

Suyuqlikning elementar nayi va real suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi

Real suyuqlikning elementar nayi harakatini o‘rganishda, harakatga qarshilik ko‘rsatuvchi, qovushqoqlik bilan bog‘liq bo‘lgan ichki ishqalanish kuchining paydo bo‘lishini va uni yengishga sarf bo‘lgan energiya hisobiga oqimning kinetik energiyasi yoki tezlik dami tushishini e’tiborga olish kerak. Shuning uchun ham, elementar nayning umumiy energiyasi, suyuqlik oqimi bo‘ylab, uning kesimlarida kamayib boradi.

Faraz qilaylik, real suyuqlikning elementar nayini ikkita kesimiga mos keluvchi holatlar uchun Bernulli tenglamasi quyidagi ko‘rinishda bo‘lsin:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\vartheta_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\vartheta_2^2}{2g} + h_w, \quad (2.24)$$

bu yerda, h_w — tezlik damining isrofi.

Ideal suyuqlikning elementar nayini istalgan nuqtalariga mos keluvchi hamma kesimlaridagi tezliklari bir xil bo'lsa-da, real suyuqlik oqimining kesimlaridagi tezliklar taqsimoti esa, oqim harakati tartibiga bog'liq bo'lgan muayyan qonuniyatga bo'ysunadi. Shuning uchun oqimning tirik kesimlaridagi tezliklari bir xil bo'la olmaydi. Uning tezligi ichki ishqalanish va suyuqlik bilan kontaktlashuvchi ho'llangan devor ta'sirida kamayib boradi. Natijada harakatlanayotgan suyuqlik kinetik energiyasi kamayadi. O'rta tezlik qiymatidan foydalanib hisoblangan kinetik energiya qiymati haqiqiyga mos kelmaydi.

Shuning uchun (2.24) tenglamaga suyuqlik oqimidagi tezliklar taqsimotining notekisligini e'tiborga oluvchi tuzatma koeffitsiyent kiritish yo'li bilan real suyuqlik oqimi tenglamasi topiladi:

$$h_1 = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + h_w, \quad (2.25)$$

bu yerda, $\alpha_{1-2} = \vartheta^3 \Delta S / (u^3 S)$ — Koriolis koeffitsiyenti ($\alpha = 1,05 - 1,15$) bo‘lib, real suyuqlik oqimining turli kesimlarida uning tezliklari turlichaligini ifodalaydi.

Bu tuzatma koeffitsiyentni 1836-yilda fransuz olimi Koriolis kiritganligi sababli uning nomi bilan Koriolis yoki tezlik koeffitsiyenti deb yuritiladi. Bu koeffitsiyent suyuqlik oqimining tirik kesimidagi tezliklar taqsimotiga bog‘liq va suyuqlik harakatining turidan aniqlanadi. Suyuqlik oqimining tirik kesimidagi tezliklar bo‘yicha taqsimoti bir tekis bo‘lgandagina bu koeffitsiyent birdan katta bo‘ladi, ammo bunday holat amalda juda ham kam uchraydi, lekin u birga ham teng bo‘lishi mumkin. Tirik kesimdagi tezliklarning notekis taqsimoti qancha katta bo‘lsa, bu koeffitsiyenti shuncha katta bo‘ladi.

Suyuqlikning silindrik quvurdagi laminar oqimi uchun tajribada aniqlangan Koriolis koeffitsiyenti $d = 2$, turbulent oqimi uchun esa $\alpha = 1,04 - 1,1$ atrofida bo‘ladi.

Amaliy hisoblashlarda, suyuqlik nayining hammasi bir xil tezlik bilan harakatlanadi, deb qabul qilinadi va bu koeffitsiyentni birga tenglashtirib olinadi. Bu taxmin ayrim shartli holatlarni e'tiborga olmaganda, har qanday turbulent oqim uchun to'g'ri. Shunga ko'ra, yozuvda o'rta tezlik belgisi tushirib qoldirilsa-da, hamma joyda o'rta tezlik deb tushuniladi. Shu sababdan ham siqlmaydigan tomchi-suyuqlik uchun Bernulli tenglamasining yozilishi elementar naycha uchun yozilgan tenglama (2.24) bilan bir xil bo'ladi.

