

GIDRAVLIKA

I BOB. SUYUQLIKLARNING ASOSIY XOSSALARI

1.1. Suyuqlik to'g'risida asosiy tushunchalar

Juda kichik miqdordagi kuchlar ta'sirida o'z shaklini o'zgartiruvchi fizik jismlar suyuqliklar deb ataladi. Ular qattiq jismlardan o'z zarrachalarining juda harakatchanligi bilan ajralib turadi va oquvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi. Shuning uchun ular qaysi idishga quyilsa, o'shaning shaklini oladi.

Gidravlikada suyuqliklar ikki gruppaga: tomchilanuvchi (kapelnie) suyuqliklarga va gazsimon suyuqliklarga ajraladi. Suyuqlik deganda tomchilanuvchi suyuqlikni tushunishga odatlanilgan bo'lib, ular suv, spirt, neft, simob, turli moylar va tabiatda hamda texnikada uchrab turuvchi boshqa har xil suyuqliklardir.

Tomchilanuvchi suyuqliklar bir qancha xususiyatlarga ega:

- 1) hajmi bosim ta'sirida juda kam o'zgaradi va siqilishga qarshiligi juda katta;
- 2) harorat o'zgarishi bilan hajmi oz miqdorda o'zgaradi; .
- 3) cho'zuvchi kuchlarga deyarli qarshilik ko'rsatmaydi;
- 4) sirtida molekulalararo o'zaro qovushoqlik kuchi yuzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi.

Tomchilanuvchi suyuqliklarning boshqa xususiyatlari to'g'risida keyinchalik yana to'xtalib o'tamiz.

Gazlar tomchilanuvchi suyuqliklardagiga nisbatan ham tezroq harakatlanuvchi zarrachalardan tashkil topgan bo'lib, ular bosim va temperatura ta'sirida o'z hajmini tez o'zgartiradi. Ularda cho'zuvchi kuchga qarshilik va qovushoqlik kuchi tomchilanuvchi suyuqliklarga nisbatan juda ham kam. Gazlar bilan gaz dinamikasi, termodinamika va aerodinamika fanlari shug'ullanadi.

Gidravlika kursi asosan tomchilanuvchi suyuqliklar bilan shug'ullanadi. Shuning uchun uni bundan buyon to'g'ridan-to'g'ri suyuqlik deb atayveramiz.

Suyuqliklar tutash jismlar qatoriga kiradi va muvozanat hamda harakat hollarida doimo qattiq jismlar (suyuqlik solingan idish tubi va devorlari, quvur va kanallarning devorlari va boshqalar) bilan chegaralangan bo'ladi. Suyuqliklar gazlar (havo) bilan

ham ma'lum chegara bo'yicha ajralishi mumkin. Bu chegara erkin sirt (svobodnaya poverxnost) deb ataladi.

Suyuqliklar siljitivchi kuchlarga sezilarli darajada qarshilik ko'rsatadi va bu qarshilik ichki kuchlar sifatida namoyon bo'ladi. Ularni aniqlash suyuqliklar harakatini tekshirishda muhim ahamiyatga egadir.

1.2. Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar

Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar qo'yilish usuliga qarab ichki va tashqi kuchlarga ajraladi:

ichki kuchlar - suyuqlik zarrachalarining o'zaro ta'siri natijasida vujudga keladi;

tashqi kuchlar - suyuqlikka boshqa jismlarning ta'sirini ifodalaydi (masalan, suyuqlik solingan idish devorlarining ta'siri, ochiq yuzaga ta'sir qilayotgan havo bosimi va h.k.).

Ichki kuchlar siljitivchi kuchlarga qarshilik sifatida namoyon bo'ladi va *ichki ishqalanish* kuchi deyiladi. Tashqi kuchlarni yuza bo'yicha va hajm bo'yicha ta'sir qiluvchi kuchlar sifatida ko'rish mumkin. Shuning uchun suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar yuza bo'yicha yoki hajm bo'yicha ta'sir qilinishiga qarab yuzaki va massa kuchlarga bo'linadi.

Yuzaki kuchlar – qaralayotgan suyuqlik hajmining sirtlariga ta'sir qiluvchi kuchlardir. Ularga bosim kuchi, sirt taranglik kuchi, suyuqlik solingan idish devorining reaksiya kuchlari, ichki ishqalanish kuchi kiradi. Ichki ishqalanish kuchlari suyuqlik harakat qilgan vaqtda yuzaga keladi va qovushoqlik xususiyatini yuzaga keltiradi (avvalgi paragrafqa qarang).

Massa kuchlar - qaralayotgan suyuqlik hajmining har bir zarrasiga ta'sir qiladi va uning massasiga proporsional bo'ladi. Ularga og'irlik va inertsiya kuchlari kiradi.

