

A.M. Arifjanov, Q.T. Raximov, A.K. Xodjiyev

# GIDRAVLIKA



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

---

**O.M. Arifjanov, Q.T. Raximov, A.K. Xodjiyev**

# **GIDRAVLIKA**

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi oliy texnika o‘quv yurtlari talabalari uchun o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etgan

Тошкент 2016

***Ushbu o'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining  
2015 yil 21-avgustdagi "303"-sonli buyrug'iga asosan nashr qilishga ruxsat berilgan***

Royxatga olish raqami: 303-058

**UDK – 621.22.01 (075.8)**

**O.M. Arifjanov, Q.T. Raximov, A.K. Xodjiyev**

**/ G I D R A V L I K A /**

**O'quv qo'llanma. – T.: TIMI. 2016: - 383 bet.**

Ushbu o'quv qo'llanmada quvurlarda, kanallarda va gidrotexnik inshootlardagi gidravlik jarayonlar bayon etilgan va ularning gidravlik hisobi informatsion texnologiyalardan (EHMdan) foydalangan holda bajarish uslublari keltirilgan. Har bir b o'limi yangi masalalar va ularning yechimi bilan boyitilgan.

O'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan tasdiqlangan «Gidravlika» fani o'quv dasturi asosida yozilgan bo'lib, o'quv qo'llanma Gidravlika kursi rejalashtirilgan barcha bakalavriat yo'nalishlari va magistratura mutaxassisligi talabalari foydalanishlari uchun mo'ljallangan. O'quv qo'llanmada sohada erishilgan yangi fan yutuqlari ham o'z aksini topgan. O'quv qo'llanmadan soha mutaxassislari ham keng foydalanishlari mumkin.

**T a q r i z c h i l a r :**

E.J.Maxmudov

- TIMI qoshidagi Irrigatsiya va suv muammolari ilmiy tadqiqot instituti yetakchi ilmiy xodim, t.f.d., prof.

F.Baraev

- «GMTF» kafedra mudiri, t.f.d., prof.

## KIRISH

Suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlarini o`rganuvchi hamda bu qonunlarni texnikaning har xil sohalariga tatbiq etish bilan shug`ullanuvchi fan gidravlika deb ataladi.

Gidravlika suyuqliklarda kuchlarning tarqalishi va uning harakat davomida o`zgarib borishi qonunlarini har xil qurilmalar va mashinalarni hisoblash hamda loyihalashga tatbiq etish bilan ham shug`ullanadi.

Gidravlika shuningdek, gidrotexnika, irrigatsiya, suv ta'minoti va kanalizatsiya, neft mexanikasi kabi bir qancha fanlarning asosi hisoblanadi. Insoniyat tarixining dastlabki davrlaridayoq suvdan foydalanish hayotda ma'lum o`rin egallagan. Arxeologik tekshirishlar odamlar juda qadim zamonlardan oq (eramizdan 4000-2000 yillar avval) turli gidrotexnika inshootlari qurishni bilganliklarini ko`rsatadi. Qadimgi Xitoyda, Misrda, Gretsiyada, Rimda, Markaziy Osiyoda va boshqa ibtidoiy madaniyat o`choqlarida kemalar, to`g`onlar, suv taminoti va sug`orish sistemalari bunyod etilganligi to`g`risida ma'lumotlar mavjud. Bu qurilmalarning qoldiqlari hanuzgacha saqlanib qolgan. Lekin u davrlarda bunday qurilish ishlari haqida hech qanday hisoblashlar saqlanmaganligi, ular faqat amaliy bilimlarga tayangan ilmiy nazariy asosga ega emas degan fikrga olib keladi.

Bizgacha yetib kelgan, gidravlikaga aloqador ilmiy ishlardan birinchisi Arximedning "Suzib yuruvchi jismlar haqida" asari bo`lsa, keyinchalik VIII-XI asrlarda Markaziy Osiyoda yashab ijod qilgan qator olimlarning asarlarida gidravlikaga oid masalalar o`z aksini topgan. Jumladan, buyuk vatandoshimiz Ahmad Farg`oniy (832-833 yillarda) Shom (Suriya) shimolidagi Sinjor dashtida Tadmur va ar-Raqqa oralig`ida yer meridian bir darajasining uzunligini o`lchashda qatnashdi. Yuqorida aytib o`tganimizdek, Ahmad Farg`oniy Nil daryosidagi suv sathini o`lchaydigan inshoot barpo etish uchun Misrning Qohira shahri yaqinidagi Fustat shahriga keladi. Ilmiy-texnik va me`moriy jihatdan g`oyat ulug`vor bu qurilma Nil daryosining Sayyolat ul-Rod mavzesida hozirga qadar saqlanib qolgan.

Shunisi qiziqki, aynan shu uskuna yordamida Misr aholisidan olinadigan yillik soliq miqdori belgilanib turilgan. Ya`ni, suv sathi ekinlarni sug`orish uchun qulay kelib, bir me`yorda oqsa, soliqning miqdori shunga qarab ko`tarilgan. Yoki suv sathi kamayib qurg`oqchilik boshlanadigan, aksincha suv ko`tarilib, ekinlarni yuvib ketishi mumkin bo`lgan vaqtlarda soliqlar miqdori kamaytirilishi mumkin edi. Bu Misr aholisining turmushi uchun adolatli qonunlardan biri hisoblangan.

Suyuqlik qonunlarining ochilishi eramizning XVI – XVII asrlaridan boshlandi. Bularga Leonardo da Vinchining suyuqliklarning o`zandagi va

quvurdagi harakati, jismlarning suzib yurishi va boshqalarga bog`liq ishlari, S. Stevenning idish tubiga va devorlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchi, G. Galileyning jismlarning suyuqlikdagi harakati va muvozanati haqidagi ishlari, Ye. Torichellining suyuqliklarning kichik teshikdan oqib ketishi, B. Paskalning bosimning suyuqlik orqali uzatilishi to`g`risidagi, I. Nyutonning suyuqliklardagi ichki qarshiliklar qonuni va boshqa ishlar kiradi. Keyinchalik suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlari ikki yo`nalish bo`yicha taraqqiy qila boshladi. Bulardan biri tajribalarga asoslangan gidravlika bo`lsa, ikkinchisi nazariy mexanikaning mustaqil bo`limi sifatida taraqqiy qila boshlagan nazariy gidromexanika edi.