(2.24) tenglamadagi h_w suyuqlik harakati yo'lidagi turli xil mahalliy to'siqlarda hosil bo'ladigan qarshiliklarni yengishda damning tushishini ifodalaydi. Gidravlik qarshiliklar ikki xil bo'ladi:

1. Oqimni chegaralovchi devorga suyuqlik zarrachalarining ishqalanishi va uning tezliklarini oqim bo'yicha notekis taqsimoti va qo'shni qatlamlar orasidagi ishqalanish ta'sirida *suyuqlik damning tushishini chiziqli qarshilik* deyiladi va uni h_f bilan belgilanadi.

2. Suyuqlik harakati yo'lida uchraydigan turli xil to'siqlar (ventillar, surilma klapan va zadvijkalar, egrilangan suyuqlik yo'li, burum, uchlama klapan va sh.k.) ta'sirida oqimning tezligi uning qiymati va yo'nalishi o'zgarishi hisobiga damning pasayishini *mahalliy isrof* deyiladi va uni h_m deb belgilanadi.

Demak, oqimning ikkita kesimlari oralig'ida damning isrof bo'lishiga ikki turdag'i yo'qotishlar (h_l va h_m) sabab bo'lar ekan.

Chiziqli qarshilik va mahalliy isroflarni hisobga olib, suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$h_l + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\vartheta_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\vartheta_2^2}{2g} + h_\ell + h_m. \quad (2.26)$$

Real suyuqlik oqimi harakatidagi dam isrofini aniqlash ancha murakkab masala va ko‘p sonli izlanishlarni talab etadi.

Suyuqlik oqimidagi bosimni **pyezometr** asbobi bilan o‘lchanadi. Pyezometr yupqa devorli ingichka nay bo‘lib, unda suyuqlik $p/\rho g$ balandlikka ko‘tariladi. Suyuqlik oqimining to‘la energiyasini o‘lchashda Pitoning gidrodinamik nayi qo‘llaniladi. Pito nayi bir uchi 90° burchakka bukilgan ingichka nay bo‘lib, uning bukilgan ochiq uchi oqim yo‘nalishiga qarshi qilib, uzun tomonini esa tik o‘rnataladi (2.5-rasmga qarang).

Qiya o‘rnatilgan suyuqlik nayining I—I kesimi (ingichka joyi)dagi oqim tezligi katta bo‘lgani uchun pyezometr kamroq, aksincha, gidrodinamik (Pito) nayi ko‘proq bosimni ko‘rsatadi. II—II kesimda esa pyezometr I—I kesimga nisbatan kattaroq. Pito nayi, o‘z navbatida, avvalgisiga nisbatan kamroq bosimni

ko‘rsatadi. Bunga asosiy sabab, suyuqlik oqimining kesimi kichik bo‘lganida oqim tezligi ortishi hisobiga gidrostatik bosim kamayadi va aksincha.

Suyuqlikning real energiyasi oqim kesimi bo‘ylab kamayib borishiga asosiy sabab bosim isrofi hisobiga, kinetik va potensial energiyalari kamayishini tasavvur qilish Bernulli tenglamasining grafigini tushunishga yordam beradi (2.5-rasmga qarang). Boshlang‘ich energiya chizig‘i bilan energiya chizig‘i orasida yo‘qotilgan energiyalar kesmalarini hosil bo‘ladi.