1.3. Suyuqliklarning fizik xossalari

1. **Solishtirma og'irlik.** Suyuqlikning hajm birligiga teng miqdorining og'irligi uning solishtirma og'irligi deb ataladi va grekcha γ harfi bilan belgilanadi. Yuqorida aytilgan ta'rifga asosan

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.1)$$

bu yerda V - suyuqlik hajmi (birligi m^3), G - og'irligi (birligi N). Solishtirma og'irlikning o'lchov birligi SI sistemasida

$$|\gamma| = \frac{|G|}{|V|} = \frac{N}{m^3}$$

texnik sistemada esa $\frac{kg}{m^3}$ - bo'lib, ular o'zaro quyidagicha begilangan:

$$1 \frac{kg}{m^3} = 9,80665 \frac{N}{m^3}$$

Solishtirma og'irlik hajmi avvaldan ma'lum bo'lgan turli idishlardagi suyuqliklarning og'irligini o'lchash usuli bilan yoki areometrlar yordami bilan aniqlanadi.

Solishtirma og'irlik bosimga va temperaturaga bog'liq bo'lib, ular o'rtasidagi munosabat ideal gazlar uchun quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\frac{p}{\gamma} = RT \quad (1.2)$$

bu yerda p - bosim ($\frac{N}{m^2}$), T - absolyut temperatura, R - gaz doimiysi

$$(R_{\text{havo}} = 287 \frac{J}{kg \text{ grad}}, R_{\text{etan}} = 518 \frac{J}{kg \text{ grad}}),$$

Suyuqlik solishtirma og'irligining $4^\circ C$ dagi suvning solishtirma og'irligiga nisbati uning nisbiy solishtirma og'irligi bo'ladi.

2. Solishtirma hajm. Suyuqlikning og'irlik birligidagi miqdorining hajmi solishtirma hajm deyiladi va hajmni og'irlikka bo'lish yo'li bilan aniqlanadi:

$$v = \frac{V}{G} \quad (1.3)$$

(1.1) va (1.3) formulalardan ko'rinib turibdiki:

$$\gamma v = 1 \text{ yoki } v = \frac{1}{\gamma}$$

Solishtirma hajmning o'lchov birligi SI sistemasida:

$$|v| = \frac{|V|}{|G|} = \frac{m^3}{N}$$

Solishtirma hajm ham solishtirma og'irlik kabi bosim va temperaturaga bog'liq bo'lib, u (1.2) ning boshqa ko'rinishi

$$p v = RT \quad (1.4)$$

orqali ifodalanadi.

3. Zichlik. Suyuqlikning hajm birligiga to'g'ri kelgan tinish holatdagi massasi uning zichligi deb ataladi. Bu ta'rifga asosan

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1.5)$$

bunda M - suyuqlikning massasi (birligi $\frac{Ns^2}{m}$).

Zichlikning o'lchov birligi quyidagicha aniqlanadi:

$$|\rho| = \frac{M}{L^3} = \frac{Ns^2}{m^4}.$$

Ba'zan nisbiy zichlik tushunchasi kiritiladi. Suyuqlik zichligining suvning $4^\circ C$ issiqlikdagi zichligiga nisbati uning nisbiy zichligi bo'ladi. (1.5) va (1.1) lardan ko'rinib turibdiki, zichlik bilan solishtirma og'irlik o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad (1.6)$$

u holda nisbiy zichlik va nisbiy solishtirma og'irliklar o'zaro quyidagicha bog'lanadi:

$$\rho_{\text{nisb.}} = \frac{M_{\text{nisb.}}}{M_{\text{sv}}} = \frac{G_{\text{nisb.}}}{G_{\text{sv}}} = \gamma_{\text{nisb.}} \quad (1.7)$$

Zichlik temperaturaga bog'liq bo'lib, odatda, temperatura ortishi bilan kamayadi. Bu o'zgarish neft mahsulotlari uchun quyidagi munosabat orqali ifodalanadi:

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta_1(t - 20)} \quad (1.8)$$

bunda t - temperatura (birligi $^\circ C$), β_1 - hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti; ρ_{20} - suyuqlikning $20^\circ C$ dagi zichligi.

Suvning zichligi bu qonundan mustasno bo'lib, uning zichligi eng katta qiymatga $4^\circ C$ (aniqrog'i $3,98^\circ C$) da ega bo'ladi. Uning issiqligi bundan oshsa ham, kamaysa ham zichligi kamayib boradi.

4. Suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi. Yuqorida aytib o'tilganidek, zichlik issiqlik o'zgarishi bilan o'zgarib boradi. Bu esa o'z-o'zidan issiqlik o'zgarishi bilan hajmning o'zgarishini ko'rsatadi. Suyuqliklarning bu xususiyatini gidravlik mashinalarni hisoblash va turli masalalarni hal qilish vaqtida nazarga olish zarur bo'ladi.

Suyuqlikning issiqlikdan kengayishini kolbaga solingan suyuqlikning qizdirilganda hajmi ko'payishi, suyuqlik to'ldirilib germetik yopib qo'yilgan boshqa va

sisternalarning quyosh nurida qolganda yorilib ketishi, to'ldirilgan idishdagi suyuqlikning sirtidan oqib tushishi kabi hodisalarda juda ko'p uchratish mumkin.