Nazariy gidromexanika aniq matematikaga asoslangan bo`lib, suyuqlik qonunlarini differentsial tenglamalar bilan ifodalash va ularni yechishga asoslanadi. Bu nazariy bilimlarning taraqqiy qilishiga XVII-XVIII asrlarda yashagan buyuk matematik-mexanik olimlar L.Eyler, D.Bernulli, M.Lomonosov, Lagranjlarning ilmiy asarlari asos bo`ldi. U vaqtdagi ishlar sof nazariy bo`lib, suyuqliklarning fizik xossalarini ideallashtirib ko`rilar va olingan natijalar harakat tarzlarini to`g`ri ifodalagani bilan tajriba natijalaridan juda uzoq edi. Shuning uchun bu ishlar gidromexanikaning taraqqiyotida aytarlik muhim rol o`ynamas edi va gidromexanika o`sha zamon texnikasi qo`ygan talabga javob bera olmas edi. XVIII-XIX asrlarda A.Shezi, A.Darsi, Bussinesk, Yu.Veysbax va boshqa olimlarning ishlari hozirgi zamonda gidravlika deb ataluvchi amaliy fanning asosi bo`ldi.

Gidravlika o`z xulosalarini suyuqlik harakatining soddalashtirilgan sxemalarini qarash asosida chiqaradi va odatda, nazariy tenglamalarga empirik koeffitsiyentlar kiritib, ularni tajribalar o`tkazish yo`li bilan aniqlaydi. Keyinchalik esa gidravlika bilan gidromexanika fani o`zaro yaqinlashib, bir-birini to`ldiruvchi fanga aylandi.

Hozirgi zamon gidravlikasi nazariyani tajriba bilan bog`lab, nazariy tekshirishlarni tajribada sinash, tajriba natijalarini esa nazariy asosda umumlashtirish yo`li bilan taraqqiy qilib boruvchi va o`z tekshirishlarida gidromexanikaning usullari hamda yutuqlaridan foydalanib boruvchi fandır.

Bu yo`nalishda Gidravlikaning taraqqiyotida quyidagi olimlarning muhim hissasi bor. Peterburg fanlar Akademiyasining a'zolari bo`lib, Rossiyada yashab, ijod etgan D. Bernulli va L.Eylerning gidromexanika fanining asoschilari sifatida yaratgan ishlanmalari, N.P.Petrovning gidrodinamik sirpanish nazariyasi, N.Ye.Jukovskiyning gidromexanikadagi muhim ishlari va quvurlardagi zarba nazariyasi, A.N.Krilovning kemalar nazariyasi, N.N.Pavlovskiyning suyuqliklarning filtratsiyasi nazariyasi, L.S.Leybenzonning yer osti gidromexanikasi va boshqa olimlarning ishlari dunyo faniga qo`shilgan buyuk

hissa bo`lib hisoblanadi, N.Ye.Jukovskiy, S.A.Shapligin va N.Ye.Koshinlar zamonaviy aerodinamika va gaz dinamikasining asoschilari bo`lib, bu fanlar hozir ham samolyot va raketalar harakatini o`rganishda katta rol o`ynaydi. Hozirgi zamon neft sanoati va texnikasida o`zbek olimi X.A.Raxmatulin asos solgan ko`p fazali muhitlar gidrodinamikasi muhim ahamiyatga ega ishlardan hisoblanadi .

Respublikamiz iqtisodiyotining barcha sohalarida amalga oshiralayotgan islohotlarning muvaffaqiyatida, jumladan irrigatsiya va melioratsiya, sug`orish tizimi, kimyo sanoati, qishloq xo`jaligi, mashinasozlik sanoati va texnikaning bir qancha sohalarida gidravlikaning ahamiyati beqiyosdir.

## V BOB. SUYUQLIKLARNING LAMINAR HARAKATI

### 5.1. Tezlikning silindirik quvur kesimi bo'yicha taqsimlanishi

Qovushoq suyuqliklar quvurda laminar harakat qilganda uning oqimchalari bir-biriga parallel harakat qiladi. Quvur devorlari esa unga yopishib qolgan suyuqlik zarrachalari bilan qoplanadi. Shunday qilib, quvur devoridagi suyuqlik zarrachalarining tezligi nolga teng. Suyuqlikning devorga yopishgan qavatidan keyingi qavati esa suyuqlik zarrachalari bilan qoplangan quvur devori ustida sirpanib boradi. Agar quvur ichidagi suyuqlikni xayolan cheksiz ko'p yupqa qavatlariga ajratsak, u holda har bir qavat o'zidan oldingi qavat sirtida siljib boradi. Yuqorida aytilganga ko'ra quvur devori sirtidagi qavatning tezligi nolga teng bo'lib, quvur o'qiga yaqinlashgan sari tezlik oshib boradi. O'qda esa tezlik maksimal qiymatga ega bo'ladi. Shuning uchun quvur ichidagi ishqalanish kuchi Nyuton qonuni bilan ifodalanadi:

$$\tau = -\mu \frac{du}{dr}$$

Quvur ichida uzunligi  $l$  va radiusi  $r$  bo'lgan elementar naycha ajratib olamiz (5.1-rasm). Bu naychanning yuzalari  $d\omega$  bo'lgan 1-1 kesimi bo'yicha  $p_1$  bosim, 2-2 bo'lgan kesim bo'yicha esa  $p_2$  bosim ta'sir qilsin. Radiusi  $R$  bo'lgan tekshirilayotgan quvurdagi harakat gorizontol va tekis bo'lsin. U holda elementar naychaga ta'sir qilayotgan kuchlar

