiz mumkin:

$$z_D = \frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha = \frac{I_D}{z_c\omega} = \frac{\frac{(H-h_0)^3}{12\sin^3\alpha}(B+3b) + \frac{(H-h_0)h^2{}_0}{2\sin^3\alpha}(B+b) + \frac{(H-h_0)^2 h_0}{3\sin^3\alpha}(B+2b)}{\left[\frac{h_0}{\sin\alpha} + \frac{B+2b}{B+b}\frac{H-h_0}{3\sin\alpha}\right]\cdot\left[\frac{B+b}{2}\frac{H-h_0}{\sin\alpha}\right]}$$

Ayrim o‘zgartirishlar kiritib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$z_D = \frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha = \frac{I_D}{z_c\omega} = \frac{(H-h_0)\left[H(B+3b) + h_0(3B+5b) + 6h_0^2(B+b)\right]}{2\left[\left[h_0(B+2b)\right] + H(B+2b)\right]\sin\alpha}$$

Agar $\alpha < 90^0$ va $h_0 = 0$ bo‘lsa, gidrostatik bosim kuchini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$P = \gamma(B+2b)\cdot\left(\frac{H-h_0}{6\sin\alpha}\right)$$

Bunda quyidagi vaziyatni inbatga olsak,

$$B = b + 2m\frac{H-h_0}{\sin\alpha}$$

$$P = \gamma(2mH + 3b\sin\alpha)\cdot\left(\frac{H^2}{6\sin^2\alpha}\right)$$

Kuchning qo‘yilish nuqtasini aniqlash formulasi quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$z_D = \frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha = \frac{I_D}{z_c\omega} = \frac{H}{2\sin\alpha}\frac{B+3b}{B+2b}$$

yoki

$$z_D = \frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha = \frac{I_D}{z_c\omega} = \frac{H}{2\sin\alpha}\frac{4b\sin\alpha + 2mH}{3b\sin\alpha + 2mH}$$

2.15. TO‘G‘RI TO‘RTBURCHAK, UCHBURCHAK, DOIRA VA YARIM DOIRA SHAKLDAGI KO‘RINISHGA EGA TEKIS SIRTLARGA TA’SIR ETUVCHI GIDROSTATIK BOSIM KUCHI

1. To‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi ko‘rinishga ega bo‘lgan tekis sirtlarga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi kattaligi va qo‘yilish nuqtasini aniqlash. Agar $B = b$ (2.21-rasm).

$\alpha < 90^0$ va $h_0 > 0$ bo‘lsa, to‘g‘ri to‘rtburchak shakl bo‘lib, gidrostatik bosim kuchini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$P = \gamma(3BH + 3bh_0)\cdot\left(\frac{H - h_0}{6\sin\alpha}\right)$$

yoki

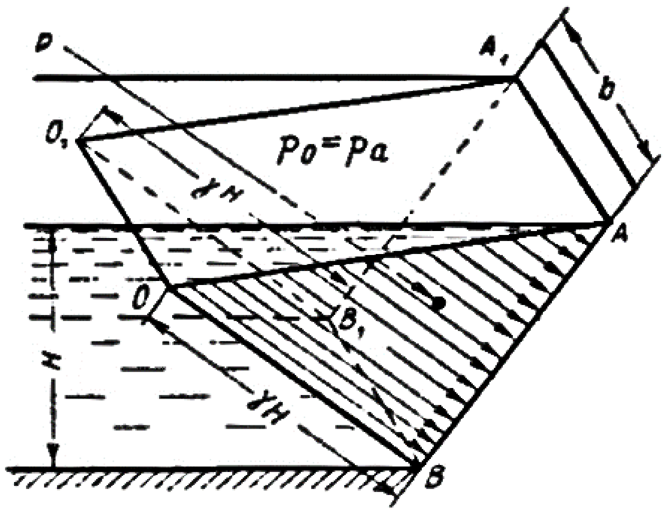
$$P = \gamma b\left(\frac{H^2 - h_0^2}{2\sin\alpha}\right)$$

Kuchning qo‘yilish nuqtasi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$z_D = \frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha = \frac{I_D}{z_c\omega} = \frac{(H - h_o)}{2}\frac{(H4b + h_o 8b) + 12h_0^2 b}{(3h_0 b + 3bH)\sin\alpha};$$

yoki

$$z_D = \frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha = \frac{I_D}{z_c\omega} = \frac{2}{3}\frac{H^2 + Hh_0 + h_0^2}{(h_0 + H)\sin\alpha};$$



2.21-rasm. To‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi ko‘rinishga ega tekis sirtga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi

$h_0 = 0$ bo‘lganda formulalar ancha sodda ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$P = \gamma b\left(\frac{H^2}{2\sin\alpha}\right)$$

$$z_D = \frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha = \frac{I_D}{z_c\omega} = \frac{2}{3}\frac{H}{\sin\alpha}$$

2. Uchburchak shaklidagi ko‘rinishga ega bo‘lgan tekis sirtlarga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi kattaligi va qo‘yilish nuqtasini aniqlash.

Agar $b = 0$

$\alpha < 90^0$ va $h_0 > 0$ bo‘lsa, uchburchak shakl bo‘lib, unga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini quyidagicha aniqlash mumkin

$$P = \gamma\left(BH + 2Bh_0\right)\left(\frac{H - h_0}{6\sin\alpha}\right)$$

yoki

$$P = \gamma B\left(H + 2h_0\right)\left(\frac{H - h_0}{6\sin\alpha}\right)$$

$$B = b + 2m\frac{H - h_0}{\sin\alpha} \Rightarrow B = 2m\frac{H - h_0}{\sin\alpha}$$

munosabatni inobatga olsak,

$$P=\gamma m(H+2h_0)\left(\frac{(H-h_0)^2}{3\sin^2\alpha}\right)$$

Kuchning qo‘yilish nuqtasini aniqlash formulasini yozamiz:

$$z_D=\frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha=\frac{I_D}{z_c\omega}=\frac{(H-h_0)}{2}\frac{(HB+3h_0B)+6h_0^2B}{(2h_0B+BH)\sin\alpha};$$

yoki

$$z_D=\frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha=\frac{I_D}{z_c\omega}=\cdot\frac{H^2+Hh_0+3h_0^2}{2(2h_0+H)\sin\alpha};$$

$h_0=0$ bo‘lganda tabiiyki ifodalarning ko‘rinishi soddalashadi:

$$P=\gamma m\left(\frac{H_0^3}{3\sin^2\alpha}\right)$$

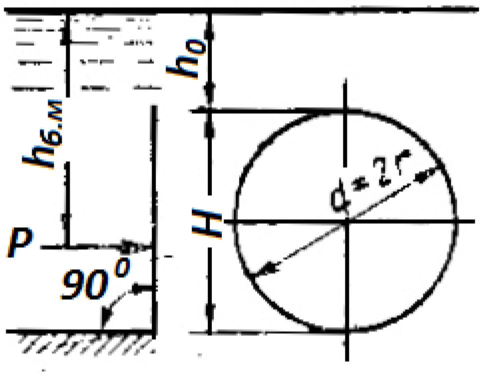
$$z_D=\frac{I_D}{\omega h_c}\sin\alpha=\frac{I_D}{z_c\omega}=\frac{H}{2\sin\alpha}.$$

3. Doira shaklidagi ko‘rinishga ega bo‘lgan tekis sirtlarga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi kattaligi va qo‘yilish nuqtasini aniqlash.

Ushbu shakldagi ko‘rinishga ega bo‘lgan tekis sirtlarga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchining kattaligini va uning qo‘yilish nuqtasini aniqlash formulalarini geometrik tushunchalarga asoslanib, quyidagi ko‘rinishda ifodalashimiz mumkin:

Agar $\alpha=90^0$ va $h_0>0$ bo‘lsa (2.22-rasm), doira shaklidagi ko‘rinishga ega bo‘lgan tekis sirtga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$P=\gamma\pi r^2(r+h_0)$$



2.22-rasm. Doira shaklidagi ko‘rinishga ega tekis sirtga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi

Gidrostatik bosim kuchining qo‘yilish nuqtasini aniqlaymiz:

$$z_D = h_D = h_0 + r + \frac{r^2}{4(r + h_0)}$$

Agar $h_0 = 0$ bo‘lsa,

$$P = \gamma \pi r^3$$

$$z_D = h_D = h_0 + r + \frac{r}{4} = \frac{5}{4} r$$

4. Yarim doira shaklidagi ko‘rinishga ega bo‘lgan tekis sirtlarga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi kattaligi va qo‘yilish nuqtasini aniqlash.