Suyuqliklarning bu xususiyatidan foydalanib suyuqlik termometrlari va boshqa turli sezgir o'lchov asboblari yaratiladi. Suyuqliklarning isitilganda kengayishini ifodalash uchun hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti degan tushuncha kiritilib, u β , bilan belgilangan.

1.1-jadval.

Suvning hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti β , 1/grad

Bosim, MN/m ²	T °C				
	1-10	10- 20	40-50	60-70	90—100
0,1	0,000014	0,000150	0,000422	0,000556	0,000719
9,8	0,000043	0,000165	0,000422	0,000548	0,000714
19,6	0,000072	0,000183	0,000426	0,000539	0,000561
49,0	0,000149	0,000236	0,000429	0,000523	0,000621
88,3	0,000229	0,000294	0,000437	0,000514	

Birlik hajmdagi suyuqlikning temperaturasi 1°C ga oshirilganda kengaygan miqdori uning *hajmiy kengayish temperatura koeffitsiyenti* deyiladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\beta_t = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad (1.9)$$

bunda $\Delta V = V - V_0$ – qizdirilgandan keyingi va boshlang'ich hajmlar farqi; $\Delta t = t - t_0$ – temperaturalar farqi;

$$[\beta_t] = \frac{1}{\text{grad}};$$

β_t juda kichik miqdor bo'lib, u suv uchun $t = 20^\circ\text{C}$ da $\beta_t = 210^{-4} \frac{1}{\text{grad}}$, mineral moylar uchun $\beta_t = 710^{-4} \frac{1}{\text{grad}}$; simob uchun $\beta_t = 18 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{grad}}$.

5. Suyuqliklarning siqilishi. Gidravlik hisoblash ishlarida suyuqliklarni siqilmaydi deb hisoblash kerak, deb aytib o'tgan edik (bu yerda tomchilanuvchi suyuqlik nazarda tutiladi).

Lekin texnikada va tabiatda ba'zi hollarda bosim juda katta bo'ladi. Bunda agar suyuqlikning umumiy hajmi ham katta bo'lsa, hajm o'zgarishi sezilarli miqdorda bo'ladi va uni hisobga olish kerak.

Suyuqliklarning siqilishini hisobga olish uchun *hajmiy siqilish koeffitsiyenti* degan tushuncha kiritiladi va β_p bilan belgilanadi (ba'zida β_v bilan ham belgilanadi).

Birlik hajmdagi suyuqlikning bosimini bir birlikka oshirganda kamaygan miqdori hajmiy siqilish koeffitsiyenti deyiladi va u quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\beta_p = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (1.10)$$

bunda $\Delta p = p - p_0$ - o'zgargan va boshlang'ich bosimlar farqi; β_p ham β_v kabi juda kichik miqdor bo'lib, suv uchun $t = 20^\circ\text{C}$ da $\beta_p = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{MN}$ (MN - meganyuton = $10^6 \text{ N} \approx 10 \text{ at}$), mineral moylar uchun $\beta_p = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{MN}$; shuning uchun ham ko'p hollarda siqilishni hisobga olinmaydi.

1.2-jadval.

Suvning hajmiy siqilish koeffitsiyenti $\beta_p \cdot 10^4 \text{ m}^2/\text{N}$

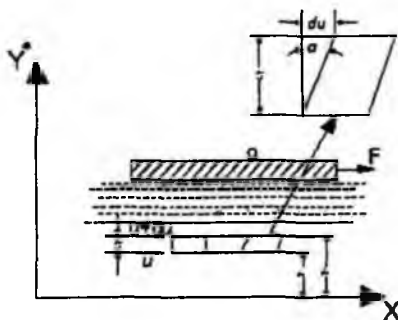
t, °C	Bosim, MN/m ²				
	0,5	1,0	2,0	3,9	7,9
0	0,00000540	0,00000537	0,00000531	0,00000523	0,00000515
5	0,00000529	0,00000523	0,00000518	0,00000508	0,00000493
10	0,00000523	0,00000518	0,00000508	0,00000498	0,00000481
15	0,00000518	0,00000510	0,00000503	0,00000488	0,00000470
20	0,00000515	0,00000505	0,00000495	0,00000481	0,00000460

1.4. Suyuqliklardagi ishqalanish uchun Nyuton qonuni. Qovushoqlik

Qovushoqlik hodisasi suyuqliklarning harakati vaqtida yuzaga keladi va harakatlanayotgan zarracha harakatiga qarshilik sifatida namoyon bo'ladi. Bu qarshilikni yengish uchun ma'lum miqdorda kuch sarflash kerak bo'lib, qovushoqlik qancha kuchli bo'lsa, sarflash kerak bo'lgan kuch ham shuncha ko'p bo'ladi. Qovushoqlik darajasini qovushoqlik koeffitsiyenti deb ataluvchi kattalik bilan ifodalanadi va u ikki xil koeffitsiyent orqali aniqlanadi hamda aniqlanish usuliga qarab dinamik va kinematik qovushoqlik koeffitsiyentlariga bo'linadi.