Уравнение Бернулли

$$p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = const \quad | \cdot V$$

Уравнение трёх энергий

$$pV + mgh + \frac{mv^2}{2} = const$$



энергия
давления



потенциальная
энергия столба
жидкости

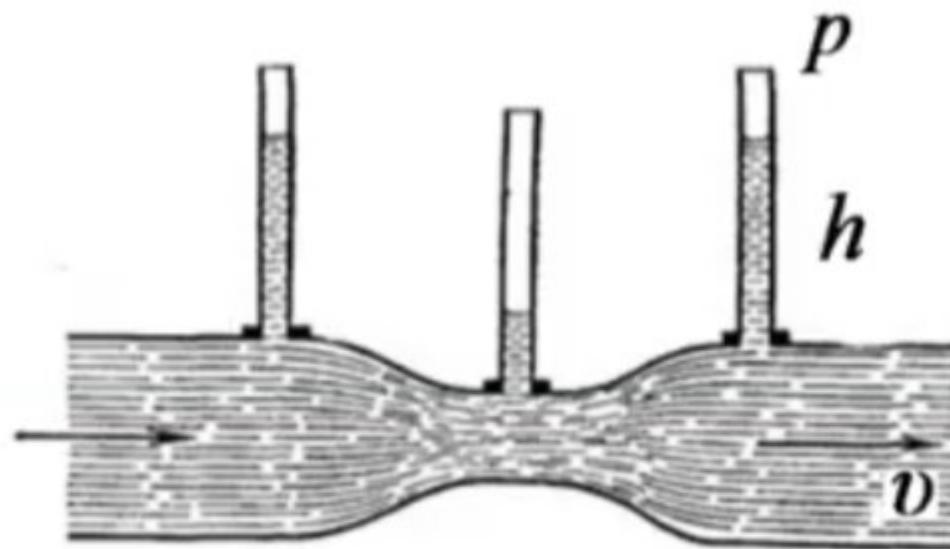


кинетическая
энергия

Bernulli va suyuqlik sarfi tenglamalaridan ko‘rinadiki, oqimning ko‘ndalang kesimi yuzasi kamaysa, suyuqlik oqimi tezligi va kinetik energiyasi ortadi, uning bosimi va potensial energiyasi esa kamayadi. Aksincha, oqimning kesim yuzasi ortsa, uning tezligi va kinetik energiyasi kamayadi, bosimi va potensial energiyasi ortadi.

Demak, Bernulli tenglamasi ideal suyuqlik nayi uchun mexanik energiyaning saqlanish qonunini ifodalasa, real suyuqlik oqimi uchun esa oqimdagি turli xil isroflarni hisobga oluvchi energiyaning balans tenglamasi ekan.

Уравнение Бернулли



$$p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}$$

Nazorat savollari

1. Gidrodinamika nimani o‘rganadi? Suyuqlikning laminar va turbulent tartibli oqishiga nimalar sabab bo‘ladi?
2. Suyuqlikning barqaror va nobarqaror harakati deb nimaga aytiladi?
3. Suyuqlikning tekis va notekis harakati deganda nimani tushunasiz?
4. Suyuqlikning quvurdagi damli va damsiz harakati nima?
5. Sarf turlarini ayting va ularning formulalarini yozing.
6. Ideal va real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamalarini yozing va ularning ma’nosini tushuntiring.
7. Laminar va turbulent tartibli harakatlanayotgan suyuqlik oqimi zarralarining tezliklar bo‘yicha taqsimotini ayting.
8. Gidrodinamik, pyezometrik, geometrik dam va tezlikni tushuntiring hamda formulalarini yozing.
9. Suyuqlikning elementar naychasi nima va undagi suyuqlik harakatining turi?
10. Dam isrofi nima va uning formulasini yozing.
11. Gidrodinamik nay nima? Koriolis koeffitsiyenti nima?
12. Mahalliy gidravlik qarshiliklar deb nimaga aytiladi?

Laminar oqimning maxsus turlari (o‘zgaruvchan qovushqoqlik, obliteratsiya)