Yarim doira shaklidagi o‘rinishga ega bo‘lgn tekis sirtlarga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi kattaligi va qo‘yilish nuqtasini aniqlashda ayrim cheklanishlardan foydalanamiz

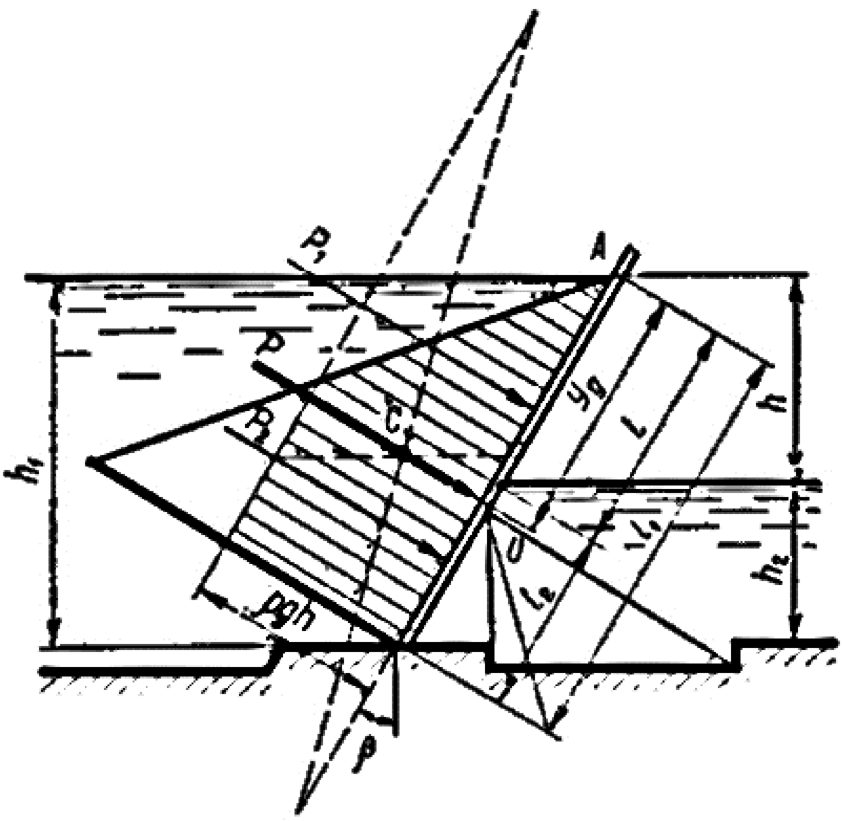
Agar $\alpha = 90^0$ va $h_0 > 0$ bo‘lsa (2.23-rasm), yarim doira shaklidagi ko‘rinishga ega bo‘lgan tekis sirtga ta’sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini quyidagicha aniqlash mumkin:

2.23-rasm. Yarim doira shaklidagi ko‘rinishga ega tekis sirtga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi

$$P=\frac{1}{6}\gamma r^2\left(4r+3\pi h_0\right)$$

Gidrostatik bosim kuchining qo‘yilish nuqtasini aniqlaymiz:

$$z_D=h_D=\frac{3\pi r^2+12\pi h_0{}^2+32rh_0}{4\left(4r+3\pi h_0\right)}$$



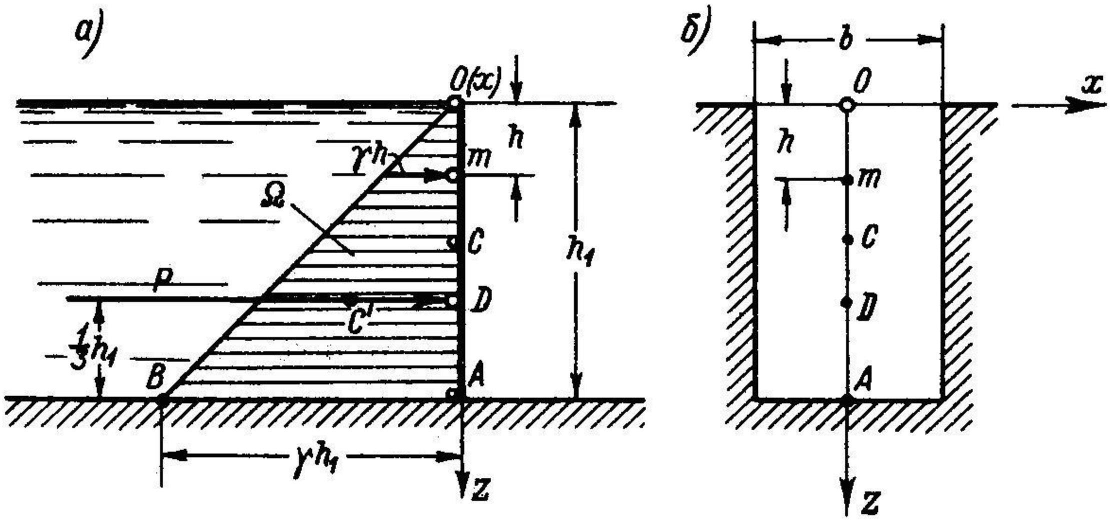
2.24-rasm. Burchak ostida joylashgan to‘siqning ikki tomonidan ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi

2.16. TO‘RTBURCHAK KO‘RINISHDAGI TEKIS SHAKLLARGA TA’SIR ETUVCHI GIDROSTATIK BOSIM KUCHINI ANIQLASHNING GRAFOANALITIK USULI

Buning uchun *OA* ko‘rinishdagi *b* kenglikka ega bo‘lgan shaklni qabul qilamiz (2.25, *a*-rasm). Bunda atmosfera bosimi hisobiga paydo bo‘ladigan gidrostatik bosim kuchini hisobga olmasak, faqat og‘irlik hisobiga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchini qarashga to‘g‘ri keladi. Ixtiyoriy *m* chuqurlikda

$$p = \gamma h \qquad (2.96)$$

bosim mavjud bo‘ladi.



2.25-rasm. To‘g‘ri burchakli vertikal sirtli tekis jismga bir tomonlama gidrostatik bosimning ta’siri

0 nuqtada esa bu bosim

$$p = 0 \qquad (2.97)$$

ga teng buladi. h_1 chuqurlikda esa

$$p = \gamma h_1 \qquad (2.98)$$

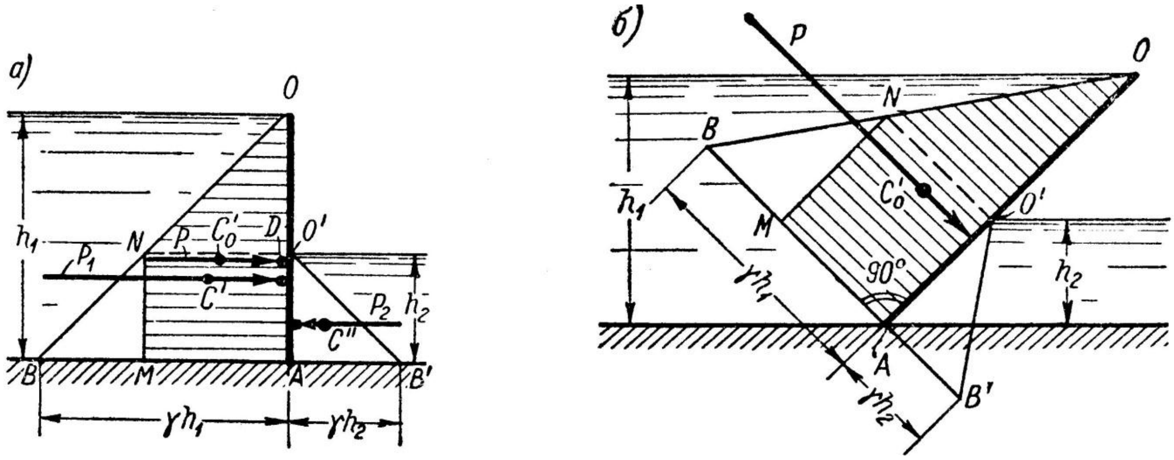
ga teng bo‘ladi.

γh_1 kattalikni *0A* devorga tik yo‘nalishda qo‘ysak (2.25, *b*-rasm), *V* nuqta paydo bo‘ladi, buni *0* nuqta bilan tutashtirsak, *0AV* uchburchak paydo bo‘ladi. Natijada olingan bu uchburchak *gidrostatik bosim epyurasi* deb ataladi. Bu epyura chuqurlik o‘zgarishi bilan gidrostatik bosimning o‘zgarishini ko‘rsatadi.

Gidrostatik bosim kuchi – bosim epyurasining hajmiga, ya’ni, shu uchburchak yuzasini *b* kenglikka ko‘paytmasi bizga *R* kuch kattaligini beradi.

$$P = W = \Omega b = \frac{1}{2} h_1^2 \gamma b \tag{2.99}$$

R kuch *OA* devorga tik yo‘nalgan bo‘lib, gidrostatik bosim epyurasi og‘irlik markazidan o‘tadi. Agar to‘siqning ikkala tomonida suyuqlik mavjud bo‘lsa, gidrostatik bosimlar farqi aniqlanib, ularning og‘irlik markazidan gidrostatik bosim kuchining teng ta’sir etuvchisi o‘tadi. 2.26, *b*-rasmda *0AMN* trapetsiyaning og‘irlik markazidan o‘tadi.



2.26-rasm. To‘g‘ri burchakli tekis shakllarning bosim epyurasi

a) vertikal shakl; b) qiya shakl

2.15 .TRAPETSIYA OG‘IRLIK MARKAZINI ANIQLASH USULLARI

ABCD trapetsiya og‘irlik markazini aniqlashda quyidagi usullardan foydalanish mumkin:

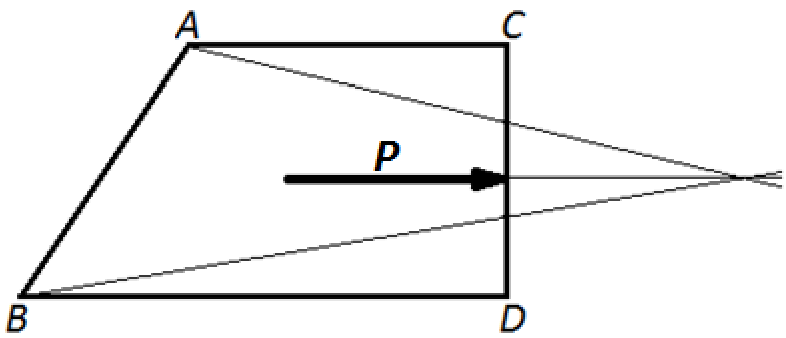
- *ABCD* trapetsiya (2.27-rasm) og‘irlik markazini aniqlash uchun quyidagicha ish bajariladi:

a) uning vertikal *CD* tomoni teng uch bo‘lakka bo‘linadi ;

b) qarama-qarshi burchaklardan, o‘ziga yaqin bo‘lingan nuqtalarga nurlar yo‘naltiriladi;

c) bu nurlar kesishgan nuqtaga teng gorizontal tekislik o‘tkaziladi;

d) bu tekislikni sirt bilan kesishgan nuqtasiga, gidrostatik bosim kuchining teng ta’sir etuvchisi qo‘yladi;



2.27-rasm. Trapetsiya shaklidagi gidrostatik bosim epyurasi og‘irlik markazini aniqlash.