Dinamik qovushoqlik (yopishqoqlik) koeffitsiyent. Suyuqlikni katta yuzaga ega bo'lgan idishga solib, uning yuziga biror plastinka qo'ysak va bu plastinkani ma'lum bir kuch bilan torta boshlasak, suyuqlik zarrachalari plastinka sirtiga yopishishi natijasida harakatga keladi (m). Agar plastinkaning qo'yilgan F kuch ta'sirida olgan tezligi u bo'lsa, u bilan yonma-yon turgan zarrachalar ham u tezlikka ega bo'ladi.

Idishning pastki devori harakatga kelmagani sababli uning sirtidagi zarrachalar harakat qilmaydi. Shunday qilib, suyuqlikning qalinligi bo'yicha xayolan bir qancha yupqa qatlamlar bor deb faraz qilsak, har bir qatlamda zarrachalar tezligi har xil bo'lib, u plastinkadan pastki devorga tomon kamayib boradi. Harakat ixtiyoriy qatlamga, uning ustida joylashgan boshqa qatlam zarrachalari orqali beriladi. Bu harakat suyuqlik qatlamlarining deformatsiyalanishiga olib keladi. Agar suyuqlik ichida pastki sirti idishning harakatsiz devoridan y_1 masofada, ustki sirti esa y_2 masofada bo'lgan qatlamni ko'z oldimizga keltirsak, yuqorida aytilgan sabablarga asosan uning pastki sirtida tezlik u_1 yuqorigi sirtida esa u_2 bo'ladi. Shunday qilib, olingan qatlamning qalinligi $\Delta y = y_2 - y_1$ bo'yicha suyuqlik tezligi $(u_2 - u_1) = \Delta u$ miqdorga o'zgaradi, ya'ni qatlamning yuqorigi sirti pastki sirtiga nisbatan siljib qoladi va qatlamda ko'rsatilgandek deformatsiyalanadi. Siljish burchagini α deb belgilasak, siljish kattaligi $\tan \alpha = \frac{\Delta u}{\Delta y}$ bo'ladi. Qatlam qalinligini cheksiz kichraytirib differentsial belgilashga o'tsak, u holda yuqoridagi nisbat tezlik gradiyenti $\left(\frac{du}{dy}\right)$ ni beradi. Agar suyuqlik sirtidagi plastinkaga qancha ko'p kuch qo'ysak, siljish shuncha ko'p bo'ladi. Bu narsa qo'yilgan kuch bilan tezlik gradiyenti orasida qandaydir bog'lanish mavjudligini ko'rsatadi.



1.1- rasm. Qovushoqlik tushunchasiga doir chizma

Shunday qilib, suyuqliklardagi ichki ishqalanish kuchi tezlik gradiyentiga bog'liq ekanligini tushunish mumkin.

1686 y. I. Nyuton ana shu bog‘lanishni chiziqli bog‘lanishdan iborat degan gipotezani oldinga surdi. Bu gipotezaga asosan suyuqlikning ikki harakatlanuvchi qatlamlari orasidagi ishqalanish kuchi F qatlamlarning tegib turgan sirti (S) ga va tezlik gradiyentiga to‘g‘ri proporsional, ya‘ni:

$$F = \pm \mu S \frac{du}{dy} \quad (1.11)$$

Proporsionallik koeffitsiyenti μ qovushoqlik dinamik koeffitsiyenti deb qabul qilingan. Nyuton gipotezasi keyinchalik N. P. Petrov tomonidan nazariy asoslab berildi. Albatta, hisoblash ishlarini osonlashtirish uchun ishqalanish kuchining birlik yuzaga to‘g‘ri kelgan miqdori yoki gidravlikada urinma zo‘riqish (ishqalanish kuchidan zo‘riqish) deb atalgan miqdorga o‘tish zarur bo‘ladi. Bu miqdorni grekcha τ harfi bilan belgilanadi:

$$\tau = \frac{F}{S} = \pm \mu \frac{du}{dy} \quad (1.12)$$

bu yerda musbat va manfiy ishora tezlik gradiyentining yo‘nalishiga qarab tanlab olinadi.

Prof. K.Sh. Latipovning ishlarida urinma zo‘riqish ikki tashkil etuvchining yig‘indisidan iborat deb qarash zarurligi ko‘rsatildi:

$$I_p = \mu \frac{du}{dy} - [\lambda_p(1 - \varphi_2)u]dy + B \quad (1.12a)$$

bu yerda $\lambda_p = (1 - \varphi_2)$ – bir qavatdan ikkinchi qavatga molekullarning o‘tishini bildiruvchi koeffitsiyentdir.

(1.12) formuladan ko‘rinadiki, ishqalanish kuchidan zo‘riqish tezlik gradiyentiga (yoki umumiyroq qilib aytganda tezlikning normal bo‘yicha hosilasi) ga to‘g‘ri proporsionaldir.

Qovushoqlik koeffitsiyentining birligi SI da quyidagicha:

$$[\mu] = \frac{[\tau]}{[\frac{du}{dy}]} = \frac{Ns}{m^2}$$

SGS sistemasida esa $\frac{dina \cdot s}{m^2}$ bilan o‘lchanadi. Bu birlik Puaz (PZ) deb ham ataladi.