1-1 kesimdagi bosim kuchi

$$P_1 = p_1 d\omega$$

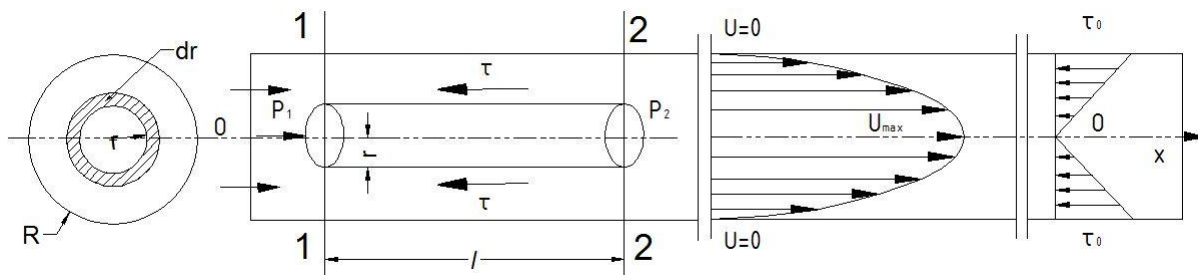
2-2 kesimdagi bosim kuchi

$$P_2 = p_2 d\omega$$

ishqalanish kuchi

$$T = \tau 2\pi r l = -\mu 2\pi r l \frac{du}{dr}$$

dan iborat.



5.1-rasm. Laminar harakatda tezlikning quvur kesimi bo'yicha taqsimlanishi

U holda elementar naychanning muvozanat shartidan quyidagini yoza olamiz.

$$P_1 - P_2 - T = 0 \quad (5.1)$$

Elementar naycha kesimi  $dS = \pi r^2$  ekanligini nazarda tutib, (5.1) dan quyidagi tenglamani keltirib chiqaramiz:

$$\pi r^2 p_1 - \pi r^2 p_2 + \mu 2\pi r l \frac{du}{dr} = 0$$

Bu tenglamadan ushbu differensial tenglamani keltirib chiqaramiz:

$$\frac{du}{dr} = -\frac{r}{2\mu} \frac{p_1 - p_2}{l} \quad (5.2.)$$

Oxirgi tenglamaning o'zgaruvchilarini ajratamiz

$$du = -\frac{p_1 - p_2}{2\mu l} r dr$$

va chap tomoni  $u$  dan  $0$  gacha, o'ng tomonini esa  $r$  dan  $R$  gacha integrallab, tezlik uchun munosabat keltirib chiqaramiz:

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l} (r^2 - R^2) \quad (5.3.)$$

Hosil qilingan tenglama parabola tenglamasi bo'lib, u tezlikning silindrik quvur kesimi bo'yicha taqsimlanishini ko'rsatadi. (5.3) dan ko'rinib turibdiki, quvurdagi harakat tezligi  $r = 0$  da maksimumga erishadi

$$u_{\max} = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} R^2 \quad (5.4.)$$

Demak, silindrik quvurda laminar harakat tezligi ko'ndalang kesimda parabola qonuni bo'yicha taqsimlangan bo'ladi. Tezlikning maksimal qiymati esa quvurning o'qi bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Endi quvurda oqayotgan suyuqlikning sarfini topamiz. Eni  $dr$  ga teng bo'lgan halqa bo'yicha oqayotgan (5.1-rasm) elementar sarf quydagiga teng bo'ladi:

$$dQ = 2\pi r du$$

Oxirgi tenglikka (5.3) dan tezlikning formulasini qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$dQ = -2\pi r \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} (r^2 - R^2) dr.$$

Bu tenglikning chap tomonini  $0$  dan  $Q$  gacha o'ng tomonini esa  $0$  dan  $R$  gacha integrallab

$$Q = -\int_0^R 2\pi r \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} (r^2 - R^2) dr = -\pi \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} \int_0^R (r^2 - R^2) r dr = \pi \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} \left( \frac{R^4}{2} - \frac{R^4}{4} \right) = \frac{\pi R^4}{8\mu} \frac{p_1 - p_2}{l}$$

(5.5.)

munosabatni olamiz.

Bu holda o'rtacha tezlikni shunday topamiz:

$$\vartheta = \frac{Q}{\omega} = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{\pi R^4 (p_1 - p_2)}{8\mu l \pi R^2} = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l} R^2 \quad (5.6.)$$



(5.6) va (5.4) munosabatlarni solishtirib quvurda laminar harakat vaqtida o`rtacha tezlik bilan maksimal tezlik orasidagi munosabatni topamiz:

$$g = \frac{u_{\max}}{2} \quad (5.7.)$$

Demak, silindrik quvurda laminar harakat vaqtida o`rtacha tezlik maksimal tezlikdan ikki marotaba kichik ekan.

## 5.2. Quvur uzunligi bo`yicha bosimning pasayishi (Puazeyl formulasi)

Endi quvurda oqayotgan suyuqlik energiyasining ishqalanishni yengishga sarflanishini tekshiramiz. Avval quvur kesimi bo`yicha ishqalanish kuchining taqsimlanishini ko`ramiz. Buning uchun Nyuton qonuni formulasiga tezlik formulasi (5.3) ni qo`yamiz.

U holda,

$$\tau = -\mu \frac{du}{dr} = \frac{p_1 - p_2}{2l} r \quad (5.8.)$$

Bu formuladan ko`rinib turibdiki, ishqalanish kuchi quvur o`qida nolga teng bo`lib, uning o`qidan devorlariga qarab chiziqli ortib boradi va devor sirtida eng katta qiymatga erishadi (5.1-rasm) (3.56) tenglamada silindrik quvurdagi uzunlik bo`yicha gidravlik yo`qotishni ishqalanish kuchi orqali berilgan edi. Endi bu formulaga (5.8) munosabatni qo`ysak.

$$H_e = \frac{p_1 - p_2}{\gamma 2l} R \frac{2Rl}{\pi R^2} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