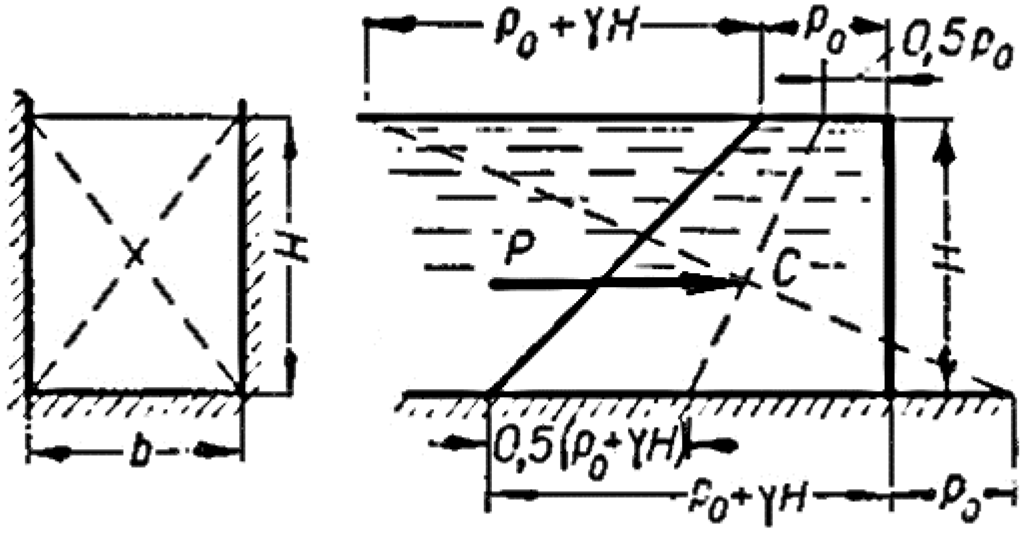
- Bundan tashqari, trapetsiya shaklini og‘irlik markazini aniqlashda quyidagi formulalardan foydalanishimiz mumkin:

$$d = \frac{h}{3} \cdot \frac{2a+b}{a+b}$$

yoki

$$d - h = \frac{h}{3} \cdot \frac{2b+a}{a+b}$$

bunda, *D* kuchning qo‘yilish nuqtasi, *a, b* trapetsiodal shaklning kichik va katta asoslari.

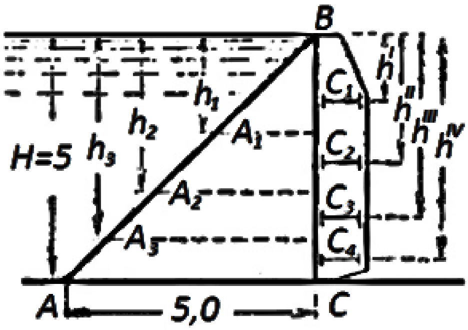


2.28-rasm. Trapetsiya shaklidagi gidrostatik bosim epyurasi og‘irlik markazini aniqlash

2.18. TEKIS SIRT SHAKLIDAGI VERTIKAL TO‘SIQNI BIR XIL GIDROSTATIK BOSIM TA’SIR ETADIGAN BO‘LAKLARGA AJRATISH

Gidrotexnika amaliyotida suv oqimining boshqarishda temir materialidan yasalgan harakatlanuvchi to‘siqlardan keng foydalaniladi. Ushbu to‘siqlar vertikal ustunlarga turli chuqurliklarda gorizontal rigellar va ustunga qalin metalldan iborat materiallar qoplash bilan yasaladi. Mana shu rigellar shunday chuqurliklarda ustunlarga qadalishi kerakki, ularga suv tomonidan ta’sir etayotgan gidrostatik bosim ta’siri bir maromda taqsimlanishi kerak.

Umumiy balandligi *H=VS* bo‘lgan, to‘siqqa ta’sir etuvchi gidrostatik bosim *AVS* shakldagi gidrostatik bosim epyurasi orqali ifodalanadi (2.29-rasm).



2.29-rasm. Gidrotexnik inshootlarda oqimni boshqarishda qo‘llaniladigan to‘siqni mustahkamligini ta’minlash uchun o‘rnatiladigan rigellarning joylashtirilish vaziyatlarini aniqlash

Bu shakl uchburchak ko‘rinishida bo‘lganligi uchun asoslash mumkinki, gidrostatik bosim bir xil taqsimlanadigan chegaralar shu uchburchakni teng uchga bo‘luvchi va uning asosiga parallel bo‘lgan chiziqlarda yotadi. Regellar soni uchta bo‘lishini inobatga olib, *AVS* gidrostatik bosim epyurasini teng uchga bo‘lamiz va chegara chiziqlari joylashgan chuqurliklar (h_1, h_2) ni elementar geometriya qoidalarida foydalanib aniqlaymiz:

a) birinchi A_1VS_1 uchburchak bilan asosiy *AVS* uchburchak va birinchi uchburchak asosining chuqurligi (h_1) asosiy *AVS* uchburchak chuqurligi o‘rtasidagi quyidagi munosabatlarni yozish mumkin:

$$\frac{\Omega_1}{\Omega} = \frac{h_1^2}{H^2} = \frac{1}{3}$$

bundan,

$$h_1 = H\sqrt{\frac{1}{3}}$$

b) ikkinchi uchburchakning asosi joylashgan chuqurlikni ham yuqorida keltirilgan elementar geometriya qoidasiga asosan aniqlaymiz:

$$\frac{\Omega_2}{\Omega}=\frac{h_2^2}{H^2}=\frac{2}{3}$$

bundan,

$$h_2=H\sqrt{\frac{2}{3}};$$

c) endi uchta rigelning joylashish vaziyati $\left(h'_D, h''_D, h'''_D\right)$ni aniqlaymiz, buning uchun A_1BC_1 uchburchakning $A_1C_1A_2C_2$va ACA_2C_2 trapetsiyalarning og'irlik markazlarini aniqlashimiz kerak, chunki gidrostatik bosim kuchi doimo ta'sir etayotgan yuzaga tik yo'nalib, gidrostatik bosim epyurasi og'irlik markazidan o'tadi;

d) A_1BC_1 uchburchakning og'irlik markazi uning medianalarining kesishgan nuqtasida bo'ladi, medianalar o'tkazib, uni aniqlaymiz;

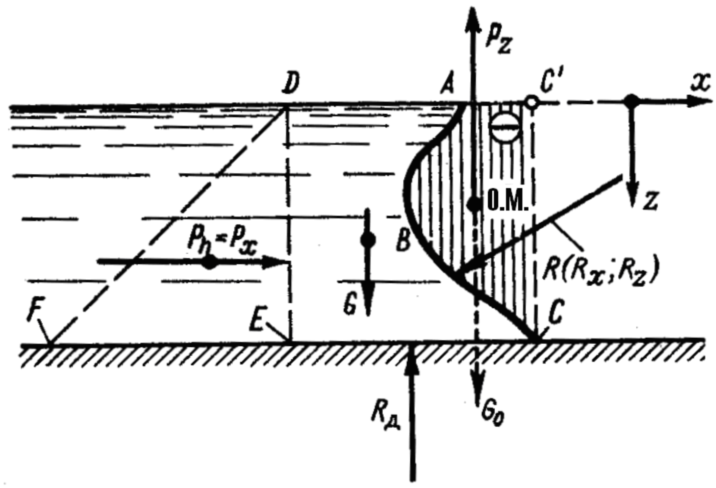
$A_1C_1A_2C_2$

e) ACA_2C_2 trapetsiyalarning og'irlik markazlarini aniqlash uchun yuqoridagi mavzuda keltirilgan usullardan foydalanamiz.

2.19. EGRI SIRTLARGA TA'SIR ETUVCHI GIDROSTATIK BOSIM KUCHI. BOSIM TANASI VA UNI QURISH QOIDALARI

Gidrotexnika amaliyotida ixtiyoriy shakldagi egri sirtlarga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchlarini hisoblashga to'g'ri keladi. Bunda gidrostatik bosimning atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan miqdorini aniqlash maqsadga muvofiq deb hisoblaymiz, ya'ni faqat suyuqlikning sirtga ta'sirini o'rganamiz.

Buning uchun 2.30-rasmda ko'rsatilgan *AVS* egri sirtga ta'sirni ko'rib chiqamiz. Egri sirt rasm tekisligiga perpendikulyar bo'lganligi sababli, *AVS* egri chiziq shaklida ko'rinadi, bunda sirt kengligi *b* (*b=const*).



2.30-rasm

CC′ vertikal tekislikni va *x*, *u* koordinata o‘qlarini belgilab olamiz.Egri sirtga suyuqlik tomonidan ta’sir etayotgan *R* gidrostatik bosim kuchining gorizontal va vertikal tashkil etuvchilarini R_x va R_z deb belgilab olamiz. *DE* vertikal tekislikni o‘tkazib, *ABCED* suyuqlik hajmini belgilab olamiz. Bu hajmga ta’sir etayotgan kuchlarni aniqlaymiz:

1. *DE* qirraga chap tomondagi suyuqlik tomonidan ta’sir etayotgan kuch –R_h;
2. O‘zanning *EC* qismidan ta’sir etayotgan kuch – R_d;

$$R_Д = [(C'CED)yuza]b\gamma$$

3. Egri sirt tomonidan ta’sir etayotgan reaktsiya *R (*R_x, R_z) kuchi (gorizontal va vertikal tashkil etuvchilarga ega);
4. Qaralayotgan suyuqlikning og‘irlik kuchi – *G*:

$$G = [(ABCDE)yuza]b\gamma$$

*ABCED*hajmga ta’sir etayotgan bu kuchlarning*x*va*u* o‘qlarga proektsiyalarining muvozanat tenlamasini yozamiz:

$$P_h + R_x = 0; \quad G + R_z - R_Д = 0,$$

bundan,

$$R_x = -P_h; \quad R_z = R_Д - G.$$

chunki ,

$$P_x = -R_x; \quad P_z = -R_z\,,$$

demak,

$$P_x = P_h; \quad P_z = -(R_Д - G).$$

Bu tenglamaga asosan:

$$P_z = -[(C'CED)yuza - (ABCED)yuza]b\gamma$$

yoki

$$P_z = -[(ABCC')yuza]b\gamma = -G_{бт}$$

- gorizontal tashkil etuvchisi R_x – shu sirtning o‘ziga tik bo‘lgan vertikal tekislikka ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchiga qiymat jihatdan teng:

$$P_x = p_C\omega = \Omega_{эп.} = \frac{\gamma h^2}{2}b \qquad (2.100)$$

- vertikal tashkil etuvchisi R_z– shu sirtning bosim tanasidagi suyuqlik og‘irligiga teng:

$$P_z = G_{bt} = \gamma W_{bt} = \gamma S_{bt}b \qquad (2.101)$$

bu yerda: γ – suyuqlikning hajmiy og‘irligi;

h – chuqurlik;

W_{bt} – bosim tanasining hajmi;

S_{bt} – bosim tanasining yuzasi.