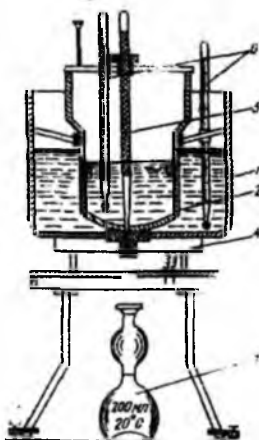
Koeffitsiyent juda kichik bo‘lganda santipuaz (spz) va millipuaz (mpz) larda ham o‘lchanishi mumkin.

Kinematik qovushoqlik koeffitsiyent. Gidravlikadagi ko'pgina hisoblash ishlarida μ ning ρ ga nisbati bilan ifodalanuvchi va kinematik qovushoqlik koeffitsiyenti deb ataluvchi miqdordan foydalanish qulaydir. Bu miqdor grekcha ν harfi bilan belgilanadi:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.13)$$

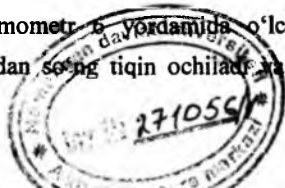
ν ning SI dagi birligi $\frac{m^2}{s}$, SGS sistemasida $\frac{cm^2}{s}$ yoki stoks (st) bilan ifodalanadi. Mahsus adabiyotlarda (Spravochniklarda) va texnik adabiyotda uning kichik o'lchovlari ham (santistoks - sst) uchraydi. $1 m^2/s = 10^4 st = 10^6 sst$.

Qovushoqlik koeffitsiyentini aniqlash uchun viskozimetr deb ataluvchi asbob qo'llaniladi. Suvga nisbatan yopishqoqligi katta bo'lgan suyuqliklar uchun Engler viskozimetri qo'llaniladi (1.2-rasm). U birining ichiga ikkinchisi joylashgan 1, 2 ikki idishdan iborat bo'lib, ular orasidagi bo'shliq, suv bilan, to'ldiriladi. Ichki idish 2 ning sferik tubiga diametri 3 mm li naycha kavsharlangan, u tiqin 5 bilan berkitilgan bo'ladi.



1.2-rasm. Engler viskozimetri.

Ichki idishga tekshirilayotgan suyuqlik quyilib, uning temperaturasi ikki idish oralig'idagi suvni qizdirish yo'li bilan zarur bo'lgan temperaturagacha yetkaziladi. Tekshirilayotgan suyuqlik temperaturasi termometr yordamida o'lchab turiladi. Suyuqlik zarur temperatura t' gacha qizigandan so'ng tiqin ochiladi va sekundomer



yordamida 200 sm^3 suyuqlik 3 oqib chiqqan vaqt belgilanadi. Xuddi shunday tajriba $t = 20^\circ\text{C}$ da distillangan suv bilan ham o'tkaziladi. Tekshirilayotgan suyuqlikning $t = 20^\circ\text{C}$ dan oqib chiqqan vaqtlarining nisbati qovushoqlikning shartli graduslari yoki Engler graduslarini bildiradi:

$${}^0 E = \frac{T_{\text{suyuqlik}} t}{T_{\text{suv } t=20^\circ\text{C}}}$$

Engler gradusidan m^2/s ga o'tish uchun Ubbelode formulasi qo'llaniladi:

$$\nu = \left(0,0731 {}^0 E - \frac{0,0631}{{}^0 E} \right) 10^{-4} \quad (1.14)$$

Qovushoqlikni aniqlash uchun kapillyar viskozimetr, rotatsion viskozimetr, stoks viskozimetri va boshqa turli viskozimetrlar ham qo'llaniladi.

Qovushoqlik suyuqliklarning turiga, temperaturasiga va bosimiga bog'liq. Jadvallarda har xil suyuqliklarning qovushoqlik miqdori keltirilgan. Temperatura ortishi bilan tomchilanuvchi suyuqliklarning qovushoqligi kamayadi, gazlarning qovushoqligi ortadi. Suyuqliklar qovushoqligining temperaturaga bog'liqligini umumiy tenglama bilan ifodalab bo'lmaydi.

Har xil hisoblash ishlari bajarilganda, ko'pincha, quyidagi formulalardan foydalaniladi.

