

7- MA'RUZA

Mavzu: GIDRAVLIK QARSHILIKLAR

Reja

1. Napor yo`qolishi haqida umumiy tushunchalar.
2. Turbulent harakatlanayotgan oqimning kesim bo`lab taqsimlanishi.
3. Truba devorining gadir-budirliigi.
4. Nikuradze va Murin grafiklari.

1. Napor yo`qolishi haqida umumiy tushunchalar.

Bizga ma'lumki, suyuqlik oqimiga, uning harakati davomida har xil tashqi kuchlar ta'sir qiladi. Bu kuchlar bajargan ishlar hisobiga suyuqlikning mexanik energiyasi o`zgarishi mumkin. Masalan, suv oqimi gidravlik turbinaning parraklarini harakatga keltirib, shuning hisobiga suvning mexanik energiyasi kamayadi yoki bosim ostidagi quvur devorlarida ham vibratsiyaning paydo bo`lishi, suvning mexanik energiyasining kamayishiga olib keladi.

Biz, energiyaning yoki naporning bunday yo`qolishlariga e'tibor bermasdan, balki oqimning o`z harakati davomida ishqalanish kuchlarini engib o`tish uchun sarflagan energiyasini (yoki yo`qolgan naporini) o`rganish bilan shug`ullanamiz. Yuqoridagi mavzularda Bernulli tenglamasini o`rganish jarayonida biz energiya (napor) yo`qolishining mana shu shaklini nazarda tutganmiz. Gidrodinamikaning asosiy masalalaridan biri ham xuddi mana shu -harakatlanayotgan suyuqlikning dami yoki bosim yo`qolishini aniqlashdir. Chunki yo`qotilgan damni bilmay turib energiya sarfini hisoblash mumkin emas. Quvurlardagi dam asosan ichki ishqalanishni va mahalliy qarshiliklarni yengishga sarf bo`ladi. Sunga qarab, napor yo`qolishi ikki xil bo`lishi mumkin:

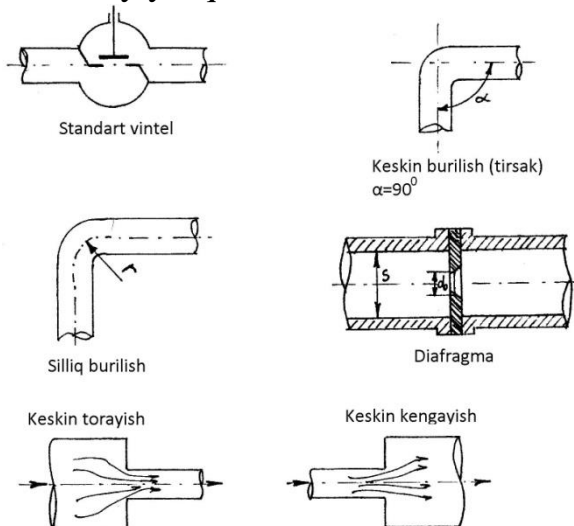
Uzunlik bo`yicha napor yo`qolishi. Bu yo`qolish oqimning tekis harakatida uzunlik bo`ylab bir xil taqsimlansa, uning notekis harakatida uzunlik bo`ylab har xil miqdorda taqsimlanishi mumkin. Naporning uzunlik bo`ylab yo`qolishini h_l harfi bilan belgilaymiz. Ichki ishqalanish kuchi quvurning uzunligi bo`ylab mavjud bo`ladi va uning kattaligi suyuqlikning oqim rejimiga bog`liqdir. Undan tashqari quvurlardagi harakatlanayotgan suyuqlik mahalliy qarshiliklarga duch keladi va uning oqim tezligi va yo`nalishi o`zgaradi. Bu ham energiya yo`qotishiga olib keladi.

Quvurlarning uzunligi bo`ylab ichki ishqalanishga sarflangan napor *Darsi-Veysbax* tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$h_l = \lambda \frac{l}{d_e} \cdot \frac{u^2}{2g}, \text{ m}$$

bu yerda: λ - gidravlik ishqalanish koeffisienti;
 l - quvurning uzunligi, m;
 d_e - quvurning ekvivalent diametri, m;
 u - quvurdagi oqim tezligi, m/s.