Bosim tanasi deb, egri sirt, uning tutash chiziqlaridan suv sathiga tushirilgan vertikal tekisliklar hamda suv sathi bilan chegaralangan hajmga aytiladi.

Egri sirtga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchi bu ikkala tashkil etuvchilarning geometrik yig‘indisidan iborat:

$$\boxed{P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}} \qquad (2.102)$$

Kuchning gorizontal o‘qqa nisbatan qiyaligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\boxed{\alpha = arctg\,\frac{P_z}{P_x}} \qquad (2.103)$$

Egri sirtga ta’sir etuvchi gorizontal bosim kuchi ta’sir chizig‘i uning ikkala tashkil etuvchini kesishish nuqtasi va sirtning egrilik nuqtasidan o‘tadi.

Demak, yukorida bayon etilgan fikrlarga asosan, egri sirtlarga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim kuchini aniqlashda egri sirtning bosim tanasi muhim rol o‘ynaydi. Shu sababli, uni qurish qoidasi bilan tanishamiz.

- *egri sirtning tutash nuqtalari topiladi;*
- *tanlangan nuqtalardan suv sathigacha yoki sath davomigacha vertikal chiziqlar o‘tkazamiz;*
- *egri sirt – vertikal chiziqlar va sath bilan chegaralangan yuza bosim tanasi yuzasi bo‘ladi;*
- *agar bosim tanasida suv mavjud bo‘lsa, u musbat bosim tanasi deyiladi va vertikal tashkil etuvchi gidrostatik bosim kuchi pastga yo‘nalgan bo‘ladi, aks xolda, manfiy bosim tanasi deyiladi xamda kuch yuqoriga yo‘nalgan bo‘ladi.*
- *gidrostatik bosim kuchi – vertikal tashkil etuvchisi, shu sirt bosim tanasining og‘irlik markazidan o‘tadi.*

2.20. AYLANA SHAKLDAGI QUVUR ICHIDAN TA’SIR ETUVCHI GIDROSTATIK BOSIM KUCHI

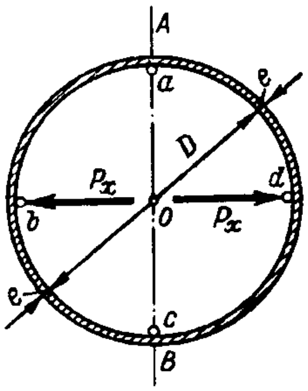
Dumaloq shakldagi quvurlardagi suyuqliklarning quvur devorlariga bo‘lgan gidrostatik bosim kuchini o‘rganamiz. 2.31-rasmda suyuqlik bilan to‘ldirilgan gorizontal quvurning ko‘ndalang kesimi ko‘rsatilgan.

Agar $\frac{D}{2}\gamma$ ni r ga nisbatan nihoyatda kichikligini hisobga olsak, butun kesim bo‘ylab bosimni $p = const$ deb qabul qilish mumkin.

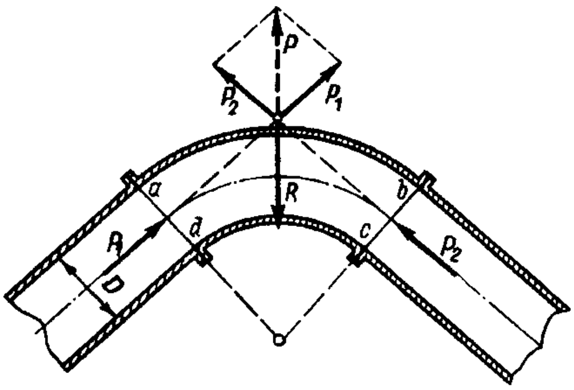
Bu bosim ta’sirida *AV* o‘q bo‘ylab quvur bo‘linadi, deb faraz qilsak, bunda mustahkamlikni ta’minlovchi R_x kuchni bilishimiz kerak. Bu kuch *abc* yoki *adc* tsilindrik shakldagi sirtga ta’sir etuvchi kuchga teng:

$$P_x = Dlp \tag{2.104}$$

bunda, l – quvur uzunligi. R_x kuch ikkiga bo‘linib, yo‘nalganligi uchun quvur qalinligi aniqlanayotganda $P_x/2$ kuch qabul qilinib, hisob olib boriladi. Bundan tashqari, quvur bukilgan holatda ham bo‘lishi mumkin. Masalan, *abcd* quvur (2.32-rasm).



2.31-rasm. Ichki gidrostatik bosim (R_x)



2.32-rasm. Quvurning egilgan nuqtasiga ta’sir etuvchi gidrostatik bosim

Bu shakldagi quvur R kuch yo‘nalishida bukilishga intiladi. Gidrostatik bosim kuchi ikki gidrostatik bosim kuchi ayirmasi bilan aniqlanadi. *ab* yo‘nalishga ta’sir etuvchi P_1 va *cd* yo‘nalishga ta’sir etuvchi P_2 kuchlar. Demak, quvurning bu qismi

$$P_1 = \frac{\pi D^2}{4} p \text{ va } P_2 = \frac{\pi D^2}{4} p \qquad (2.105)$$

va reaktsiya kuchlari $(|R| = |P|)$ ta’siri ostida muvozanat holatida bo‘ladi. P_1 va P_2 kuchlarning geometrik yig‘indisidan, asosan, anker tayanchlarini joylashtirish vaziyatlarini aniqlashda foydalaniladi.

2.21. ENG SODDA GIDRAVLIK MASHINALAR

Mashinasozlik amaliyotida ko‘pgina hollarda, bosimni uzatishda suyuqliklardan foydalaniladi. Bunday printsipda ishlatiladigan uskunalar –

gidravlik mashinalar deyiladi. Gidravlik presslar, multiplikatorlar, gidravlik mashinalar boshqaruv sistemalari, ko‘targichlar, domkratlar shular jumlasiga kiradi.

Har xil konstruktsiyaga ega bo‘lgan va turli yo‘nalishlarda ishlatiladigan bu mashinalarda, asosan, bir xil ifodaga asoslangan qonuniyatdan foydalaniladi. Suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasiga uzatilgan tashqi bosim – uning boshqa hamma nuqtalariga o‘zgarmasdan uzatiladi.

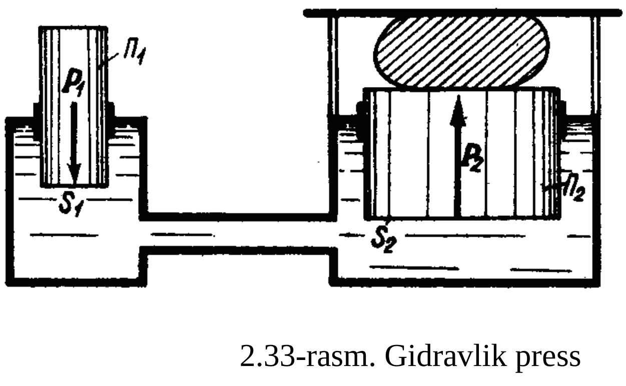
Yuqorida qayd etilgan mashinalarning ayrimlari bilan tanishamiz.

2.33-rasmda gidravlik press tasvirlangan. Yuqoridagi qoidaga asosan ω_1 yuzali Π_1 porshenga P_1 kuch qo‘yilsa, ω_2 yuzali Π_2 porshen quyidagi kuch bilan yuqoriga ta’sir etadi.

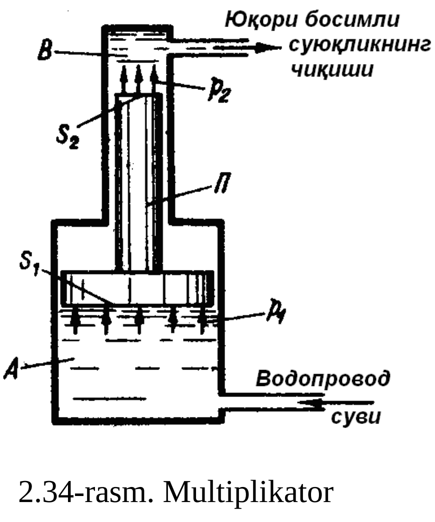
$$P_2 = P_1 \frac{\omega_2}{\omega_1} \qquad (2.106)$$

chunki,

$$\frac{P_1}{\omega_1} = \frac{P_2}{\omega_2} = p \qquad (2.107)$$



2.33-rasm. Gidravlik press



2.34-rasm. Multiplikator

Bu asbob yordamida P_1 kuch $(\omega_2 : \omega_1)$ marta oshiriladi. Amaliy hisoblarda qurilmaning harakatchan qismlari ishqalanishi ham hisobga olinadi.