Havo uchun

$$\nu_t = (0,132 + 0,000918 t + 0,00000066 t^2) 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \quad (1.15)$$

Suv uchun

$$\nu_t = \frac{0,0177}{1 + 0,0337 t + 0,000221 t^2} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \quad (1.16)$$

Gidroyuritmalarda qo'llanuvchi turli mineral moylar uchun temperatura 30°C dan 150°C gacha (${}^\circ\text{E}$ 10 gacha) bo'lganda

$$\nu_t = \nu_{50} \left(\frac{50}{t} \right)^n \quad (1.17)$$

Bu yerda ν_t, ν_{50} – tegishli temperaturada va 50°C da kinematik qovushoqlik koeffitsiyenti; t - temperatura, ${}^\circ\text{C}$ da; n - daraja ko'rsatkichi; uning miqdori quyidagi jadvalda ${}^\circ\text{E}_{50}$ ning turli miqdorlari uchun keltirilgan:

1.3- j a d v a l

${}^\circ\text{E}_{50}$	1,2	1,5	1,8	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Π	1,39	1,59	1,72	1,79	1,99	2,13	2,24	2,32	2,42	2,49	2,52	2,56

Turli suyuqliklarning qovushoqligi boshlang'ich qovushoqlik va temperaturasiga qarab turlicha o'zgaradi. Ko'pchilik suyuqliklarning qovushoqligi bosim ko'tarilishi bilan ortadi. Mineral moylarning qovushoqligi bosimning 0-50 MN/m² chegarasida taxminan chiziqli o'zgaradi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$v_p = v_0(1 + k_p p), \quad (1.18)$$

bu yerda v_p va v_0 – tegishli bosimda va atmosfera bosimida kinematik qovushoqlik koeffitsiyenti, p – qovushoqlik o'lchangan bosim, MN/m²; k_p – eksperimental koeffitsiyent, uning miqdori gidroyuritmalarni hisoblashda yuqorida aytilgan chegarada 0,03 ga teng deb qabul qilinadi.

1.5. Sirt tarangligi (kapillyarlik)

Suyuqlik sirtidagi molekullarning o'zaro tortishish kuchi ma'lum bir kuchlanish holatini vujudga keltiradi. Bu hodisa *sirt tarangligi* deb ataladi va kapillyar idishlarda egri mensk vujudga keltiradi. Sirt egriligi botiq, yoki qavariq shaklda bo'ladi, bu shakl esa idish devori bilan suyuqlik molekullari orasidagi o'zaro ta'sir kuchiga bog'liq.

Sirt taranglik kuchi Laplas formulasi bilan ifodalanadi:

$$P = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right), \quad (1.19)$$

bu yerda σ – sirt taranglik koeffitsiyenti; r_1, r_2 – bosh egrilik radiuslari.

O'xshash kapillyar idishlar uchun:

$$P = \frac{2\sigma}{r} \quad (1.20)$$

Suyuqliklar sirtining (ko'tarilish va pasayish) balandligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$h = \frac{k}{d}, \text{ mm} \quad (1.21)$$

bu yerda d - idish diametri; k – o'zgarimas kattalik bo'lib, suv uchun +30, spirt uchun +10, simob uchun -10.

1.4- j a d v a l.

Ba'zi suyuqliklari uchun sirt taranglik koeffitsiyenti

Suyuqliklarning nomi	$\sigma, \frac{N}{m}$
Suv	0,073

Spirt	0,0225,
Benzin	0,029
Glitserin	0,065
Simob	0,490

Sirt taranglik kuchi aniq o'ldirish asboblarining kapillyar naychalarini, filtratsiyani hisoblash masalalarida va boshqa gidravlik hisoblashlarda kerak bo'ladi. Ko'pchilik gidravlik masalalarda esa uning qiymati juda kichik bo'lgani uchun hisobga olinmaydi.

1.6. Suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi

Suyuqlikning berilgan temperaturada erkin bug'lanishi va uning bug'lari yopiq idishdagi bo'shliqni to'yinish holatigacha to'ldirish uchun kerak bo'lgan bosim suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi deb ataladi.

Shunga asosan suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi bug'ning yopiq idish ichida suyuqlik bilan muvozanatlashgan holatiga tegishli barqarorlashgan bosimdir. Bu bosim suyuqliklardan yuqori temperaturada foydalanish mumkinligini va ularning turli gidravlik qurilmalar, gidrosistemalardagi kavitatsiya xossasini aniqlash uchun foydalaniladi. Suyuqliklarning bug'lanishi sirt bo'yicha ham, uning butun hajmi bo'yicha bug' pufakchalari hosil bo'lishi (qaynashi) yo'li bilan ham yuz berishi mumkin. Bunda ikkinchi hol, xohlagan temperaturada yuz beradigan sirt bo'yicha bug'lanishdan farqli ravishda, faqat ma'lum temperaturada, ya'ni to'yingan bug' bosimi suyuqlik sirtidagi bosimga teng bo'ladigan temperaturada yuz beradi. Bosim ortishi bilan qaynash temperaturasi ortadi, kamayishi bilan esa kamayadi.

Bir jinsli suyuqliklarda to'yingan bug' bosimi har bir temperatura uchun bir xil miqdorga ega bo'ladi, suyuqlik va bug'ning miqdoriy nisbatiga bog'liq bo'lmaydi.

Suyuqlik aralashmalarida esa suyuqlik tarkibidagi turli molekulalarning o'zaro ta'siri bug'lanishni qiyinlashtiradi. Bu holda aralashma bug'larida yengil bug'lanuvchi suyuqlik bug'larining nisbati, uning ayrim holatidagi bug'lariga qaraganda ko'proq bo'ladi. Bu holda umumiy bug' bosimi partsial bug' bosimlar yig'indisiga teng.