Mahalliy napor yo`qolishlari. Bunday ko`rinishdagi yo`qolishlar – suyuqlik harakatlanayotgan o`zanning ayrim qismlarida oqimning keskin turli xildagi deformasiyaga uchrashi natijasida ro`y beradi. Masalan, burilish, kengayish, turli boshqaruv qurilmalari (jo`mraklar, klapan, zadviyka tirsaklar, va x.k.) o`rnatilgan joylarda oqimning shu to`siqlarni engish uchun sarflagan naporlari. (7.1-rasm). Mahalliy yo`qolishlar h_m harfi bilan belgilanadi.



7.1-rasm. Mahalliy qarshiliklar turlari.

Mahalliy qarshiliklarni yengish uchun sarflangan napor quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

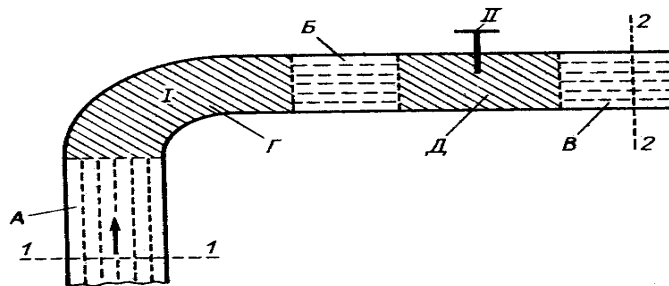
$$h_m = \sum \xi \cdot \frac{u^2}{2g}$$

bu yerda: ξ - mahalliy qarshilik koeffisienti.

7.2-rasmda quvur ifodalangan bo`lib, bunda xususiy bo`g`inlar mavjud. I - burilish, II - qisman ochiq zadviyka (surilgich).

7.2-rasm. Ishqalanish kuchlanishi τ taqsimlangan sohalar:

a) A, B, B, - tekis taqsimlanish bo`lib, bu sohalarda oqim harakatida naporning uzunlik bo`yicha yo`qolishi mavjud;
 b) notekis taqsimlanish. Γ va Δ sohalarda oqim naporining notekis yo`qolishi mavjud



1-1 va 2-2 kesimlar orasida uzunlik bo`yicha yo`qolishdan tashqari mahalliy yo`qolishlar ham mavjuddir. Γ va Δ uchastkalarda oqim mahalliy deformasiyasi yuz berib, unda suyuqlikning tez o`zgaruvchan beqaror harakati amalga oshadi.

Shuni ta'kidlash kerakki, oqimning uzunlik bo`ylab yo`qolishi mavjud bo`lgan sohalarda τ kuchlanish oqim bo`ylab tekis taqsimlansa, mahalliy yo`qolishlar mavjud bo`lgan sohalarda bu taqsimlanish notekis bo`ladi.

Ko`pgina hollarda, Γ va Δ sohalardagi oqim uzunligi uning umumiy uzunligidan ancha kichik bo`lganligi sababli, amaliy hisoblarda mahalliy napor yo`qolishini hisobga olmasdan, uzunlik bo`yicha yo`qolishni oqimning uzunligi bo`yicha yo`qolishi sifatida qabul qilinadi. Umumiy holda, ikki qaralayotgan kesim oralig`idagi oqim naporining yo`qolishi quyidagi ko`rinishda yoziladi:

$$\sum h = h_l + \sum h_m$$

Ichki ishqalanish va mahalliy qarshilikni yengish uchun sarflangan umumiy napor, demak, quyidagicha aniqlanadi:

$$\sum h = \left(\lambda \frac{l}{d_s} + \sum \xi \right) \frac{u^2}{2g}$$

bu yerda: λ - o'lchamsiz kattalik bo'lib, uning miqdori harakat rejimiga, quvurni g'adir-budirligiga bog'liq.

$$\lambda = f(Re, \varepsilon)$$

bu yerda: ε - nisbiy g'adir-budurlik.

Quvurlardagi g'adir-budurlik absolyut va nisbiy g'adir-budurliklar bilan xarakterlanadi.

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_s}$$

bu yerda: Δ - absolyut g'adir-budurlik.

Masalan: po'lat quvurlarda $\Delta=0,2\text{mm}$, cho'yan quvurlarda $\Delta=1,4\text{mm}$, beton quvurlarda $\Delta=3\div 9\text{mm}$, eski po'lat quvurlarda $\Delta>0,67\text{mm}$, latun, shisha quvurlarda $\Delta=0,0015\div 0,01\text{mm}$.