2.34-rasmda esa multiplikator tasvirlangan, agar *A* kamerada p_1 bo‘lsa, *V* kameradagi p_2 bosim ajratilsa, quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\boxed{p_2\omega_2 = p_1\omega_1} \qquad (2.108)$$

bunga asosan,

$$\boxed{p_2 = p_1\frac{\omega_1}{\omega_2}} \qquad (2.109)$$

qurilma yordamida bosim $(\omega_1 : \omega_2)$ marotaba oshiriladi.

2.22. ARXIMED QONUNI

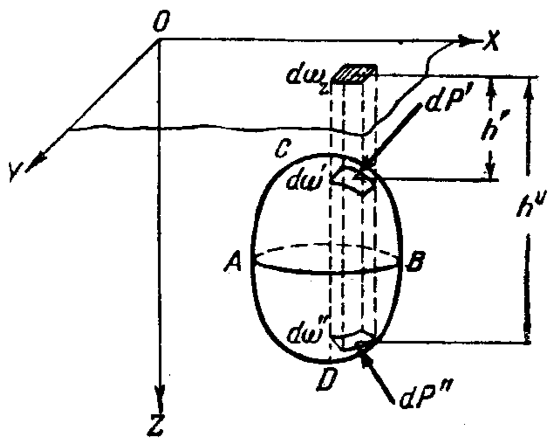
Suzib yuruvchi jism muvozanati

Tinch turgan suyuqlikdagi suzib yuruvchi jism muvozanati to‘g‘risidagi masala – jismning suzuvchanligi hamda uning suvda botmay tura olish qobiliyatini o‘rganish orqali yechiladi.

1. Ma’lum kuch ta’siri ostida jismning suzishi – jismning suzuvchanligini bildiradi. Masalan, kemalar suzuvchanlik zaxirasiga ega bo‘lishi kerak.

Suzuvchanlik zaxirasi deb, kemaning suv ustidagi qismi xajmidagi suv og‘irligiga teng bo‘lgan qo‘shimcha og‘irlik tushuniladi.

2. *Egiluvchanlik* – ya’ni jismning suyuqlikda egilgandan keyin dastlabki holatiga qaytish xususiyati tushuniladi.



2.3

5-rasm.

Arximed qonunini qo‘llashga bog‘liq bo‘lgan bu savollar asosan, Eyler, admiral S.O.Makarov (1848-1904 yillar), akademik A.N.Krilov (1963-1945) va boshqalarning kemalar nazariyasiga bag‘ishlangan ishlarida o‘z aksini topgan.

Arximed qonuni suyuqlik ichidagi jism sirtiga suyuqlikning bosim kuchini aniqlashda qo‘llaniladi

Aziz o‘quvchi, *Arximed qonuni* o‘rta maktab kursida quyidagicha keltiriladi: *har qanday qattiq jism suyuqlikka botirilganda o‘zininghajmiga teng miqdorda suyuqlikni siqib chiqaradi.*

Jismning sirti ixtiyoriy to‘g‘ri chiziqning faqat ikki nuqtasida kesishadi deb qaraylik (2.35-rasm).

Jismning sirtini koordinata tekisligiga parallel bo‘lgan vertikal tekisliklar yordamida elementar maydonchalarga bo‘laylik.

U holda $d\omega'$ va $d\omega''$ maydonchalarga ta’sir qiluvchi elementar bosim o‘qlarning vertikal proektsiyasi quyidagicha bo‘ladi:

$$(dP')_z = p'd\omega'\cos(dP',\ Z) = p'd\omega'_z \qquad (2.110)$$

$$(dP'')_z = p''d\omega''\cos(dP'',\ Z) = p''d\omega''_z \qquad (2.111)$$

bunda, p' va p'' – $d\omega'$ va $d\omega''$ maydonlar og‘irlik markazlaridagi bosim

$$p' = \gamma h' \text{ va } p'' = \gamma h'' \qquad (2.112)$$

bundan

$$dP'_z = \gamma h' d\omega'_z;\ dP''_z = -\gamma h'' d\omega''_z \qquad (2.113)$$

Bundan jismning sirtidagi bosimning $0z$ o‘qidagi proektsiyasi

$$P_z = \gamma \int_{\omega'_z} h'd\omega'_2 - \gamma \int_{\omega''_z} h''d\omega''_2 = -\gamma(W'' - W') = -\gamma W \qquad (2.114)$$

bunda, W – jism siqib chiqargan suyuqlik hajmi;

W' va W'' – prizmalarning hajmi;

P_z kuchini – *ko‘tarish kuchi* deb ataymiz.

Elementar bosimning qolgan ikkita o‘qdagi proektsiyasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi.

$$P_x = \gamma \int_{\omega'_x} h'd\omega'_x - \gamma \int_{\omega''_x} h''d\omega''_x = 0 \qquad (2.115)$$

$$P_y = \gamma \int_{\omega'_y} h' d\omega'_x - \gamma \int_{\omega''_y} h'' d\omega''_y = 0 \qquad (2.116)$$

bunda, $h' = h''$, $d\omega'_x = d\omega''_x$, $d\omega'_y = d\omega''_y$

Natijada quyidagi xulosaga kelamiz:

Ichiga jism tushirilgan suyuqlikka suyuqlik bosimining ko'tarish kuchi jism siqib chiqargan suyuqlik hajmidagi suv og'irligi yo'nalishiga qarama-qarshi miqdori bo'yicha tengdir.

$$\boxed{P = \gamma W} \qquad (2.117)$$

bunda, γ – suyuqlikning hajmiy og'irligi;

W – siqib chiqarilgan suyuqlik hajmi.

Jismning suzuvchanligi

Agar G suyuqlik ichiga tushirilgan jism og'irligi P ko'tarish kuchidan $P = \gamma W$ kichik, ya'ni $G < P$ bo'lsa, u holda jism qalqib chiqadi; agar $G > P$ bo'lsa, jism cho'kadi.

Agar

$$G = P = \gamma W \qquad (2.118)$$

bo'lsa, suyuqlik ichida muallaq holda suzib yuradi.

Agar jism suyuqlik sirtida suzib yursa, bunda *suv yuzasida suzish* deyiladi. Aksincha *suv osti suzish* deyiladi.

Bunda har ikkala holatda ham ko'tarish kuchi R jism og'irligiga teng bo'lishi kerak.

$$P = G \qquad (2.119)$$

Agar jism butun hajm bo'yicha W_1 bir jinsli (masalan, g'o'la) hajmiy og'irligi γ_1 bo'lib, suyuqlikda γ hajmiy og'irlik bilan suzib yursa, suv ustida suzishi uchun

$$\gamma_1 W_1 = \gamma W \qquad (2.120)$$

bundan

$$\frac{W}{W_1} = \frac{\gamma_1}{\gamma} \qquad (2.121)$$

Suv ustida suzishi uchun esa $W_1 = W$, chunonchi $\gamma_1 = \gamma$.

Bir jinsli jismlarning suv sirtida suzib yurishi holatidagi jismning botishini aniqlashda qo‘llaniladi.

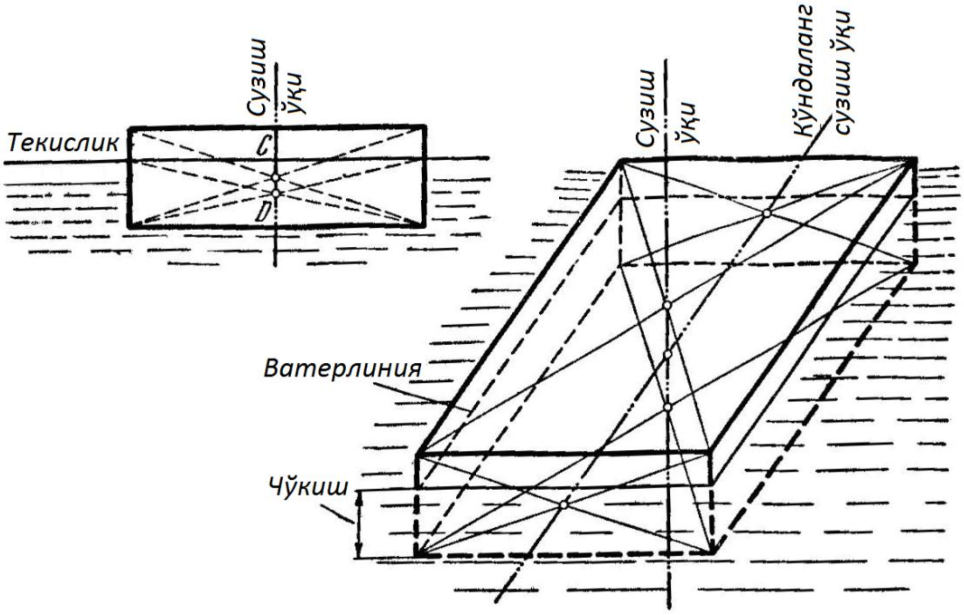
Suzib *yuruvchi jismlarning cho‘kishi* deganda jism namlangan sirtining eng quyi nuqtasining botishi tushuniladi.

Suzib yuruvchi jismni kesib o‘tuvchi suyuqlik yuzasining erkin sirtiga *suzish sirti tekisligi* deyiladi.

Suzib yuruvchi jism yon sirtining suzish tekisligi bilan kesishish chizig‘iga *vater chizig‘i* deyiladi.

Jismning og‘irlik markazi *S* dan va suvning sig‘im markazi *D* dan o‘tuvchi chiziqqa *suzish o‘qi* deyiladi (2.36-rasm).

Vater chiziqlar bilan chegaralangan maydonning og‘irlik markazi orqali o‘tuvchi bo‘ylama chiziqqa *vater chizig‘i maydonining bo‘ylama o‘qi* deyiladi.



2.36-rasm.

Bo‘ylama o‘qqa perpendikulyar yo‘nalishdagi shu nuqtadan o‘tuvchi gorizontal chiziqqa *vater chizig‘i maydonining ko‘ndalang o‘qi* deyiladi.