Kesimlardagi bosim farqi ( $p_1 - p_2$ ) ni (5.6) formuladan o`rtacha tezlik orqali ifodalasak:

$$p_1 - p_2 = \frac{2\mu l}{R^2} g = \frac{32\mu l}{D^2} g$$

va gidravlik yo`qotish formulasiga qo`ysak, quyidagi munosabatni olamiz:

$$H_l = \frac{8\mu l}{\gamma D^2} g \quad (5.9.)$$

U holda gidravlik qiyalik uchun formula chiqarish qiyin emas. Buning uchun (5.9) ning ikki tomonini  $l$  ga bo`lamiz

$$\frac{H_l}{l} = \frac{32\nu}{gD^2} g \quad (5.10)$$

va oxirgi tenglikni quyidagicha yozamiz:

$$J = \frac{2 \cdot 32\nu}{gD^2 D g} g^2 = \frac{64\nu}{9D^2 g D} g^2$$

Silindrik quvurlar uchun Reynolds soni

$$\text{Re} = \frac{gD}{\nu}$$

ko`rinishda yozilgani uchun

$$J = \frac{64}{R_e 2gD} g^2$$

Demak, laminar harakat vaqtida gidravlik qiyalik va bosimning pasayishi Reynolds soniga bog`liq ekan.  $\frac{64}{\text{Re}}$  ko`rinishdagi miqdorni gidravlikada  $\lambda$  bilan belgilanadi:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (5.11)$$

va ishqalanish qarshiligi koeffitsiyenti deb ataladi. U holda energiyaning yo`qolishi va gidravlik qiyalik uchun quyidagicha Darsi - Veysbax formulasini olamiz.

$$H_e = \lambda \frac{l}{D} \frac{g^2}{2g} \quad (5.12)$$

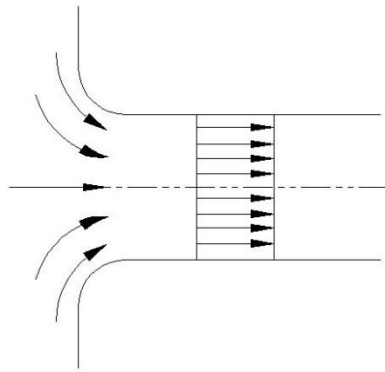
$$J = \lambda \frac{l}{D} \frac{g^2}{2g}$$

Shunday qilib, laminar harakat vaqtida quvur uzunligi bo`yicha bosimning pasayishi va gidravlik qiyalik solishtirma kinetik energiyaga chiziqli bog`liq ekan.

### 5.3. Oqimning boshlang`ich bo`lagi.

Yuqorida aytib o`tilgan harakat qonunlari quvurdagi barqarorlashgan laminar oqimlar uchun to`g`ridir. Haqiqatda esa, quvurga endi kirgan suyuqlik boshlang`ich kesimdan boshlab ma'lum masofa o`tgandan keyingina laminar harakatga doir bo`lgan parabolik qonun bo`yicha taqsimlangan bo`ladi .

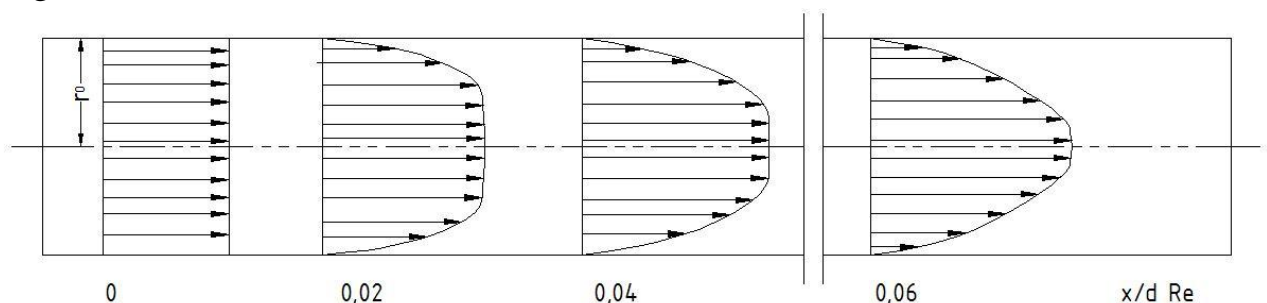
Laminar harakatning quvurda rivojlanishini quyidagicha tasavvur qilish mumkin. Hajmi juda katta idishdan suyuqlik quvurga kirsin va quvur kirish qismining chekkalari yaxshilab dumaloqlangan bo`lsin. Bu holda boshlang`ish kesimda tezlik deyarli o`zgarmas bo`ladi. Bu qonun faqat *chegara* (yoki devoroldi) qatlam deb ataluvchi devor ustidagi yupqa qavatdagina buziladi. Bu qavatda suyuqlikning devorga yopishishi natijasida tezlik keskin kamayib, devorda nolga tenglashadi. Shuning uchun kirish qismida tezlik chizig`i to`g`ri chiziq kesmasi (5.2-rasm ) bilan aniq ifodalanadi.



**5.2-rasm. Naycha kirishidagi tezlik taqsimotiga doir.**

Kirish qismidan uzoqlashgan sari devorlardagi ishqalanish kuchi ta'sirida chegara qatlamga yaqin qavatlarida harakat sekinlashib boradi va natijada bu qatlamning qalinligi oshib boradi harakat esa sekinlashib boradi. Oqimning ishqalanish kuchi hali ta'sir qilmagan markaziy qismi esa bir butun harakat qilishni davom ettiradi, ya'ni boshqacha aytganda markaziy qavatlarida tezlik deyarli bir xil bo'lgani holda (oqayotgan suyuqlikning harakat miqdori o'zgarmas bo'lgani uchun) chegara qatlamda tezlik kamaygani sababli yadroda tezlik oshadi.

Shunday qilib, quvurning o'rta qismida (yadroda) tezlik oshib boradi, devor yaqinida o'sib boruvchi chegara qatlamda kamayadi. Bu jarayon chegara qatlam oqim kesimini butunlay egallab olmaguncha va yadro butunlay yo'q bo'lib ketguncha davom etadi (5.3-rasm).



**5.3-rasm. Laminar harakatning quvurda rivojlanib borishiga doir chizma**

Shundan keyin oqimning rivojlanishi tugab, tezlik chizig'i odatdagi laminar oqimga xos parabolik shaklni qabul qiladi. Quvurning boshlang'ich kesimidan doimiy parabolik tezlik vujudga kelguncha bo'lgan bo'lagi laminar harakatning boshlang'ich bo'lagi deb ataladi. Bu bo'lakning uzunligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$L_{\text{bosh}} = 0,028 R_e D \quad (5.13)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, boshlang'ich bo'lak Reynolds soniga va quvurning diametriga proporsional ekan. Gidrotexnika kursida bu masalani nazariy usul bilan hal qilingan bo'lib, olingan formulalar tajribada qiymatlarga juda yaqin keladi.