Shunday qilib, aralashmalar bug'langanda suyuq fazada yengil komponent kamayib boradi, ya'ni yengil komponent suyuq fazadagiga nisbatan bug' fazada ko'proq nisbatda bo'ladi.

1.7. Gazlarning suyuqlikda erishi. Kavitatsiya hodisasi haqida tushuncha

Tabiatda va texnikada suyuqlik unda havoning tarkibidagi gazlar oz miqdorda erigan holda uchraydi. Bosim ortishi yoki temperatura kamayishi bilan erigan gazlar miqdori ortadi va aksincha, bosim kamayganda yoki temperatura ortganda ularning miqdori kamayadi. Shuning uchun bosim kamayishi yoki temperatura ortishi bilan suyuqlikdagi erigan gazlarning bir qismi ajralib chiqib, pufakchalar hosil qiladi, ya'ni yuqorida aytilganga ko'ra bosim kamayganda suv ham bug'lanadi lekin yengil komponent sifatida erigan gazlar tezroq ajralib chiqib, pufakchalar hosil qiladi. Boshqacha aytganda - bu holat suyuqlikdagi bosimning undagi gazning to'yingan bug'lari bosimiga teng bo'lganida vujudga keladi. Gaz pufakchalari paydo bo'lishi bilan suyuqlikning tutashligi buziladi va tutash muhitlarga taalluqli qonunlar o'z kuchini yo'qotadi. Bu hodisa *kavitatsiya* deyiladi. Pufakchalar suyuqlik ichida past temperaturali yoki yuqori bosimli sohalar tomonga qarab harakat qiladi. Agar u yetarli darajadagi bosimga ega bo'lgan sohaga kelib qolsa, yana erib ketadi (agar bug' bo'lsa, kondensatsiyalanadi). Erigan gaz o'rnida paydo bo'lgan bo'shliqqa suyuqlik zarrachalari intiladi va bo'shliq keskin yopiladi. Bu esa hozirgina bo'shliq bo'lgan yerda gidravlik zarbani vujudga keltiradi va natijada bu yerda bosim keskin ortib, temperatura keskin kamayadi.

Bunday gidravlik zarba va uni vujudga keltirgan kavitatsiya hodisasi quvur devorlari va mashinalarning suyuqlik harakat qiluvchi qismlarining buzilishiga olib keladi (kavitatsiyaga qarshi kurash usullari to'g'risida keyinchalik to'xtalamiz).

1.8. Ideal suyuqlik modeli

Suyuqliklarning harakati tekshirilganda, odatda, hamma kuchlarni hisobga olib bo'lmagani uchun, ularning suyuqlik muvozanati yoki harakati holatiga ta'siri katta bo'lganlarini saqlab qolib, ta'siri kichiklarini tashlab yuboramiz. Shu usul bilan suyuqliklar uchun ideal va real suyuqliklar modeli tuziladi. Hozirgi vaqtda suyuqlik harakatini ifodalovchi umumiy tenglamalar juda murakkab bo'lib, uni yechishni osonlashtirish uchun yuqorida aytilgandek soddalashtirishlar kiritiladi. Bunday soddalashtirishlar esa suyuqliklarning fizik xossalari chegara qo'yadi va bu suyuqliklar ideal suyuqliklar deyiladi. Ideal suyuqliklar absolyut siqilmaydigan,

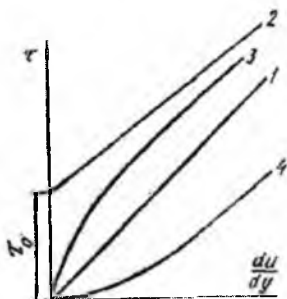
issiqlikdan hajmi o'zgaraydigan, cho'zuvchi va siljituvchi kuchlarga qarshilik ko'rsatmaydigan abstrakt tushunchadagi suyuqliklardir.

Real suyuqliklarda esa yuqorida aytilgan xossalar mavjud bo'lib, odatda siqilishi, issiqlikdan kengayishi va hajm o'zgarishi juda kichik miqdorga ega. Shuning uchun bu soddalashtirishlar hisoblashda unchalik ko'p xato bermaydi. Ideal suyuqliklarning real suyuqliklardan katta farq qilishiga olib keladigan asosiy sabab, bu – siljituvchi kuchga qarshilik ko'rsatish xossasi, ya'ni ichki ishqalanish kuchi bo'lib, uning bu xususiyatini qovushoqlik degan tushuncha orqali ifodalaniadi. Shunga asosan ideal suyuqliklarni noqovushoq (nevyazkiy), real suyuqliklarni esa qovushoq suyuqlik deyiladi.