Agar suv ostida yoki suv sirtida suzayotgan jism muvozanatda bo‘lsa, u holda suzishi yoki vertikal holatda bo‘lishi kerak. Kelgusida faqat simmetrik jismlarning suzishini ko‘rib chiqamiz.

Metatsentr va metatsentrik radius

Jism suv yuzasida suzib yurgan holatni ko‘rib chiqamiz. Jism muvozanat holatidan sirtining bo‘ylama o‘qi atrofida αburchak ostida buriladi. U holda suvning sig‘im hajmi o‘zining oldingi simmetrik shakli va suv sig‘im markazini o‘zgartiradi, demak, jism sirti o‘qida yotmay yangi holatdagi$R$ ko‘tarish kuchi D' o‘tuvchi nuqtaga suriladi.

αburchak nolgacha kamayuvchi suzish o‘qining R ko‘tarish kuchi ta’sir chizig‘i bilan kesishadigan M nuqtasiga intiluvchi M_0 nuqtasi *metatsentr* deyiladi (*meta* – lot. chegara).

Egilishning kichik burchaklarida $\left(\alpha < 15^0\right)$ M nuqtasi M_0 nuqta bilan ustma-ust tushadi. Demak, suvning sig‘imi markazi D, suvning sig‘imi markazi Ddan metatsentr – M_0 nuqtagacha bo‘lgan masofada ρ egrilik radiusi chizig‘iga suriladi.

Suv sig‘im markazi$D$va metatsentr orasidagi masofa ρ*metatsentrik radius* deyiladi.

$$\rho = DM_0 \qquad (2.122)$$

M nuqtasi va ρ egrilik radiusi suzish sirtining bo‘ylama o‘qi bo‘ylab egilishlarda aniqlangani uchun ularni *ko‘ndalang metatsentr* va *ko‘ndalang metatsentrik radius* deb ataymiz.

Xuddi shu yo‘l bilan bo‘ylama metatsentr va bo‘ylama metatsentrik radius aniqlanadi.

Kelgusida ko‘rib chiqmoqchi bo‘lgan jismning suvda botmay turish qobiliyatining statik hisoblarida metatsentrik radius kattaligi muhim ahamiyatga ega.

Shunday qilib, metatsentrik radius kattaligini aniqlashga o‘tamiz.

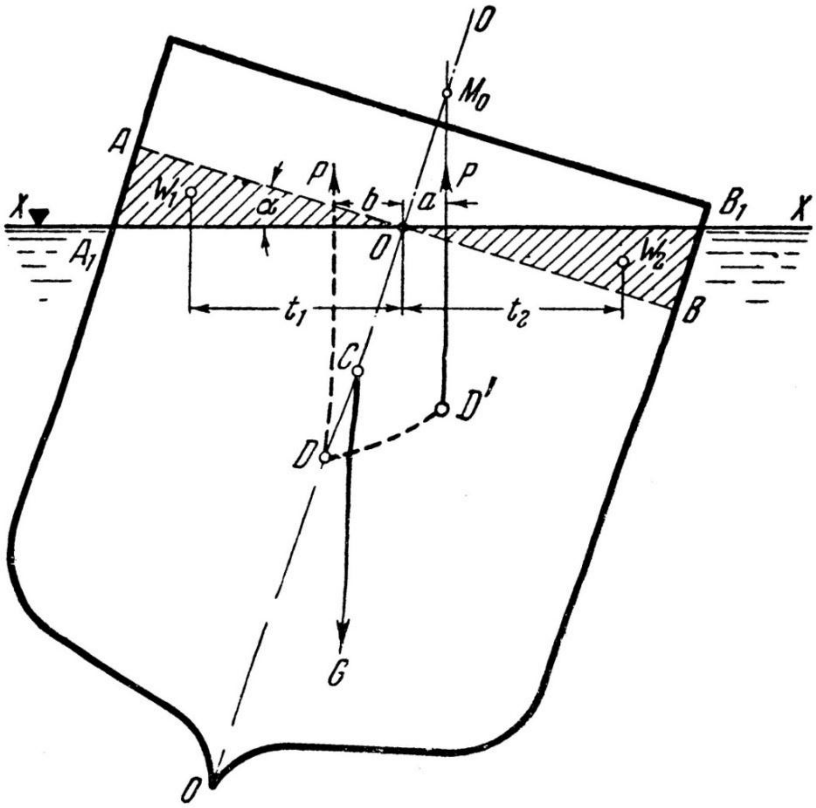
Ikkita vater chiziq maydonlari orasida hosil bo‘luvchi $A_1 0A$ va $B_1 0B$ hajmlariga e’tiborimizni qaratamiz. Bu hajmlarni mos holda W_1 va W_2 hamda W_0 umumiy qism orkali suv sig‘imi hajmini W harfi bilan belgilasak, quyidagi tenglamaga ega bo‘lamiz:

$$W = W_0 + W_1 = W_0 + W_2 \qquad (2.123)$$

bundan ko‘rinib turibdiki,

$$W_1 = W_2 \qquad (2.124)$$

Vater chiziq bo‘ylama o‘qqa nisbatan W_0 hajmning statik momentini ikkita oraliqdagi holati uchun aniqlaymiz.



2.37-rasm.

W_0 hajmning dastlabki holatida 2.37-rasmga ko‘ra W-W_1 hajmlar farqini aniqlash mumkin. Demak, aniqlamoqchi bo‘lgan moment

$$W(-b)-W_1(-t_1) \tag{2.125}$$

W_0 hajmning ikki holatida W-W_1 farqni hamda izlanayotgan momentni aniqlash mumkin

$$Wa-W_2t_2 \tag{2.126}$$

bunda, a, b, t_1, t_2– mos keluvchi hajmlarning og‘irlik markazi koordinatalari.

Bitta o‘qqa nisbatan W_0 hajmda statik moment ifodasi o‘zaro teng

$$W(-b)-W_1(-t_1)=Wa-W_2t_2 \tag{2.127}$$

bunda $W_1=W_2$, demak bu bir xil hajmlarni W_1 orqali belgilasak, ayrim o‘zgarishlardan keyin quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$W(a+b)=W_1(t_1+t_2) \tag{2.128}$$

$(a+b)$ hadi 2.37-rasmga binoan $\rho\sin\alpha$ ga teng, shuning uchun

$$W\rho\sin\alpha=W_1(t_1+t_2) \tag{2.129}$$

W_1 hajmdagi W_1t_1 momenti 2.38-rasmga ko‘ra quyidagiga teng:

$$W_1t_1=\int_{\omega_1} x\alpha x d\omega_1 \tag{2.130}$$

W_2 hajmning W_1t_2 momenti

$$W_1t_2=\int_{\omega_2} x\cdot\alpha x\cdot d\omega_2 \tag{2.131}$$

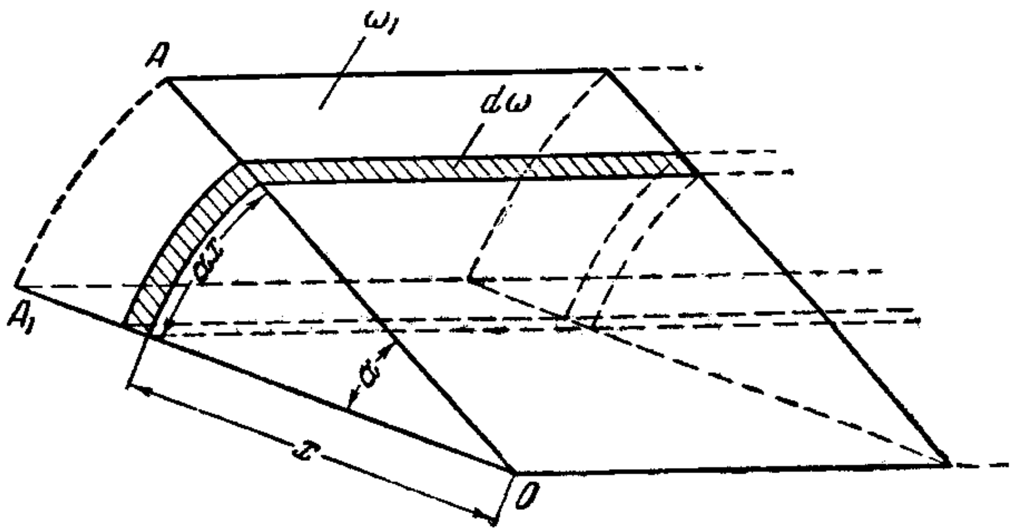
shunga asosan

$$W(t_1+t_2)=\alpha\left(\int_{\omega_1} x^2 d\omega_1+\int_{\omega_2} x^2 d\omega_2\right)=\alpha\int_{\omega} x^2 d\omega$$

bunda, ω– vater chiziqning butun yuzasi.

O‘ng tomondagi integral – bo‘ylama o‘qqa nisbatan vater chiziq maydoni inertsiya momentidir

$$\int_{\omega} x^2 d\omega=J_0 \tag{2.132}$$



2.38-rasm.

Shuningdek

$$W\rho \sin\alpha = \alpha J_0 \qquad (2.133)$$

bundan izlayotgan metatsentrik radiusni topamiz:

$$\rho = \frac{J_0}{W_0}\frac{\alpha}{\sin\alpha} \qquad (2.134)$$

Egilish burchagi α ning qiymati juda kichikligini hisobga oladigan bo‘lsak,

$$\frac{\alpha}{\sin\alpha} \approx 1 \qquad (2.135)$$

u holda

$$\rho = \frac{J_0}{W} \qquad (2.136)$$

Demak, *metatsentrik radius qiymati ρ bo‘ylama o‘qiga nisbatan vater chizig‘i maydoni markaziy inertsiya maydoni J_0 ning suzib yuruvchi jism suv sig‘imi hajmi W ga nisbatan teng*.