Mexanik energiya yo`qolishini quyidagicha tushuntirish mumkin:

Ishqalanish kuchlari bajargan ish hisobiga mexanik energiya issiqlikka aylanadi va suyuqlik isiydi. Issiqlik vaqt o'tishi bilan tarqalib ketadi.

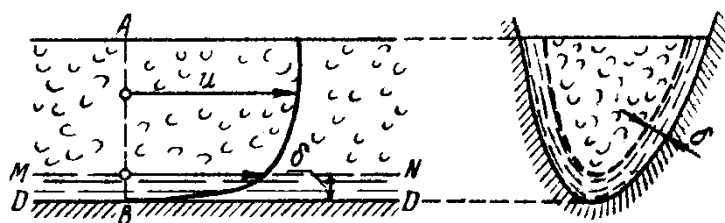
Yuqoridagiga asolanib, aytish mumkinki, suyuqlik harakatida ishqalanish kuchlari bajargan ish hisobiga va alohida bo`g`inlardan mahalliy ishqalanish kuchlari bajargan ish hisobiga issiqlikka aylanib, keyin yo`qolib ketgan miqdor napor yo`qolishi Σh dir.

Gidravlika kursini o`rganish jarayonida ko`pincha «gidravlik qarshilik» atamasiga duch kelamiz. Bunda, real holatdagi suyuqliklarning harakatida paydo bo`ladigan ishqalanish kuchlarini tushunish o`rinlidir. Ideal suyuqliklarda ishqalanish kuchlarini nolga teng deb qabul qilganligimiz sababli, gidravlik qarshiliklar mavjud emas, deb qaraladi.

Real suyuqliklarda ishqalanish qancha yuqori bo`lsa, qarshilik shuncha ko`p bo`ladi. Bu ikki tushuncha orasida o`zaro bog`liqlik mavjuddir. Oqimda bu kuchlanish taqsimlanishini, u tezlikni bilsak, ishqalanish kuchi bajargan ishni va bundan napor yo`qolishini aniqlash mumkin. Lekin, bu masala ancha murakkab muammo. Bu muammoni hal qilish bilan biz, keyingi mavzularda shug`ullanamiz.

2. Turbulent harakatlanayotgan oqimning kesim bo`lab taqsimlanishi. Yopishqoq qatlam.

L.Prandtlning va boshqa olimlarning tekshirishlari shuni ko`rsatadiki, turbulent harakat vaqtida oqimning asosiy qismi uning yadrosi, ya'ni markaziy qismini tashkil qiladi. Yadroda suyuqlik turbulent harakat qilib, uning tezliklari yadro kesimi bo`yicha deyarli bir xil va markazdan truba devoriga yaqinlashgan sari kamayib boradi (7.3-rasm).



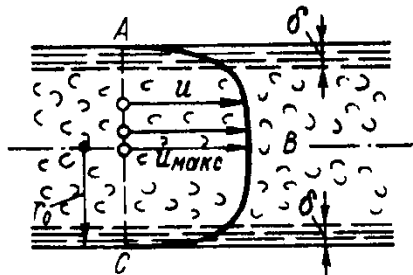
7.3-rasm ; Turbulent harakatda o'rtacha tezliklar epyurasi taqsimlnishi δ - yopishqoq qatlam qalinligi

Devor yonidagi suyuqlik zarrachalari esa (devorning mavjudligi oqimga ko'ndalang harakatga yo'l qo'ymagani uchun) devor bo'yicha harakat qilib, uning traektoriyasi sezilarsiz tebranishga ega bo'ladi. Shuning uchun devor yonidagi zarrachalar laminar harakat qiladi. Ana shu laminar harakat qilayotgan zarrachalar yupqa qavat ichida bo'lib, uni laminar qavat deb ataladi. Laminar qavat bilan yadro o'rtasida yana bir yupqa qavat bo'lib, uni o'rta qavat deb ataladi. Bu qavatda suyuqlik turbulent harakat qiladi.