## 5.4. Tekis va halqasimon tirqishlarda suyuqlikning laminar harakati.

Yuqorida biz laminar harakatning eng sodda turlaridan biri silindrik quvurdagi tekis harakatni ko`rgan edik. Texnikada esa murakkab harakatlar ko`p ushraydi. Bularga tekis va halqasimon tirqishlardagi harakatlarni misol qilib keltirish mumkin. Bunday harakatlar gidravlik mashinalar va agregatlarni germetiklash, ularning harakatlanuvchi elementlarini mustahkam berkitish ishlari orada tirqish qoldirib bajariladi. Porshenli nasoslar va gidrouzatmalarda plunjer bilan silindr orasidagi tirqish ham yuqoridagi aytilgan harakatlarga misol bo`la oladi.

Uzunligi  $l$ , eni  $b$ , balandligi  $c$  bo`lgan tekis tirqishdagi laminar, bir tekis harakatni ko`ramiz (5.4-rasm).

Ko`rilayotgan tirqishda uzunligi  $l$ , eni  $b$  va balandligi  $y$  bo`lgan parallelepiped ajratamiz. Bu parallelepipedga  $1-1$  kesimi bo`yicha  $Ox$  o`qi yo`nalishida

$$P_1 = p_1by$$

2-2 kesimi bo`yicha

$$P_2 = p_2by$$

bosim kuchlari ta'sir etadi.

Parallelepipedning ustki sirtiga

$$T_1 = \tau_1 l = -\mu \frac{du}{dy} bl$$

va ostki sirtiga

$$T_2 = \tau_0 bl$$

ishqalanish kuchlari ta'sir etadi va ular ham  $Ox$  o`qi bo`yicha yo`nalgan bo`ladi. Ko`rilayotgan hajmdagi suyuqlikning muvozanatda bo`lishi sharti bo`yicha yuqorida keltirilgan kuchlardan quyidagi tenglama hosil qilinadi.

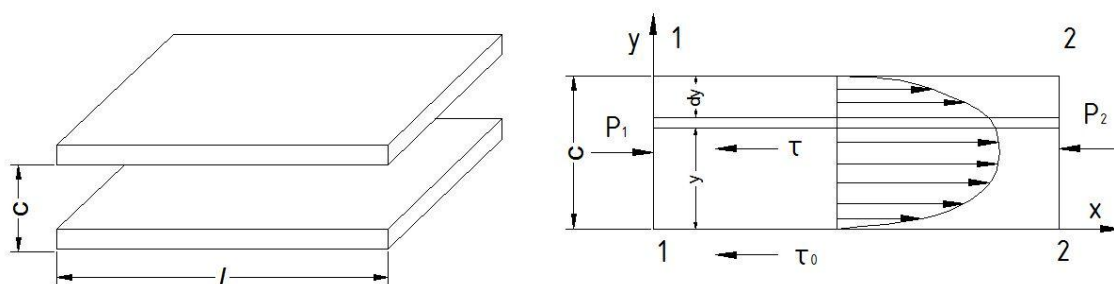
$$P_1 - P_2 - T_1 - T_2 = 0 \quad (5.14)$$

Bu tenglama quyidagi ko`rinishga keladi.

$$\frac{du}{dy} = -\frac{p_1 - p_2}{\mu l} y + \frac{\tau_0}{\mu} \quad (5.15)$$

Suyuqlikning qovushqoqlik shartiga asosan tirqishning pastki devorida ( $y=0$ ) tezlik nolga teng. (5.15) tenglamaning chap tomonini  $0$  dan  $u$  gacha, o`ng tomoni  $0$  dan  $y$  gacha integrallab, quyidagi formulani olamiz.

$$u = -\frac{P_1 - P_2}{2\mu l} y^2 + \frac{\tau_0}{\mu} y \quad (5.16)$$



5.4-rasm. Tekis tirqishda suyuqlikning laminar harakatiga doir chizma.

Ikkinchi devorda ( $y=c$ ) ham tezlik nolga teng. Bu shartdan foydalanib ushbu tenglikni yozamiz.

$$0 = \frac{P_1 - P_2}{2\mu l} c^2 + \frac{\tau_0}{\mu} c.$$

Oxirgi tenglikdan  $\tau_0$  ni topamiz.

$$\tau_0 = \frac{P_1 - P_2}{2l} c$$

va (5.16) ga qo'yamiz. Natijada tezlik uchun quyidagi formulani olamiz.

$$u = -\frac{P_1 - P_2}{2\mu l} y(y - c) \quad (5.17)$$

Bu formuladan ko'rinib turibdiki, tekis tirqishdagi tezlik parabolik qonunga bo'ysunar ekan. Tezlik  $y = \frac{c}{2}$  da maksimal qiymatga erishadi, ya'ni:

$$u_{\max} = \frac{P_1 - P_2}{8\mu l} c^2 \quad (5.18)$$

Suyuqlik sarfini topish uchun qalinligi  $dy$  ga teng bo'lgan elementar qavat olib, uning ko'ndalang kesimidan oqayotgan suyuqlikning sarfini topamiz.

$$dQ = bdyu$$

U holda suyuqlik sarfi quyidagicha aniqlanadi.

$$Q = \int_s dQ = b \int_0^c u dy = b \int_0^c \frac{P_1 - P_2}{2\mu l} (c - y)y dy = b \frac{P_1 - P_2}{2\mu l} \int_0^c (c - y)y dy = \frac{P_1 - P_2}{2\mu l} b \left( \frac{c^3}{2} - \frac{c^3}{3} \right) = \frac{P_1 - P_2}{12\mu l} c^3 b \quad (5.19)$$

Bu formula yordamida tirqishdan oqib ketayotgan suyuqlik miqdorini aniqlash mumkin.