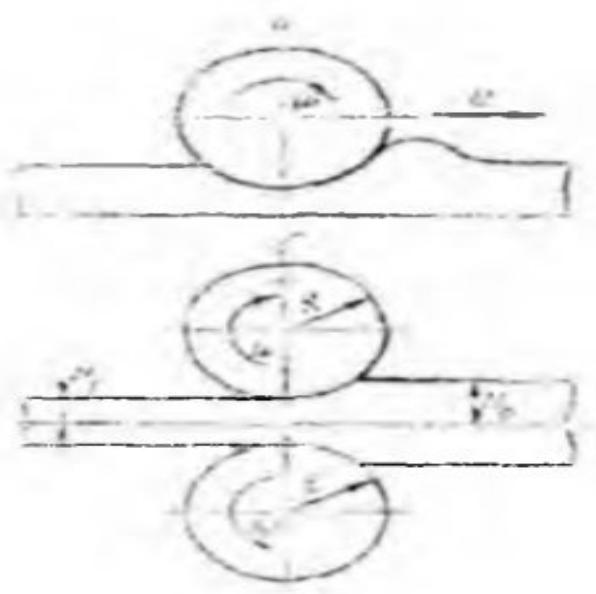
Mashinalar gidravlikasini yaratish rus olimlari A.A.Sablukov, V.A.Pusheshnikov, V.G. Shuxov va boshqalarning nomlari bilan bog‘langan.

Gidrodinamikada mashinalarni moylash (boshqacha aytganda suyuqliklar yordamida qarshilikni kamaytirish) ustida ko‘p olimlar ishlagan. Bu ishlarning asoschisi mashhur rus olimi N.P. Petrovdir. U o‘z ishlarida moylash masalalarini hal etishda Nyuton gipotezasini qo‘llash mumkin ekanligiga katta ahamiyat bergen edi. Petrov bu ishlarda sharchalarning podshipniklar o‘rtasidagi harakatini bir o‘qli silindrlar orasidagi laminar harakat masalasi sifatida ko‘rish mumkin ekanligini ko‘rsatdi. N.P. Petrov o‘tkazgan juda ko‘p tajribalar uning nazariyasini tasdiqlabgina qolmay, o‘sha davrida mineral moylar harakatiga doir ko‘pgina masalalarning hal etilishiga yordam beradi.

N.P. Petrov o‘z nazariyasini yaratishda va tajribalarida podshipnik halqalari tez aylangani sari suyuqlik ularga oz-ozdan ta’sir qilib borishini ko‘rsatdi. Bu ta’sir natijasida podshipnik ichki va tashqi halqalarning o‘qi podshipnik o‘qidan og‘adi, lekin bu og‘ish juda ham kam. Bu aytilganlarga asosan u moylovchi qavat uchun harakat tenglamasining soddalashtirilgan ko‘rinishini keltirib chiqardi. Podshipnik halqalarining sezilarsiz darajada ekstsentrifik joylashuvi qo‘srimcha kuchlarni vujudga keltiradi va u valdagagi zo‘riqishlarni muvozanatlaydi. N.P. Petrov bu masalani ikki egri sirt orasidagi suyuqlik harakati sifatida ko‘radi. Bu nazariyani davom ettirib N.E. Jukovskiy va S.A.Shapliginlar ship va podshipnikning ekstsentrifik joylashgan holati nazariyasini yaratdilar.

Yuqorida keltirilgan ikki tekis sirtlar orasidagi tirkishda suyuqliklar harakatini N.P. Petrov yechgan masalaning juda soddalashtirilgan ko‘rinishi deb qarash mumkin, lekin bu soddalashtirish shunchalik kuchliki, olingan natijalar podshnipnikdagi moyning harakatini ifodalab bera olmaydi.

N.P. Petrov nazariyasi boshqa bir qancha masalarni yechishga yordam beradi. Bularga qovushoq suyuqlikning yupqa qavati bilan qoplangan sirt ustida silindirning dumalashi (5.6-rasm) masalasi kiradi. Bu masalaning yechilish usuli qizdirilgan metallni prokatlash ishlarida ham qo‘llaniladi. Bu holda tajribalar shuni ko‘rsatadiki, qizdirib prokatlanayotgan metall juda qovushoq suyuqlikka o‘xhash xossaga ega bo‘ladi. Bu hodisani birinchi bo‘lib I.V. Meshsherskiy tekshiradi. Uning yechimlari S.M. Targning monografiyasida keltirilgan.



5.6 -rasm. N.P. Petrov nazariyasini izohlashga oid rasm.