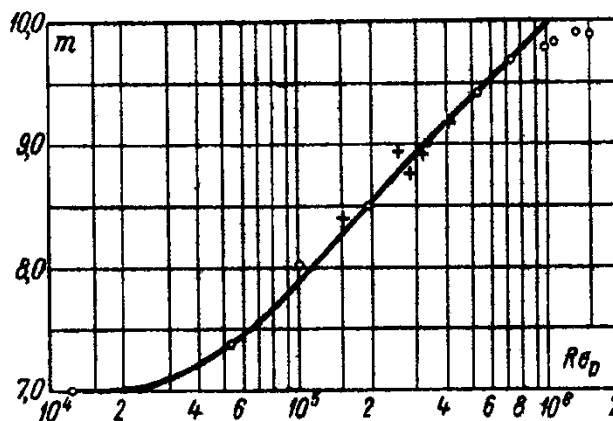
Karman nazariy tekshirishlar natijasida silliq trubalar uchun tezlikni quyidagi ko'rinishda yozishni taklif qilgan:

$$u = u_{\max}(1-r/R)^{1/m}$$

bu erda: m tajribada aniqlanadigan koeffisient bo'lib, u R soniga bog'liqdir (7.5-rasm).



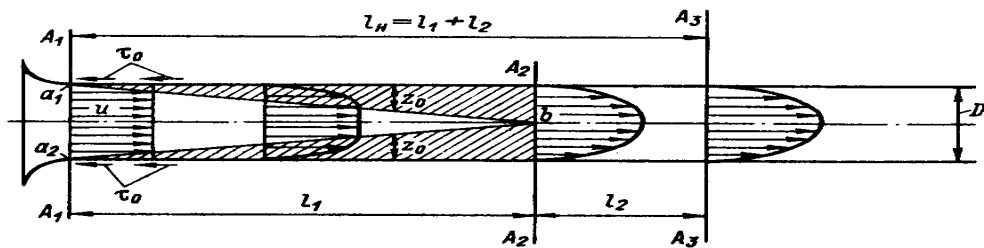
7.4-rasm. oqimning aylana trubalardagi turbulent harakatida tezlikni kesim bo'lab taqsimlnishi



7.5-rasm. Karman formulasidagi m kattalikni aniqlash eksperimental grafigi

Xuddi laminar oqimdagi kabi turbulent oqimda ham tezlikning yuqoridagi tenglamalar bilan ifodalangan qonun bo'yicha taqsimlanishi trubaning boshlangich kesimidan ma'lum masofada vujudga keladi. Bu masofa turbulent harakatning boshlangich bo'lagi deb ataladi va ushbu formula bilan hisoblanadi (7.5-rasm):

$$l_H = 0,639 Re^{0,25} D.$$



7.5-rasm. Oqimning boshlangich bo'lagi

Turbulent oqimda o'rtacha tezlikning maksimal tezlikka nisbati 0,70...0,90 ga teng, ya'ni

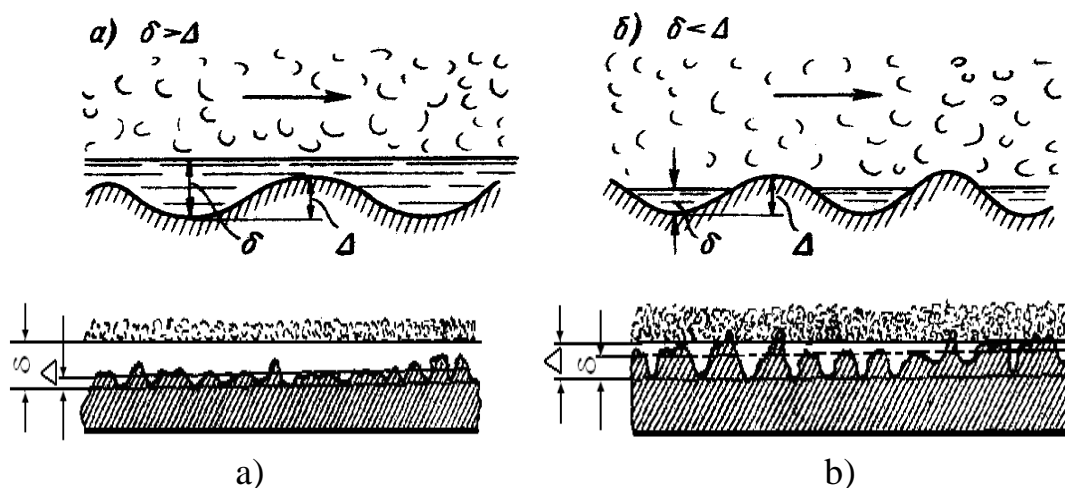
$$u / u_{\max} = 0,70...0,90$$

3.Truba devorining gadir-budirliqi.