O'rtacha tezlikni topish uchun sarfini oqimning kesimiga bo'lamiz, ya'ni

$$g = \frac{Q}{\omega} = \frac{P_1 - P_2}{12\mu l} \frac{c^3 b}{cb} = \frac{P_1 - P_2}{12\mu} c^2 \quad (5.20)$$

(5.18) va (5.20) tenglamalarni o'zaro taqqoslab, o'rtacha tezlik bilan maksimal tezlik o'rtasidagi bog'lanishni topamiz:  $g = \frac{2}{3} u_{\max}$ . Bundan ko'rinadiki, ko'rilayotgan holda maksimal tezlik o'rtacha tezlikdan bir yarim marta katta ekan.

Tekis tirqishdan oqayotgan suyuqlik uchun gidravlik yo`qotishni topamiz.

$$H_e = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

(5.20) dan  $(p_1 - p_2)$  ni o`rtasha tezlik orqali quyidagicha ifodalab

$$p_1 - p_2 = \frac{12\mu l}{c^2} \mathcal{G}.$$

uni gidravlik yo`qotish formulasiga qo`ysak, ushbu munosabat hosil bo`ladi.

$$H_e = \frac{12\mu l}{\gamma s^2} \mathcal{G}$$

Tirqishning gidravlik radiusi

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{lb}{2(c+b)} \approx \frac{c}{2}$$

bo`lishni va Reynolds soni  $Re = \frac{94R}{\nu}$  ni nazarga olib, gidravlik yo`qotishni quyidagicha yozamiz:

$$H_e = \frac{12\mu l}{\gamma c^2} \mathcal{G} = \frac{24l}{\frac{94R}{\nu} c} \frac{\mathcal{G}^2}{2g} = \frac{96}{Re} \frac{l}{Re} \frac{\mathcal{G}^2}{2g}. \quad (5.21)$$

Agar silindrik quvurdagi laminar harakat tekshirilgandagi kabi

$$\lambda = \frac{96}{Re} \quad (5.22)$$

belgilashni kiritsak, ushbu munosabatni olamiz.

$$H_e = \lambda \frac{l}{4R} \frac{\mathcal{G}^2}{2g} \quad (5.23)$$

Oxirgi munosabatdan foydalanib gidravlik qiyalikni hisoblash formulasini olamiz.

$$J = \frac{H_e}{l} = \lambda \frac{l}{4R} \frac{\mathcal{G}^2}{2g} \quad (5.24)$$

Bu olingan formulalar ma'lum hollarda kontsentrik halqasimon tirqishlardagi laminar harakat uchun ham qo`llanilishi mumkin.

Masalan, plunjerining diametri  $d_1$  tirqishning qalinligidan juda katta bo`lsa ( $d_1 \gg c$ ), plunjer bilan silindr orasidagi halqasimon tirqish uchun qo`llaniladi. Bu holda suyuqlik sarfini hisoblash uchun (5.19) dagi  $b$  o`rniga  $d_1$  ni qo`yish kerak. Ekstsentrik halqasimon tirqishlar uchun sarfini hisoblashda esa (5.19) dagi  $b$  o`rniga  $\pi \frac{d_1 + d_2}{2} = \pi(d_1 + c)$  ni qo`yish kerak; bu yerda  $e$  – plunjer va silindr o`qlari orasidagi ekstsentrisitet. Agar tirqishning qalinligi plunjer diametriga yaqin miqdorlarda o`lchanadigan bo`lsa, u holda halqasimon tirqishdagi harakat uchun boshqacha formulalar chiqarish kerak bo`ladi.

Diametrlari  $d_1$  va  $d_2$ , uzunliklari  $l$  boʻlgan plunjer va silindr orasidagi tirqishda (5.5-rasm) laminar harakat qilayotgan suyuqlik oqimini tekshiramiz. Radiusi  $r_1$  va  $r_2$  boʻlgan ikki silindr orasidagi suyuqlik muvozanatini koʻramiz.

1-1 kesim yuzasi boʻyicha Ox oʻqi yoʻnalishida

$$P_1 = p_1 \pi (r_2^2 - r_1^2)$$

kuch, 2-2 kesim yuzasi boʻyicha

$$P_2 = p_2 \pi (r_2^2 - r_1^2)$$

kuch taʼsir qiladi.

Ichki silindr sirti boʻyicha

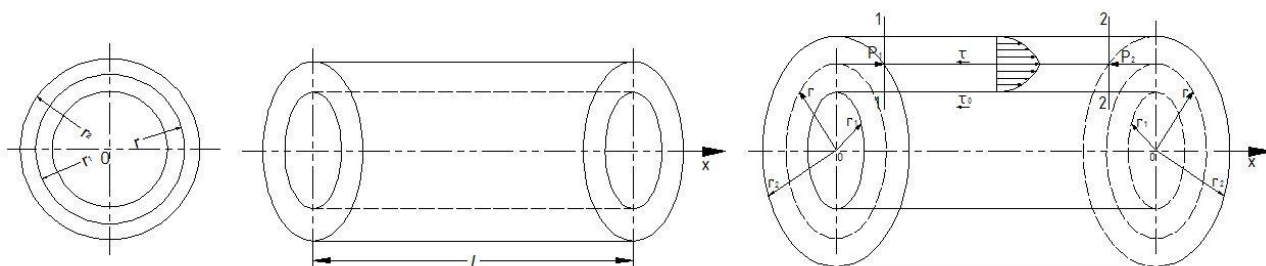
$$T_1 = \tau_0 2\pi r_1 l$$

Tashqi silindr sirti boʻyicha esa

$$T_2 = \tau 2\pi r l = \mu \frac{du}{dr} 2\pi r l$$

kuchlar taʼsir qiladi. Bu holda avvalgi masaladagi kabi suyuqlik hajmining muvozanat sharti boʻyicha quyidagi tenglamani olamiz.

$$\frac{du}{dr} = -\frac{p_1 - p_2}{2\mu l} \frac{r^2 - r_1^2}{r} + \frac{\tau_0}{\mu r}$$



**5.5-rasm. Halqasimon tirqishda suyuqlikning laminar harakatiga doir chizma**

Suyuqlikning tezligi  $r = r_1$  da nolga teng boʻladi. Shuning uchun (5.25) tenglamaning chap tomonini  $O$  dan  $u$  gacha, oʻng tomonini  $r_1$  dan  $r$  gacha integrallab, ushbu munosabatni olamiz.