Avvalgi paragrafda keltirilgan tekis va silindrik sirtlar orasidagi tirkishda harakat qilayotgan suyuqlik harakati masalalari plunjerning silindr ichidagi harakatiga yana ham yaqinroq bo'lish uchun bu sirtlarning birini biror V tezlik bilan harakatlanayotgan deb qarash kerak bo'ladi. Bu masalalarning yuqorida keltirilgan yechimlarida yana bir narsa hisobga olinmagan. Pulunjer silindr ichida harakat qilgan vaqtida ishqalanish kuchining ta'sirida qizib ketishi mumkin. Natijada ikki silindr orasidagi tirkishda oqayotgan suyuqlik ham qiziydi. Bunday hodisa sharikli podshipniklarda ham bo'ladi. Moylovchi suyuqlik qizishi bilan uning qovushqoqlik koeffitsiyenti o'zgaradi. Biz qovushqoqlik koeffitsiyentining temperaturaga bog'liqligini kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentiga

bag‘ishlangan paragrafda ko‘rgan edik va temperatura ortishi bilan qovushqoqlikning kamayishi haqida to‘xtalib o‘tgan edik. Qovushqoqlikning temperaturaga bog‘liqligi haqidagi masalalar akademik L.S. Leybenzon va akademik M.A. Mixeyevlar tomonidan yechilgan bo‘lib, tirkishlarda suyuqlikning harakati qovushqoqlik koeffitsiyentining o‘zgaruvchanligiga bog‘liqligi hisobga olib ko‘rilgan.

Qovushqoqlikning temperaturaga bog‘liqligi suyuqlik tashqi muhit bilan issiqlik almashganda ishqalanish qarshiligining o‘zgarishiga olib keladi. Agar tashqi muhit suyuqlikka qaraganda sovuqroq bo‘lsa, uning tashqi muhitga issiqlik berishi natijasida suyuqlikning quvur devoriga yaqinroq qavatlarida qovushqoqlik ortadi. Natijada bu qavatlardagi harakatning sekinlanishi tezkor bo‘ladi, bu esa tezlik gradiyentining kamayishiga olib keladi.

Laminar harakat issiqlik berish (sovutish) bilan amalga oshirilsa, temperatura o'zgarmagan holga qaraganda qarshilik ortadi, issiqlik kelishi (qizdirish) bilan amalga oshsa, qarshilik kamayadi. Bu yuqorida aytilganidek, quvur devori atrofida qovushqoqlik o'rtacha qovishqoqlikka qaraganda kam bo'lishi natijasida yuz beradi. Bu holda ishqalanish qarshiligi koeffitsiyenti uchun, amaliy hisoblashlarda, taqrifiy formulalardan foydalaniladi:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \sqrt{\frac{v_g}{v_e}},$$

bu yerda Re – o'rtacha qovushqoqlik uchun hisoblangan Reynolds soni v_g – quvur devori yonidagi suyuqlikning qovushqoqligi, v_e – suyuqlikning o'rtacha qovushqoqligi. Aniqroq hisoblashlar uchun akad. M.A. Mixeyevning kichik Reynolds sonlari bilan hisoblashga chiqargan formulasidan foydalanish mumkin.

Ikki sirt orasidagi tor tirkishda suyuqlik harakat qilayotgan vaqtida qattiq jism va suyuqlik chegarasida molekulalararo o'zaro ta'sir kuchi natijasida, qutblangan suyuqlik molekulalarning adsorbsiyalanish hodisasi vujudga keladi. Natijada devorlar sirtida, siljituvchi kuchga qarshi ma'lum qattqlik va mustahkamlik xususiyatiga ega bo'lgan, harakatsiz suyuqlik qavati hosil bo'ladi. Bu esa tirkish harakat kesimining kichrayishiga sabab bo'ladi. Tirkishning bunday kichrayish hodisasi obliteratsiya deyiladi.

Obliteratsiya qavati cheklangan bo'lib, tirkish devoridan uzoqlashgan sari uning mustahkamligi kamayib boradi, molekulalar orasidagi bog'lanish susayib, suyuqlik zarrachalari qavat sirtidan ajraladi va harakatga keladi.