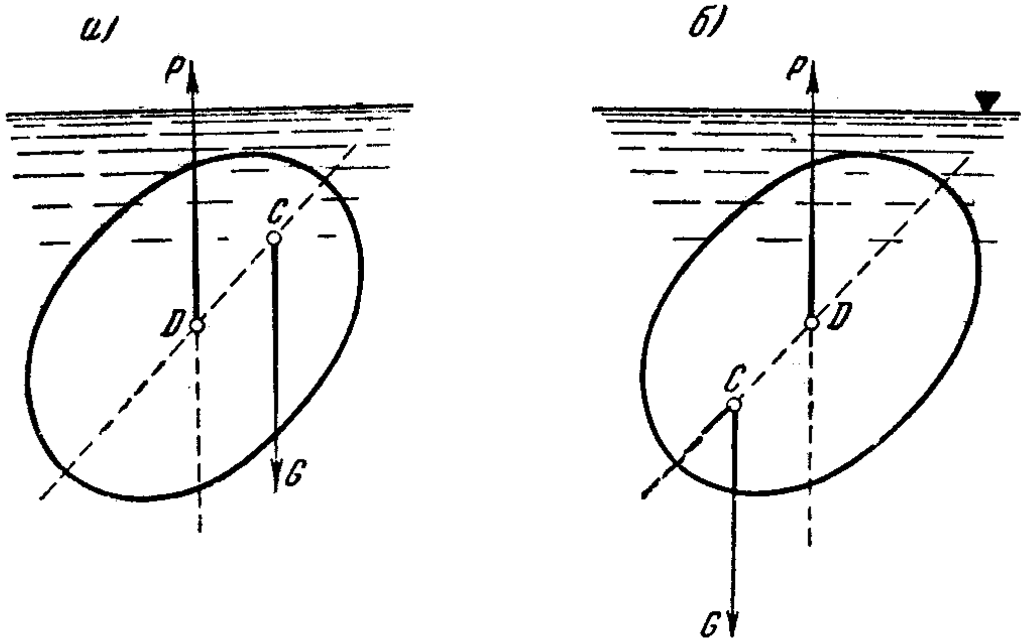
(2.136) ifodadan vater chizigi maydonining ko‘ndalang o‘qi atrofida egilishda foydalansa bo‘ladi. Vaholanki, ushbu inertsiya momenti har doim birinchisidan katta bo‘lib, bunda bo‘ylama metatsentr ko‘ndalang metatsentrdan yuqorida bo‘ladi.

Suzuvchi jismning suvda botmay turishining statik shartlari

Tinch suvda suzib yuruvchi jismning statik botmay turish qobiliyati deb, jismni o‘zining holatini biroz o‘zgartirib yana dastlabki belgilangan holatiga qaytish qobiliyatiga aytiladi.

Masalan, kema berilgan holatda to‘g‘ri bo‘lib, bunda simmetriya yuzasi vertikal holatda bo‘ladi.

Botmay turish shartlari quyidagilarga tayangan bo‘ladi (2.39-rasm):



2.39-rasm.

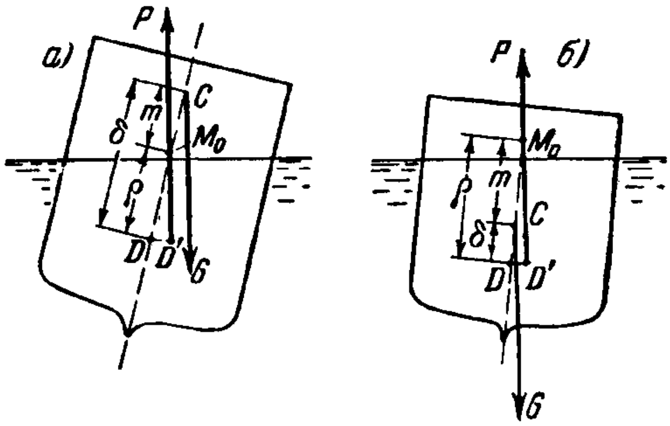
Jism *G* vazni va egillishda jismga suyuqlik tomonidan ta’sir qiluvchi ko‘tarish kuchi *P* egilishni qaytarmoqchi bo‘lsa, u holda jismning berilgan holati botmay turadigan, aksincha, ya’ni yuqorida aytilgan ikki kuch (*G*va *P*) egilishni yana bukmoqchi bo‘lsa, jism berilgan holatda botuvchan bo‘ladi. Suzib yuruvchi jism muvozanatining ikki holatini ko‘rib chiqamiz:

1. Jism suv ostida harakatlanayapti (suv osti suzish) 2.39-rasmga murojaat qiladigan bo‘lsak, *S* jismning og‘irlik markazi suzish o‘qidagi suv sig‘im markazidan yuqorida yotsa (2.39, *a*-rasm), *G* va *P* kuchlari egilishni kattalashtirishiga harakat qiluvchi juftlikni hosil qiladi; agar *S* jismning og‘irlik markazi suv sig‘imi markazi *D* dan pastdagi suzish o‘qida yotsa (2.39, *b*-rasm) *G* va *P* kuchlari juftligi egilishni yo‘qotib, dastlabki holatiga qaytishga harakat qiladi. Shunday qilib, biz suv ostida suzganda botmay turishning quyidagi sharoitlariga ega bo‘ldik:

suzib yuruvchi jism suv ostidagi holatida statik botmay turish qobiliyatiga ega bo‘lish uchun, S jismning og‘irlik markazi suv sig‘imi markazining suzish o‘qidan pastda joylashgan bo‘lishi kerak.

2. Jism suv sirtida harakatlanayapti (suv usti suzish). Agar bunday holatda ham yuqorida qayd qilingan shartlar bajarilsa, u holda suzish shubhasiz botmay tura oladi.

2.40-rasmdan ko‘rinib turibdiki, jismning og‘irlik markazi suv sig‘imi markazi *D* suzish o‘qidan yuqorida yotadi, lekin M_0 metatsentrdan yuqorida emas, chunki oxirgi holatdagina *G* va *P* kuchlari egilishni oshiruvchi juftlikni hosil qiladi (2.40, a-rasm). Agar *S* nuqta *D* va M_0 oralig‘ida yotsa, *G* va *P* kuchlari egilishni yo‘qotishga intiladi.



2.40-rasm.

Shunday qilib, *suv sirtida suzib yuruvchi jismning botmay turishini ta’minlash uchun og‘irlik markazi va suv sig‘imi markazidan* δ *masofa* ρ *– metatsentrik radius uzunligidan* kichik bo‘lishi kerak.

$$\delta < \rho = \frac{I_0}{W} \text{ yoki } \frac{\delta}{\rho} < 1 \quad (2.137)$$

Ko‘rinib turibdiki, M_0 metatsentri S og‘irlik markazidan qanchalik yuqorida bo‘lsa, ya’ni, metatsenrik balandlik deb ataluvchi *m* masofa qanchalik katta bo‘lsa (2.40-rasm), botmay turish shunchalik katta bo‘ladi.

Metatsentrik balandligi katta bo‘lgan jismlar, masalan, kemalarni odam tashish uchun noqulay ko‘rinishga olib keladi. Ko‘pincha metatsenrik balandlik kattaligi 0,3-1,2 *m* qabul qilinadi.

Yuqorida qayd qilinishi bo‘yicha, bo‘ylama metatsentr har doim ko‘ndalang metatsentrdan yuqori bo‘ladi. Shuning uchun, suzib yuruvchi jismning ko‘ndalang botmay turishi ta’minlansa, bo‘ylama botmay turishi shubhasiz ta’minlangan bo‘ladi va buni tekshirib ko‘rishga ehtiyoj qolmaydi.

Yana bir bor ta’kidlab o‘tishimiz joizki, yuqorida olingan ifodalar jismning suvga botib turgan hajmini o‘zgartirmaydigan kichik egilish burchaklar uchun ta’luqlidir.

Bundan tashqari, kema, yaxta, teploxod va boshqa suzuvchi transport vositalari o‘zida suyuqliklarni olib ketayotganda, kren (tebranib qiyalanish) ro‘y bersa, ularning og‘irlik markazi o‘z vaziyatini o‘zgartirishi tashiladigan suyuqlik xisobiga amalga oshadi. Albatta, bu transport vositasinining muallaq holatdagi turg‘unligini keskin kamaytiradi. Shuning uchun bunday transport vositalarini harakatini boshqarishda keskin o‘zgartirishlar qilish qa’tiyan man etiladi. Hattoki, suyuqlik olib ketayotgan avtoulovlar harakatida keskin tormoz sistemasini bosish, burish kabi harakatlar mumkin emas, aks holda og‘irlik markazining o‘qini keskin o‘zgarishi hisobiga avariya holati sodir bo‘lishi mumkin.