1.9. Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar

Yuqorida aytilganidek, suyuqliklarga ta'sir qiluvchi qovushoqlik zo'riqish kuchi tezlik gradiyentiga bog'liq bo'lib, Nyuton qonuni (1.14) bo'yicha bu bog'lanish chiziqi bo'ladi. Shuning uchun agar abstsissa o'qiga $\frac{du}{dy}$ ni, ordinata o'qiga τ ni qo'yib grafik chizsak, u holda bu grafikni ifodalovchi 1.4-rasmdagi 1 - chiziq (1.12) formulani ifodalaydi. Bu grafik bilan ifodalanuvchi, ya'ni Nyuton qonuniga bo'ysunuvchi suyuqliklar Nyuton suyuqliklari deyiladi.

Hozir suyuqliklarning xossalarini chuqurroq o'rganish va texnikada ishlatiladigan suyuqliklar turining ko'payishi natijasida Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan ko'pgina suyuqliklar mavjud ekanligi aniqlandi. Bunday suyuqliklarda *qovushoqlik zo'riqish* kuchi τ umumiy holda tezlik gradiyenti $\frac{du}{dy}$ ning funktsiyasi sifatida qaraladi: $\tau = f\left(\frac{du}{dy}\right)$



1.3- rasm. Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklarga doir chizma.

Ular Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar deb ataladi. Bu suyuqliklar quyidagi guruhlariga ajratiladi.

1. Bingam suyuqliklari (plastik yopishqoq suyuqliklar). Bu suyuqliklar kichik zo'riqishlarda ozgina deformatsiyalanib, zo'riqish yo'qolsa, yana avvalgi holiga qaytadi. Zo'riqish kuchi τ biror τ_0 qiymatdan oshsa, harakat boshlanadi. Bingam suyuqliklari xuddi Nyuton suyuqliklari kabi harakatlanadi. Bu suyuqliklar uchun Nyuton qonuni o'rmda quyidagi qonun qo'llaniladi.

$$\tau = \tau_p + \eta \frac{du}{dy} \quad (1.22)$$

bu yerda η – struktura yopishqoqligi deb ataladi.

(1.22) formula bilan ifodalanuvchi qonun 1.3-rasmdagi 2-chiziqqa ega bo'ladi.

Quyuq suspenziyalar, pastalar, shlam va boshqalar plastik yopishqoq suyuqliklarga kiradi.

2. Soxta plastik suyuqliklar. Bular Nyuton suyuqliklari kabi zo'riqishning eng kichik qiymatlarida ham harakatga keladi. Lekin u tezlik gradiyenti ortishi bilan kamayib borib, sekin-asta o'zgaras qiymatga intiladi (1.3-rasmda, 3-chiziq).

Uning grafigi logarifmik masshtabda to'g'ri chiziqqa yaqin bo'lganligi uchun ko'rsatkichli funktsiya ko'rinishida ifodalanadi:

$$\tau = k \left(\frac{du}{dy} \right)^m \quad (1.23)$$

bu yerda k, m – tajribadan aniqlanuvchi o'zgaras miqdorlardir (o'zgaras m , odatda, 0 bilan 1 orasidagi qiymatlarini qabul qiladi). Bu suyuqliklarga siljituvchi zo'riqishning tezlik gradiyentiga nisbati μ_k o'xshash yopishqoqlik deb ataladi.

3. Dilatant suyuqliklar soxta plastik suyuqliklarga o'xshash bo'lib, ulardan tezlik gradiyenti ortganida μ_k o'sib borishi bilan farqlanadi (1.3-rasm, 4-chiziq), siljituvchi zo'riqish (1.23) formula bilan ifodalanadi. Dilatant suyuqliklarning soxta plastik suyuqliklardan farqi shundaki, ularda m doimo 1 dan katta bo'ladi. Dilatant suyuqliklar bingam va soxta plastik suyuqliklarga nisbatan kam uchraydi.

Bundan tashqari, τ va $\frac{du}{dy}$ o'rtasidagi bog'lanish vaqtga bog'liq bo'lgan suyuqliklar ham tabiatda uchraydi. Ularning yopishqoqlik koeffitsiyenti zo'riqishning qancha vaqt ta'sir qilganiga qarab o'zgarib boradi. Bunday suyuqliklarga ko'pgina

bo'yoqlar, sut mahsulotlarining ko'p turlari, turli smolalar misol bo'ladi. Ular tiksotrop suyuqliklar, reopektant suyuqliklar va maksvell suyuqliklari deb ataluvchi guruhlariga bo'linadi. Bu suyuqliklarning yana bir xususiyatlari shundan iboratki, ularning ba'zi turlari (maksvell suyuqliklari) qo'yilgan zo'riqish kuchi olinishi bilan avvalgi holatiga qisman qaytadi (ya'ni hozirgi zamon fanining tili bilan aytganda xotirlash xususiyatiga ega bo'ladi).

I bob bo'yicha nazorat savollari

1. Ichki ishqalanish kuchi deb qanday kuchga aytiladi?
2. Sirt taranglik kuchi qanday formula bilan ifodalanadi?
3. Ideal suyuqliklarning real suyuqliklardan katta farq qilishiga olib keluvchi sabab?
4. Suyuqliklardagi ishqalanish uchun Nyuton qonuni. Qovushoqlik.
5. Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar.
6. Suv nima ?