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l} \left[ (r^2 - r_1^2) - 2 \ln \frac{r}{r_1} \right] + \frac{\tau_0}{\mu} \ln \frac{r}{r_1}$$

Silindrning sirtida ( $r = r_2$ ) ham tezlik nolga teng.

Shuning uchun

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l} \left[ (r_2^2 - r_1^2) - 2 \ln \frac{r_2}{r_1} \right] - 2 \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{\tau_0}{\mu} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

Bu tenglikdan  $\frac{\tau_0}{\mu}$  ni topamiz.

$$\frac{\tau_0}{\mu} = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} \left[ (r_2^2 - r_1^2) \frac{1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} - 2 \right]$$

va (5.26 ) ga qo`yamiz. Shunday qilib, tezlikning kesim bo`yicha taqsimlanishi uchun ushbu munosabatni olamiz.

$$u = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} \left[ (r_2^2 - r_1^2) \frac{\ln \frac{r}{r_1}}{\ln \frac{r_2}{r_1}} - (r^2 - r_1^2) \right].$$

$r_2 - r_1 = c$  ning miqdori  $r_1$  dan juda kichik bo`lganda bir qancha amallardan keyin (5.27 ) dan (5.17 ) ni keltirib chiqarish mumkin. Bu esa yuqorida aytilgan fikrlarni yana bir bor tasdiqlaydi. Halqasimon tirqishdan oqayotgan suyuqlikning maksimal tezligi avvalgidek tirqish balandligining o`rta qismiga to`g`ri kelmaydi. Maksimal tezlikni topish ancha murakkab bo`lgani uchun biz uni keltirmaymiz.

Halqasimon tirqishdan oqayotgan suyuqlikning sarfi quyidagicha hisoblanadi:

$$Q = 2\pi \int_{r_1}^{r_2} u r dr = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l} \pi (r_2^2 - r_1^2) \left[ r_2^2 + r_1^2 - \frac{r_2^2 - r_1^2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right]. \quad (5.28)$$

U holda o`rtacha tezlikni topish uchun sarfni kesim  $-\omega = \pi(r_2^2 - r_1^2)$  ga bo`lamiz.

$$g = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l} (r_2^2 + r_1^2) - \left( \frac{r_2^2 - r_1^2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right). \quad (5.29)$$

Gidravlik yo`qotish esa quyidagicha hisoblanadi.

$$H_e = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{8\nu l \ln \frac{r_2}{r_1}}{(r_2^2 + r_1^2) \ln \frac{r_2}{r_1} - (r_2^2 - r_1^2)} \frac{g}{g}$$

Gidravlik radius

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\pi(r_2^2 - r_1^2)}{2\pi(r_2 - r_1)} = \frac{r_2 + r_1}{2}$$

Demak, Reynolds soni

$$Re = \frac{gR}{\nu} = \frac{g(r_2 + r_1)}{\nu}$$

Buni nazarda tutsak,



$$He = \frac{64(r_2^2 - r_1^2) \ln \frac{r_2}{r_1}}{\operatorname{Re} \left[ (r_2^2 + r_1^2) \ln \frac{r_2}{r_1} - (r_2^2 - r_1^2) \right]} \frac{l}{2(r_2 - r_1)} \frac{g^2}{2g}$$

Avvalgi hollarda belgilashni kiritamiz.

$$\lambda = \frac{64}{\operatorname{Re}} \frac{(r_2^2 - r_1^2) \ln \frac{r_2}{r_1}}{(r_2^2 + r_1^2) \ln \frac{r_2}{r_1} - (r_2^2 - r_1^2)}$$

U holda

$$H_e = \lambda \frac{l}{2(r_2 - r_1)} \frac{g^2}{2g} \quad (5.30)$$

Gidravlik nishablik uchun esa

$$J = \frac{H_e}{l} = \lambda \frac{1}{2(r_2 - r_1)} \frac{g^2}{2g}. \quad (5.31)$$

Ekstsentrik halqasimon tirqishlar uchun hisoblash formulalari murakkab bo`lgani uchun ularni ushbu kitobga kiritmadik.

### **5.5. Laminar oqimning maxsus turlari (o`zgaruvchan qovushqoqlik, obliteratsiya)**

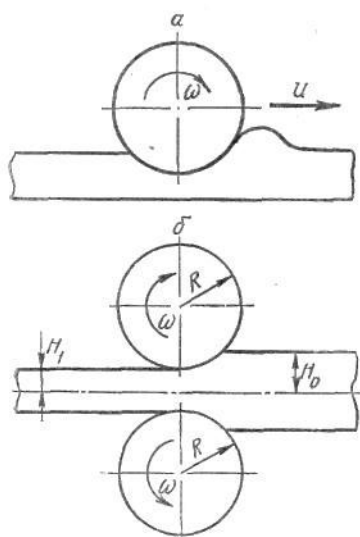
Mashinalar gidravlikasini yaratish rus olimlari A.A.Sablukov, V.A.Pusheshnikov, V.G. Shuxov va boshqalarning nomlari bilan bog`langan.

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 bergan 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 ekstsentrik joylashuvi qo`shimcha kuchlarni vujudga keltiradi va u valdagi 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 ekstsentrik joylashgan holati nazariyasini yaratdilar.

Yuqorida keltirilgan ikki tekis sirtlar orasidagi tirqishda 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.



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

N.P. Petrov nazariyasi boshqa bir qancha masalarni yechishga yordam bera-di. 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`xshash xossaga ega bo`ladi. Bu hodisani birinchi bo`lib I.V. Meshsherskiy tekshiradi. Uning yechimlari S.M. Targning monografiyasida keltirilgan.

Avvalgi paragrafda keltirilgan tekis va silindrik sirtlar orasidagi tirqishda 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 tirqishda oqayotgan suyuqlik ham qiziydi. Bunday hodisa sharikli podshipniklarda ham bo`ladi. Moylovchi suyuqlik qizishi bilan uning qovushoqlik koeffitsiyenti o`zgaradi. Biz qovushoqlik koeffitsiyentining temperaturaga bog`liqligini kinematik qovushoqlik 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, tirqishlarda 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.