Trubalar,kanallar va novlarning devorlari ma'lum darajada gadir-budirlikka ega bo'ladi. Bu gadir-budirlik trubalarning qanday materialdan qilingani va qay darajada silliqlanganiga qarab ularning devor sirtidagi turlicha kattalikdagi yoki juda ham kichik pastlik-do'ngliklar bilan xarakterlanadi.

Gadir-budirlikni xarakterlash uchun truba sirtidagi do'ngliklarning o'rtacha balandligi qabul qilinib, u absolyut gadir-budirlik deyiladi va Δ bilan belgilanadi (7.6-rasm).

Agar absolyut gadir-budirlik laminar chegaraviy kavatning qalinligi δ dan kichik bo'lsa, bu truba gidravlik silliq truba deyiladi (7.6 a-rasm).



7.6-rasm. Hidrodinamik qatlamlar.

Bordiyu, absolyut gadir-budirlik Δ laminar qavat qalinligi δ dan katta bo'lsa, bu trubalar gidravlik gadir-budir trubalar deyiladi (7.6b-rasm).

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

4. Nikuradze va Murin grafiklari.

Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasida keltirilgan bosimning pasayishi Δh ni hisoblash trubalar va trubalar sistemasini hisoblashda asosiy masala hisoblanadi.

Bosimning pasayishi Δh ni hisoblashning muhimligi shundaki, bu ish suyuqlik trubalarda harakatlanganida trubadagi qarshiliklarni engish uchun sarf bo'lgan energiyani hisoblashga va shu hisobga asosan loyihalalanayotgan truba yoki trubalar sistemasida suyuqlikni oqizish uchun qancha energiya kerak ekanligini aniqlashga imkon beradi. Trubalarda bosimning kamayishi ishqalanish qarshiligi va mahalliy qarshilikka bog'liq.

Ishqalanish qarshiligi real suyuqliklar ichki qarshiligiga bog'liq bo'lib, trubalarning hamma uzunligi bo'yicha ta'sir qiladi. Uning miqdoriga suyuqlik oqimining tartibi (laminarlik, turbulentlik darajasi) ta'sir qiladi. Yuqorida aytilgandek, turbulent tartib vaqtida odatdagi qovushoqlikka qo'shimcha ravishda, turbulent qovushoqlikka bog'liq bo'lgan va suyuqlik harakati uchun qo'shimcha energiya talab qiladigan kuch paydo bo'ladi.

Mahalliy qarshilik tezlikning suyuqlik harakat qilayotgan trubaning shakli o'zgarishiga bog'liq bo'lgan har qanday o'zgarishi vaqtida paydo bo'ladi. Laminar tartib vaqtida ishqalanish qarshiligini nazariy usul bilan aniqlanishi mumkin:

$$H_e = (32\mu \cdot \tau / D^2)u = \lambda(\tau / D)(u^2/2g).$$

Bu ifodadagi $\lambda = 64/R_e$ ni ishqalanish qarshiligi koeffitsienti deb atagan edik. Ko'pincha uni soddaroq qilib ishqalanish koeffitsienti deyiladi. Silindrik trubalarda bu formula Reynolds soni 2320 dan kichik bo'lgan laminar harakatlar uchun tajribada olingan natijalarga juda yaqin keladi. Turbulent harakat uchun ishqalanish qarshiligi tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Uni nazariy aniq lab bo'lmaydi.

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

$$H_i = (u^2/2g)\xi.$$

Tekis barqaror harakat uchun uzunlik bo'yicha gidravlik yo'qotish yoki bosimning pasayishi quyidagi formula bilan topiladi:

$$H_i = \lambda(\tau / D)(u^2/2g).$$

Ushbu formula Darsi-Veysbax formulasi yoki qiskacha aytganda **Darsi formulasi deyiladi**. Yuqoridagi formulalarni solishtirsak proporsionallik koeffitsienti ξ uzunlik bo'yicha gidravlik yo'qotish λ -Darsi koeffitsientiga bog'liq, ya'ni

$$\xi = (\tau / D)\lambda,$$

u trubaning uzunligiga to'g'ri proporsional, diametriga teskari proporsional ekan.