Obliteratsiya intensivligi suyuqlikning turiga, tirkishdagi bosimning kamayib borishiga va boshqa sabablarga bog'liq. Bosim kamayishi ortsa, bu hodisa kuchayadi. Molekular tarkibi murakkab bo'lgan moylarda obliteratsiya hodisasi kuchliroq bo'ladi. Bunday moylarga gidrouzatmalarda ishlatiladigan neft moylari kiradi. Obliteratsiya

qavati juda yupqa (odatda, bir necha mikrondan oshmaydi) bo‘lishiga qaramay, juda tor (kapillyar) tirqishlarida uning ko‘ndalang kesimining anchagina qismini egallab oladi. Natijada tirqishning qarshiligi ortadi va tirqishdagi suyuqlikning sarfi kamayadi.

Bu hodisa suyuqlikning ifloslanganligiga ham bog‘liq bo‘lib, uni ifloslovchi modda zarrachalari tirqish o‘lchamlariga yaqin bo‘lsa, obliteratsiya tezroq bo‘ladi. Lekin suyuqlikning ifloslanganligi obliteratsiya hodisasida asosiy faktor bo‘la olmaydi. Masalan, juda yaxshi tozalangan distillangan suv va benzinda obliteratsiya bo‘lmaydi, ammo juda yaxshi tozalangan AMG-10 moyi 10 mikronli tirqishdan qisqa vaqt oqishi bilan tirqish butunlay bekilib qoladi.

Odatda, juda kichik tirqishlarda (o‘lchami 6-8 mk) obliteratsiya hodisasi tirqishni butunlay berkitib qo‘yishi mumkin.



Quvurlarda naporning (bosimning) kamayishi (yoqolishi)

Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasida keltirilgan naporning yoqolishini (bosimning pasayishi) h_{1-2} ni hisoblash quvurlar va quvurlar sistemasini hisoblashda asosiy masala hisoblandi.

Naporing yoqolishini (Bosimning pasayishi) (h_{1-2}) ni hisoblashning muhimligi shundaki, bu ish suyuqlik quvurlarda harakatlanganida quvurdagi qarshiliklarni yengish uchun sarf bo‘lgan energiyani hisoblashga va shu hisobga asosan loyihalanayotgan quvur (yoki quvurlar sistemasida) suyuqliknı uzatish uchun qancha energiya kerak ekanligini aniqlashga imkon beradi. Quvurlarda bosimning kamayishi ishqalanish qarshiligi va mahalliy qarshilikka bog‘liq.

Ishqalanish qarshiligi real suyuqliklar ichki qarshiligiga bog‘liq bo‘lib, quvurlarning hamma uzunligi bo‘yicha ta’sir qiladi. Uning miqdoriga suyuqlik oqimining tartibi (laminarlik, turbulentlik, turbulentlik darajasi) ta’sir qiladi. Yuqorida aytilgandek, turbulent tartib vaqtida odatdagи qovushqoqlikka qo‘srimcha ravishda, turbulent qovishqoqlikka bog‘liq bo‘lgan va suyuqlik harakati uchun qo‘srimcha energiya talab qiladigan kuch paydo bo‘ladi.

Mahalliy qarshilik tezlikning suyuqlik harakat qilayotgan quvurning shakli o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lgan har qanday o‘zgarishi vaqtida paydo bo‘ladi. Bularga bir quvurdan (yoki idishdan) ikkinchi quvurga o‘tish joyi, quvurlarning kengayishi yoki birdan kengayib birdan torayishi, tirsaklar, oqim yo‘nalishini o‘zgartiruvchi qurilmalar