Tashqi muhit issiqroq bo`lsa, aksincha, suyuqlikning quvur devoriga yaqin qavatlari tashqaridan issiqlik olib, uning qovushqoqligi kamayadi. Natijada devor yonida tezlik gradiyenti ortadi. Shunday qilib, suyuqlik tashqi muhit bilan issiqlik almashgan hollarda uning qovushqoqligi quvur kesimi bo`yicha o`zgaruvchan bo`lib, tezlik taqsimoti ham o`zgarmas temperaturadagidan boshqacha bo`ladi. Xususan, qizdirishli oqim vaqtida yadrodagı tezlik ortib, tezlik taqsimoti chizig`i cho`ziqroq bo`ladi, aksincha, sovutishli oqimlar holida esa bu chiziq qisqaradi.

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

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

bu yerda  $\text{Re}$  – o`rtacha qovushqoqlik uchun hisoblangan Reynolds soni  $v_g$  - quvur devori yonidagi suyuqlikning qovushqoqligi,  $v_c$  – suyuqlikning o`rtacha qovushqoqligi. Aniqroq hisoblashlar uchun akad. M.A. Mixeyevning kichik Reynolds sonlari bilan hisoblashga chiqargan formulasidan foydalanish mumkin.

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

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

Obliteratsiya intensivligi suyuqlikning turiga, tirqishdagi 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.

#### **V bob bo'yicha nazorat savollari**

1. Laminar harakat ta'rifini keltiring.
2. Laminar harakatdagi gidravlik qarshilaklar.
3. Reynolds tajribalari.
4. Laminar oqimning maxsus turlari
5. Oqimning boshlang'ich bo`lagi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOT

1. Bashta T. M., Rudnev S. S, Nekrasov B. I. va boshqalar, Gidravlika i gidravlicheskiye mashini M., "Mashinostroyeniye" 1980 g.1.
2. Latipov Q.SH. Gidravlika , gidromashinalar va gidroyuritmalar.- Toshkent: O'qituvchi, 1992 y.
3. Shtrenlixt D.V. Gidravlika. M., Energoatomizdat, 1992 g.
4. Kiselev P. G. Gidravlika osnovi mexaniki jidkosti. M., Energiya 1980 g.
5. Osipov P. Ye. Gidravlika i gidravlicheskiye mashini, M., "Lesnaya promishlennost, 1965 g.
6. Uginshus A. A. Gidravlika i gidravlicheskiye mashini, Xarkov, izd. Xarkovskogo Gosuniversiteta im. A. M. Gorkogo 1966g
7. Kostyushenko E.V.,Laptyev V.I., Xolodok L.A. Praktikum po gidravlike I gidromxanizatsii selskoxozyaystvennix protsessov.- Minsk urojay, 1991g.
8. Yufin A. P. Gidravlika, gidravlicheskiye mashini i gidroprivodi M., "Visshaya Shkola", 197 1965g
9. A.Arifjanov, I.Axmedxodjayeva, A.Fatxullayev. Suv resurslari.TIMI, 2008y.
10. Nekrasov B.B. Zadachnik po gidravlike, gidromashinam i gidroprivodu-M „Visshaya shkola“. 1995g.
11. Yesman I. G. Nasosi. Izd. Neftyanoy i Gorno-toplivnoy literaturi. M., 1954 g.
12. Tumarkin M. B. Gidravlicheskiye sledyashie privodi M., "Mashinostroyeniye", 1966 g.
13. Krivshyenko G.I., Gidravlicheskiye mashini, M., Energiya 1978 g.
14. Prokofyev V.N., Danilov Yu.A., Kondakov L.A., Luganskiy A. S., Syelin Yu. A. Aksialno-porshnevoy reguliruyemiy privod, M., "Mashinostroenie" M., 1969 g.
15. Geyyer V. G., Dumin V. S, Borsmenskiy A. G., Zorya A. N. Gidravlika gidroprivod "Nedra" M., 1970 g.
16. K.Sh. Latipov - Suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchlanishi haqida UzSSR FA Axborotlari, texnika fanlari seriyasi, 1980 y. № 6. 43-47- bet.
17. K.Sh. Latipov - Gidravlik qarshilik koeffitsiyentini aniqlashga doir. UzSSR FA Doklidlari 1982 y. № 8; 16-19-bet.
18. Norkin P. K., Latipov K. Sh. Gidrodinamicheskiye peredachi i ob'yemniy gidroprivod (konspekt lektsiy) Izd-vo TashPI Tashkent - 1980 y.

## MUNDARIJA

Kirish	4
<b>V b o b. Suyuqliklarning laminar harakati</b>	<b>7</b>
5.1-§. Tezlikning silindrik quvur kesimi bo`yicha taqsimlanishi	7
5.2-§. Quvur uzunligi bo`yicha bosimning pasayishi (Puazeyl formulasi)	9
5.3-§. Oqimning boshlang`ich bo`lagi	10
5.4.-§. Tekis va xalqasimon tirqishlarda suyuqlikning laminar harakati	12
5.5-§. Laminar oqimning maxsus turlari (o`zgaruvchan, qovushqoqlik, obliteratsiya)	17
<b>FOYDALANILGAN ADABIYOT</b>	<b>21</b>
<b>MUNDARIJA</b>	<b>22</b>

Arifjanov Oybek Muxammedjanovich  
Rahimov Quدرات Toshbotirovich  
Xodjiev Alisher Kuldoshevich

**“GIDRAVLIKA”**

/DARSLIK/

*Ushbu o'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2015 yil 21-avgustdagi “303”-sonli buyrug'iga asosan nashr qilishga ruxsat berilgan.*

*Ro'yxatga olish raqami: 303-058*

Muharrir: **M. MUSTAFAYEVA**

Musahhih: **D. ALMATOVA**

---

*Bosishga ruxsat etildi: 21.08.2015y. Qog'oz o'lchami 60x84 - 1/16*

*Hajmi \_\_\_\_ bosma taboq. \_\_\_\_ nussha. Buyurtma № \_\_\_\_*

*TIMI bosmaxonasida chop etildi.*

*Toshkent-100000. Qori Niyoziy ko'chasi 39 uy.*