Hozirgi zamon gidravlikasida Darsi koeffitsienti umumiy holda Reynolds soniga va truba devorlarining gadir-budirligiga bog'liq deb hisoblanadi. λ ni

hisoblash uchun juda ko'p empirik formulalar mavjud bo'lib, ular ichida eng mashxurlari quyidagilar:

Suyuqlikning laminar harakatida suyuqlik trubaga kirishda barcha kesimlarda tezligi bir xil asta-sekin tarqala boshlaydi $L_0=0,28dRe$ -boshlangich masofadan boshlab tezlikni tarqalishi parabola shakliga keladi.

Laminar rejim uchun silliq quvurlarda $\lambda=f(Re)$.

$$\lambda = \frac{64}{Re} - \text{Puazeyl formulasi.}$$

Hozirgi zamon gidravlikasida Darsi koeffisienti umumiy holda Reynolds soniga va truba devorlarining gadir-budirligiga bog'liq deb hisoblanadi.

Turbulent rejim uchun silliq quvurlarda $\lambda=f(Re,\varepsilon)$.

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} - \text{Blazius formulasi.}$$

Bu formula faqat silliq turbulent rejim uchun bo'lib $Re = 2500-7000$ gacha qo'llash mumkin. Konakov esa $Re \leq 3 \cdot 10^6$ oraliq uchun va silliq trubalar uchun o'zini formulasini taklif etadi:

$$\lambda = \frac{1}{(0,8 \lg Re + 1,5)^2}$$

Silliq bo'lmagan trubalar uchun kvadratik zonagacha bo'lgan oraliq uchun $2320 < Re < 5000$ Alt'shul quyidagi formulani taklif etadi.

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K\theta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

bu erda: $K\theta$ – gadir budurlikning ekvivalentlik koeffisienti.

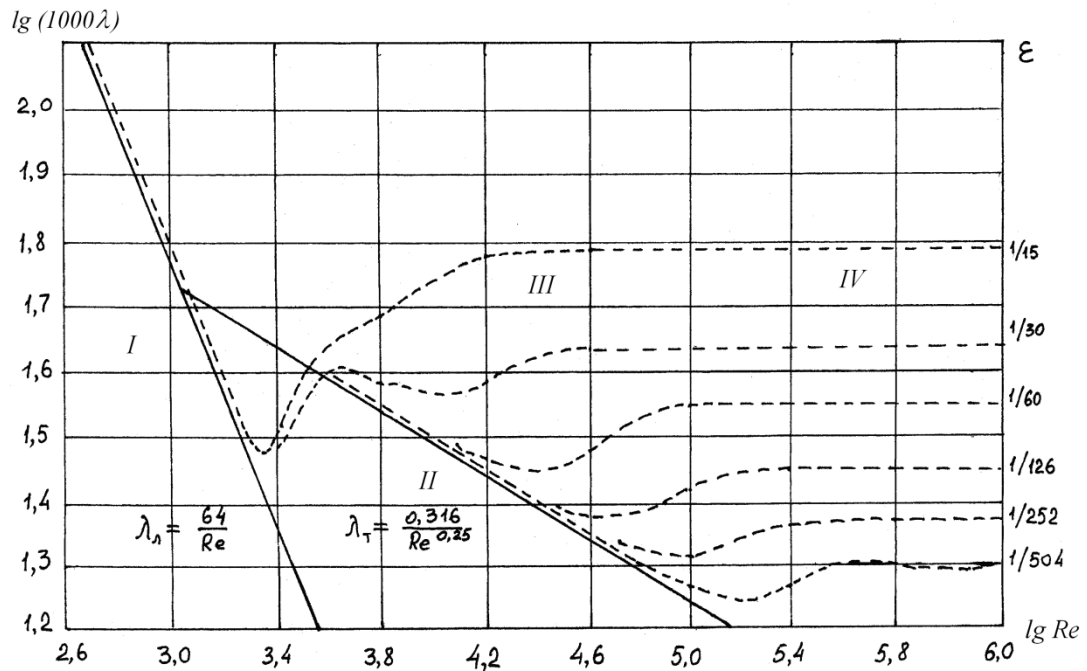
Kvadratik zona uchun Shifrinson quyidagi formulani taklif etadi ($Re > 50000$)

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K\theta}{d} \right)^{0,25}$$

Barcha turbulent oqimlar uchun Kol'bruk va Uayt quyidagi formulani taklif etadilar.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{K\theta}{3,7d} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right)$$

1932 yilda I.Nikuradze ishqalanish koeffisientining Re soniga va g'adir-budurlikka o'zaro bog'liqligini tajriba orqali o'rganib o'z grafigini yaratdi (7.7-rasm).