(kran, ventil, va h.k.) kiradi. Shunday qilib yo‘qolgan bosim (3.57) formula bo‘yicha ikki yig‘indidan tashkil topgan bo‘ladi:

$$H_n = H_l + H_M \quad (6.18)$$

bu yerda H_l - ishqalanish qarshiligi yoki uzunlik bo‘yicha yo‘qotish, H_M - mahalliy qarshilik. Laminar tartib vaqtida ishqalanish qarshiligi yuqorida keltirilgan (5.9) va (5.12) formulalardagi kabi nazariy usul bilan aniqlanishi mumkin:

$$H_e = \frac{32\mu l}{D^2} g = \lambda \frac{l}{D} \frac{g^2}{2g}$$

Bu ifodadagi $\lambda = \frac{64}{Re}$ ni ishqalanish qarshiligi koeffitsiyenti deb atagan edik. Ko‘pincha uni soddarоq qilib gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti deyiladi. Silindrik quvurlarda bu formula Reynolds soni 2320 dan kichik bo‘lgan laminar harakatlar uchun tajribada olingan natijalarda juda yaqin keladi. Turbulent harakat uchun ishqalanish qarshiligi tajriba yo‘li bilan aniqlanadi. Uni nazariy aniqlab bo‘lmaydi.



Darsi formulasi va gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti (Darsi koeffitsiyenti)

Turbulent harakat ustida olib borilgan tajribalar ishqalanish qarshiligining solishtirma energiyaga proportional ekanligini ko'rsatadi, ya'ni

$$H_t = \zeta \frac{g^2}{2g} \quad (6.19)$$

Bu formuladagi proportionallik koeffitsiyenti bir qancha miqdorlarga bog'liq bo'lib, uni tekshirish uchun quyidagi xulosadan foydalanamiz.

Juda ko'p tajribalar yuqorida keltirilgan $\frac{\tau_0}{\rho}$ miqdorning tezlik bosimi yoki solishtirma kinetik energiya orqali quyidagicha ifodalanishini ko'rsatadi;

$$\frac{\tau_0}{\rho} = \frac{\lambda}{4} \frac{g^2}{2g},$$

u tenglikni (6.17) munosabat bilan taqqoslab ko'rsak:

$$Rl = \frac{\lambda}{4} \frac{g^2}{2g}.$$

ekanligiga ishonch hosil qilamiz. Bu yerda $\lambda = \frac{l}{l}$ ekanligini hisobga olib, tekis barqaror harakat uchun uzunlik bo'yicha ishqalanishga yo'qotish yoki bosimning pasayishi uchun formula olamiz

$$H_e = \lambda \frac{l}{4R} \frac{g^2}{2g} \quad (6.20)$$

bu yerda l -quvurning uzunligi; R - gidravlik radius. Silindrik quvurlar uchun $D = 4R$ ekanligini hisobga olsak, oxirgi formula quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$H_e = \lambda \frac{l}{D} \frac{g^2}{2g} \quad (6.21)$$

(6.21) formula *Darsi - Veysbax formulasi* yoki qisqacha Darsi formulasi deyiladi. Bu formulaga kiruvchi koeffitsiyent λ gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti yoki Darsi koeffisienti deyiladi.

Bundan ko'rindaniki, (6.19) dagi koeffisient Darsi koeffitsiyentiga bog'liq bo'lib, ya'ni

$$\zeta = \frac{l}{D} \lambda,$$

u quvurning uzunligiga to'g'ri proportional, diametriga teskari proportional ekan. Suyuqlikning quvurdagi laminar harakati uchun yuqorida nazariy formula (5.11) olingan edi. Turbulent harakat vaqtida esa bunday munosabatni nazariy usul bilan chiqarib bo'lmagani uchun, uni emperik yoki yarim emperik usullarda aniqlanadi.

Hozirgi zamon gidravlikasida Darsi koeffitsiyenti λ umumiy Holda Reynolds soniga va quvur devorlarining g'adir-budirligiga bog'liq deb hisoblanadi. λ ni Hisoblash uchun juda ko'p empirik formulalar mavjud bo'lib, ular ichida eng mashhurlari quyidagilar.

Blazius formulasi 1913 yili juda ko'p mualliflarning tajribalarini analiz qilish natijasida olingan.