II bobga doir test-nazorat savollari

1. Gidrostatik bosim nima? U qanday hossalarga ega?

*a)*Nisbiy tinch holatdagi suyuqlikning yuzasiga ta’sir etayotgan kuchning shu yuza kattaligiga nisbati gidrostatik bosim deb ataladi. Gidrostatikbosim ikkita asosiy hossaga ega:

Birinchi hossa. Suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi gidrostatik bosim ta’sir etayotgan yuzasiga tik normal yo‘nalgan bo‘lib, siquvchi hisoblanadi, ya’ni bosim qaralayotgan suyuqlik hajmini ichiga yo‘nalgan bo‘ladi;

Ikkinchi hossa. Qaralayotgan nuqtadagi gidrostatik bosim kattaligi ta’sir yuzasining qiyalik burchagiga ya’ni orientirovkasiga bog‘liq emas.

b) Nisbiy tinch holatdagi suyuqlikning yuzasiga ta’sir etayotgan kuch gidrostatik bosim deb ataladi. Gidrostatikbosim ikkita asosiy hossaga ega:

Birinchi hossa. Suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi gidrostatik bosim ta’sir etayotgan yuzasiga parallel yo‘nalgan bo‘lib, siquvchi hisoblanadi, ya’ni bosim qaralayotgan suyuqlik hajmini ichiga yo‘nalgan bo‘ladi;

Ikkinchi hossa. Qaralayotgan nuqtadagi gidrostatik bosim kattaligi ta’sir yuzasining qiyalik burchagiga bog‘liq;

c) Nisbiy tinch holatdagi suyuqlikning yuzasiga ta’sir etayotgan kuch suyuqlik hajmiga nisbati gidrostatik bosim deb ataladi. Gidrostatikbosim hossaga ega:

Hossa. Suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi gidrostatik bosim ta’sir etayotgan yuzasiga tik normal yo‘nalgan bo‘lib, siquvchi hisoblanadi, ya’ni bosim qaralayotgan suyuqlik hajmini ichiga yo‘nalgan bo‘ladi;

*d)*Nisbiy tinch holatdagi suyuqlikning yuzasiga ta’sir etayotgan kuchning shu yuza kattaligiga nisbati gidrostatik bosim deb ataladi. Gidrostatikbosim ikkita asosiy hossaga ega:

Birinchi hossa. Suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi gidrostatik bosim ta’sir etayotgan yuzasiga tik normal yo‘nalgan bo‘lib, kengaytiruvchi hisoblanadi, ya’ni bosim qaralayotgan suyuqlik hajmidan tashqariga yo‘nalgan bo‘ladi.

Ikkinchi hossa. Qaralayotgan nuqtadagi gidrostatik bosim kattaligi ta’sir yuzasining qiyalik burchagiga bog‘liq.

2. Bu ifodalar $\frac{H}{m^2} = \Pi a$, $\frac{kg}{ms^2}$, *KPa*, m suv ustuni, mm simob ustuni qaysi kattalikning o‘lchov birligi?

a) Suyuqlik sarfining;

b) Shezi koeffitsientining;

c) Oqim tezligining;

d) Gidrostatik bosimning ;

3. Erkin sirt hamma vaqt gorizontal bo‘ladimi?

a) Absolyut bosim atmosfera bosimiga teng bulsa;

b) Bulmaydi;

c) Xamma vakt;

d) To‘g‘ri javob yuk;

4. Gidrostatika bo‘limi nimani o‘rgatadi?

a) Suyuqlik harakat qonunlarini o‘rgatadi

b) Suyuqlikning nisbiy tinch holat – muvozanat qonunlarini o‘rganib, ularni kishilar jamiyatining faoliyatiga qo‘llash uchun uslubiyatlar yaratadi;

c) Suyuqliklarni xossalarini o‘rganib, texnikaga tadbiq etishni o‘rgatadi;

d) Muvozanatdagi suyuqlikka ta’sir etuvchi kuchlarni o‘rgatadi.

5. Kanday tekislikka teng bosimlar tekisligi deyiladi?

a) Suyuqlikning ixtiyoriy chuqurligidagi birxil bosimlar mavjud nuqtalardan o‘tkazilgan tekislikka teng bosimlar tekisligi deyiladi;

b) Suyuqlikning idish yon devorlari bilan chegaralangan tekislikka teng bosimlar tekisligi deyiladi;

c) Suyuqlikning idish tubi bilan chegaralangan tekislikka teng bosimlar tekisligi deyiladi;

d) Suyuqlikning devor bilan chegaralangan tekislikka teng bosimlar tekisligi deyiladi

6. Qaysi ifoda teng bosimlar tekisligi tenglamasini ifodalaydi?

a) $\phi_x dx + \phi_y dy + \phi_z dz = 0$;

b) $\phi_x dx - \phi_y dy - \phi_z dz = 0$;

c) $\phi_x dx + \phi_y dy - \phi_z dz = 0$;

d) $\phi_x dx + \phi_y dy + \phi_z dz = 1$.

7. Gidrostatik bosim kiymati yunalishga bog'liqmi?

a) Xa, bog'liq;

b) Yo'q, bog'liq emas;

c) Bazan bog'liq, bazan yo'q;

d) Harakat mavjud bo'lganda.

8. Suyuqlikning ixtiyoriy nuktasidagi bosimni qaysi formula orqali hisoblash mumkin?

a) $p = p_0 + gh$

b) $p = pgh$

c) $p = p_0 + h$

d) $P = p_0 + pgh$

9. Manometrik bosim deb kanday bosimga aytiladi?

a) Atmosfera bosimidan katta bo'lgan bosimga;

b) Atmosfera bosimidan kichik bo‘lgan bosimga;

c) Atmosfera bosimiga teng bo‘lgan bosimga;

d) Suyuqlik markaziga ta’sir qiluvchi bosimga.

10. Qachon mano-vakuumetrik ko‘rsatkich “nolga” ga teng bo‘ladi?

a) $P_{abs} = P_{at}$ *b)* $P_{в} = P_{atm}$ *s)* $P_{abs} = 0$ *d)* $P_m = P_{atm}$

11. Tutash idishlar qonunini ifodalash uchun qaysi formula to‘gri?

a) $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}$; *b)* $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$; *s)* $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$; *d)* $h_1\gamma_2 = h_2\gamma_1$

12. Qaysi formula Arximed qonuni ifodalaydi?

b) $P_A = \gamma W_{b.t}$;

c) $P_A = \rho g H$;

d) $P_A = p_0 + \gamma H$;

e) $P_A = mg$.

13. Vater chizigi deb nimaga aytamiz?

a) Suzayotgan jism normal holatda uning o‘rtasidan o‘tgan 0-0 o‘qi;

b) Suzish tekisligi bilan jism sirtining kesishish chizig‘i;

c) Jismni kesib o‘tuvchi erkin sirt;

d) Suzayotgan jismning og‘irlik markazidan o‘tuvchi chiziq;

14.Vakuummetrik bosim deb kanday bosimga aytiladi?

a) Atmosfera bosimidan katta bo‘lgan bosimga;

b) Atmosfera bosimidan kichik bo‘lgan bosimga;

c) Atmosfera bosimiga teng bo‘lgan bosimga;

d) Suyuqlik markaziga ta’sir kiluvchi bosimga.

15. Gidrostatik bosim kuchi qanday aniqlanadi?

a) $P = p_c\rho$; *b)* $R = \gamma\, h_S S = r_S S$; *s)* $R = \gamma\, r_S S$; *d)* $R = \rho\, h_S S$..

16. Egri sirtga ta'sir etayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlanish formulalarini yozing.

b) $P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$; $P_x = p_C\omega = \Omega_{эпв} = \dfrac{\gamma h^2}{2}b$; $P_z = G_{bt} = \gamma W_{bt} = \gamma S_{bt} b$;

c) $P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$; $P_x = p_C\rho = \Omega_{эпв} = \dfrac{\gamma h^2}{2}\rho$; $P_z = G_{bt} = \rho W_{bt}$;

d) $P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$; $P_x = \dfrac{\gamma h}{2}b\omega$; $P_z = G_{bt}\rho$;

e) $P = p_C\omega = \Omega_{эпв} = \dfrac{\gamma h^2}{2}b$; $P = G_{bt} = \gamma W_{bt} = \gamma S_{bt} b$.

17. Gidravlik press yordamida bosimning oshishi formulasini aniqlang.

a) $p_2 = p_1\dfrac{S_2}{S_1}$; *b)* $p_2 = p_1\dfrac{S_1}{S_2}$; *c)* $p_2 = \rho p_1\dfrac{S_1}{S_2}$; *d)* $p_2 = p_1\dfrac{S_1}{S_2}\dfrac{\gamma}{}$.

18. Eyler tenglamasini yozing.

$$a)\begin{cases}\phi_x - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial x} = 1\\ \phi_y - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial y} = 1\\ \phi_z - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial z} = 1\end{cases} b)\begin{cases}\phi_x - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial x} = 0\\ \phi_y - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial y} = 0\\ \phi_z - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial z} = 0\end{cases} c)\begin{cases}\phi_x - \dfrac{\partial p}{\partial x} = 0\\ \phi_y - \dfrac{\partial p}{\partial y} = 0\\ \phi_z - \dfrac{\partial p}{\partial z} = 0\end{cases} d)\begin{cases}\phi_x - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial u}{\partial x} = 0\\ \phi_y - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial u}{\partial y} = 0\\ \phi_z - \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial u}{\partial z} = 0\end{cases}$$

19. Arximed qonunini yozing.

b) $G = P = \gamma W$;

c) $G = \gamma\omega$;

d) $F = \gamma WS$;

e) $F = m\upsilon$.

20. Gidrostatik paradokc deb nimaga aytiladi?

a) Suyuqlikdagi bosim idishning shakliga bog‘liq bo‘lish xodisasi gidrostatik paradokc deyiladi;

b) Suyuqlikdagi bosim uning shakliga va xajmiga emas, balki chuqurligiga bog‘liq bo‘lish xodisasi gidrostatik paradokc deyiladi;

c) Suyuqlikdagi bosim idishning shakliga va xajmiga bog‘liq bo‘lish xodisasi gidrostatik paradokc deyiladi;

d) Suyuqlikdagi bosim idishni xajmiga bog‘liq bo‘lish xodisasi gidrostatik paradokc deyiladi.

21. Paskal qonunini ko‘rsating.

a) $\Delta p = \Delta p_0$;

b) $P = p_c \rho$;

c) $R = \gamma h_S S = r_S S$;

d) $R = \gamma r_S S$;

22. Tutash idishlar qonuni qaysi javobda to‘g‘ri ko‘rsatilgan?

a) $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}$

b) $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$

c) $\frac{h_1}{h_2} = 1$

d) $\frac{\gamma_2}{\gamma_1} = 0$

23. Pezometrik balandlik to‘g‘ri ko‘rsatilgan javobni aniqlang.

a) $h_A = \dfrac{p_A}{\gamma}$

b) $p_A = p_0 + \gamma h$

c) $\dfrac{h_1}{h_2} = \dfrac{\gamma_2}{\gamma_1}$

d) $p_A = \gamma h$