7.7-rasm. Nikuradze grafigi.

Ishqalanish koeffisienti ishqalanish turlariga bog'liq. Ishqalanish turlari sohalararo xarakterlanadi. Nikuradze grafigidagi sohalar quyidagilarni bildiradi:

I soha. Laminar rejim sohasi $Re \leq 2320$

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \lambda = f(Re).$$

II soha. Silliq quvurlar sohasi yoki o'tish rejimi sohasi.
 $2320 < Re < 10000$.

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \quad \lambda = f(Re).$$

III soha. g'adir-budur quvurlar sohasi yoki turbulent rejim sohasi. $Re > 10000$,

$$\lambda = f(Re, \varepsilon). \\ \lambda = 0,11 \varepsilon^{0,25}. \quad \text{Shifrinson formulasi.}$$

IV. Avtomodel sohasi yoki kvadrat qarshiliklar sohasi deb ham ataladi.
 $Re > 100000$, $\lambda = f(\varepsilon)$.

$$\lambda = \frac{0,303}{(\lg Re - 0,9)^2} \quad Re_{kp} = \frac{23}{\varepsilon} \quad \text{Filonenko formulasi}$$

Nikuradze grafigi sun'iy g'adir-budurligiga ega bo'lgan quvurlar uchun mosdir, 1948 yilda G.A. Murin amalda qo'llaniladigan quvurlarning gidravlik qarshiliklarini aniqlash bo'yicha tajribalar o'tkazib o'z grafigini yaratdi.

NAZORAT UCHUN SAVOLLAR

1. Turbulent harakatning boshlang'ich bo'lagi nima va u qanday topiladi?
2. Truba devorlarini g'adir-budurligi deganda nimani tushunasiz?

3. Qanday xolatlarda trubalar gidravlik silliq va g`adir-budur bo`ladi?
4. Trubalarda bosim nima uchun kamayadi?
5. Uzunlik bo`yicha va maxalliy gidravlik qarshiliklar deganda nimani tushunasiz?
6. Uzunlik bo`yicha gidravlik qarshilik qanday topiladi?
7. Maxalliy gidravlik qarshiliklar qanday xisoblanadi?
8. Maxalliy qarshiliklar qanday qo`shiladi?
9. Turbulent harakatda Darsi koeffitsientini topishga imkon beruvchi qanday empirik formulalar mavjud?
10. Maxalliy qarshiliklar qanday ko`rinishda bo`ladi?

Foydalaniladigan asosiy darsliklar va o`quv qo`llanmalar ro`yxati

1. Latipov K.Sh. Gidravlika, gidromashinalar va gidropnevmoymoyuritgichlar. - T., 1994.
2. Latipov K.Sh. Gidravlika va gidroyuritmalar. - T., 1992.
3. Umarov A.Yu. Gidravlika. «O`zbekiston». T. 2002.
4. Bozorov D.R., Karimov R.M. Gidravlika asoslari. T. 2004.
5. Shokirov A.A., Karimov A.A., Parmonov A.E. "Ixcham gidravlika" Toshkent, 2010.
6. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (Гидравлика). Санкт-Петербург. Издательство СПбГПУ. 2004.
7. Дулин В.С., Заря А.Н. Гидравлика и гидропривод. - М.: Недра, 1991.

Qo`shimcha adabiyotlar

1. Karimov A.A., Mukolyants A.A. Gidravlika fanidan tajriba ishlari uchun metodik ko`rsatma. - T., 2002.
2. Кудинов В.А. Гидравлика. - М: Высшая школа 2006.
3. Ubaydullaev P.X., Ubaydullaev B.P. Amaliy suyuqlik mexanikasi (Gidravlika) o`quv qo`llanma.
4. Shokirov A.A., Karimov A.A., Mukolyants A.A. Gidravlika fanidan tajriba ishlari uchun metodik ko`rsatma. - T., 2010.
5. Shokirov A.A., Xamidov A.A., Isanov Sh.R. Gidromexanikadan laboratoriya amaliyotlari (o`quv qo`llanma). - Toshkent, 2004.

Elektron resurslar

<http://www.uzbekistan.uz> <http://www.bilim.uz>