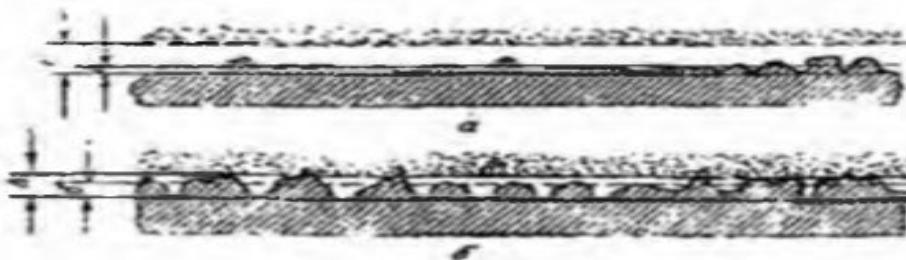
$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad (6.23)$$

Bu formula Reynolds soni $Re < 10^5$ bo'lganda tajribalarga yaxshi mos keladi. Reynolds sonning kattaroq diapazonlari (Re ning $3 \cdot 10^6$ gacha miqdorlari) uchun P.K.Konakov formulasidan foydalanish mumkin.



Quvur devorining g‘adir-budirligi. Absolyut va nisbiy g‘adir-budirlik

Quvurlar, kanallar va novlarning devorlari ma’lum darajada g‘adir-budirlikka ega bo‘ladi. Bu g‘adir-budirlik quvurlarning qanday materialdan qilingani va qay darajada silliqlanganiga qarab ularning devor sirtidagi turlicha kattalikdagi yoki juda ham kichik pastlik-do‘ngliklar bilan xarakterlanadi. G‘adir-budirlikni xarakterlash uchun quvur sirtidagi do‘ngliklarning o‘rtacha balandligi qabul qilinib, u absolyut g‘adir-budirlik deyiladi va Δ bilan belgilanadi (6.5-rasm). Agar absalyut g‘adir-budirlik laminar chegaraviy qavatning qalinligi σ dan kichik bo‘lsa, bu quvur gidravlik silliq quvur deyiladi. (6.5-rasm, a).



6.5 rasm. Gidravlik silliq va g‘adir-budir quvurlarni tushintirishga doir chizma.

Bordiyu, Δ laminar qavat qalinligi δ dan katta bo‘lsa, bu quvurlar gidravlik g‘adir-budir quvurlar deyiladi (6.5-rasm, b).

Birinchi holda ($\Delta > \delta$) quvur sirtidagi do‘ngliklar laminar qavat ichida qoladi va gidravlik qarshilikka sezilarli ta’sir qilmaydi. Ikkinchi holda ($\Delta < \delta$) esa do‘ngliklar laminar qavatdan chiqib qoladi va quvur devori atrofidagi oqim xususiyatiga ta’sir qilib, gidravlik qarshilikni oshiradi.

5-jadval.

Quvurlar uchun absolyut g‘adir-budirlik qiymatlari.

Quvurlar	Δ , mm
Yangi metall va sopol quvurlar tekis joylangan va tutashtirilgan holda	0,01-0,15
Yaxshi holatda ishlab turgan vodoprovod quvurlari va juda yaxshi holatdagi beton quvurlar	0,2-0,3
Ozroq ifloslangan vodoprovod quvurlari yaxshi holatdagi beton quvurlar	0,3-0,5
Ifloslangan va ozroq zanglagan vodoprovod quvurlar	0,5-2,0
Yangi cho‘yan quvurlar	0,3-0,5
Ko‘p foydalanylган cho‘yan quvurlar	1,0-3,0

Quvurlarning g‘adir-budirligini aniqlash ancha murakkab ish bo‘lib, uni hisoblash gidravlik qarshilikni hisoblashni qiyinlashtiradi. Shuning uchun hisoblash ishlarini osonlashtirish maqsadida ekvivalent g‘adir-budirlik Δ_e degan tushunchani kiritiladi. U quvurlarni gidravlik sinash yo‘li bilan aniqlanib, gidravlik yo‘qotishni hisoblashda absalyut g‘adir-budirlik uchun qanday qiymat olinsa, ekvivalent g‘adir-budirlik uchun ham shunday qiymat olinadigan qilib tanlab olinadi.