



**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ
ХЎЖАЛИГИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ
МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТ
УНИВЕРСИТЕТИ**



СУЮҚЛИКНИНГ ИККИ ХИЛ (ЛАМИНАР ВА ТУРБУЛЕНТ) ҲАРАКАТ РЕЖИМИ

**«Гидравлика ва гидроинформатика»
кафедраси мудири, т.ф.д., проф.**

А.М. Арифжанов

Такрорлаш учун саволлар

1. Сууюқлик ҳаракатининг турлари;
2. Оқимнинг асосий гидравлик элементлари;
3. Идеал ва реал сууюқликлар учун Д.Бернулли тенгламаси;
4. Д.Бернулли тенгламаси ҳадларининг энергетик ва геометрик маънолари.

1. Ламинар ва турбулент ҳаракат режимлари

Ҳар қандай ҳаракатдаги суюқликда қуйидаги режимлар мавжуд: ламинар (лотин тилида *lamina* – «қатлам-қатлам») ва турбулент (лотин тилида *turbulentus* – «бетартиб»).

Суюқлик ҳаракати давомида ҳар хил режимлар мавжудлигини 1854 йил немис инженер-гидротехниги Г.Хаген, 1880 йил рус олими Д.Менделеевлар ҳам кузатишган.

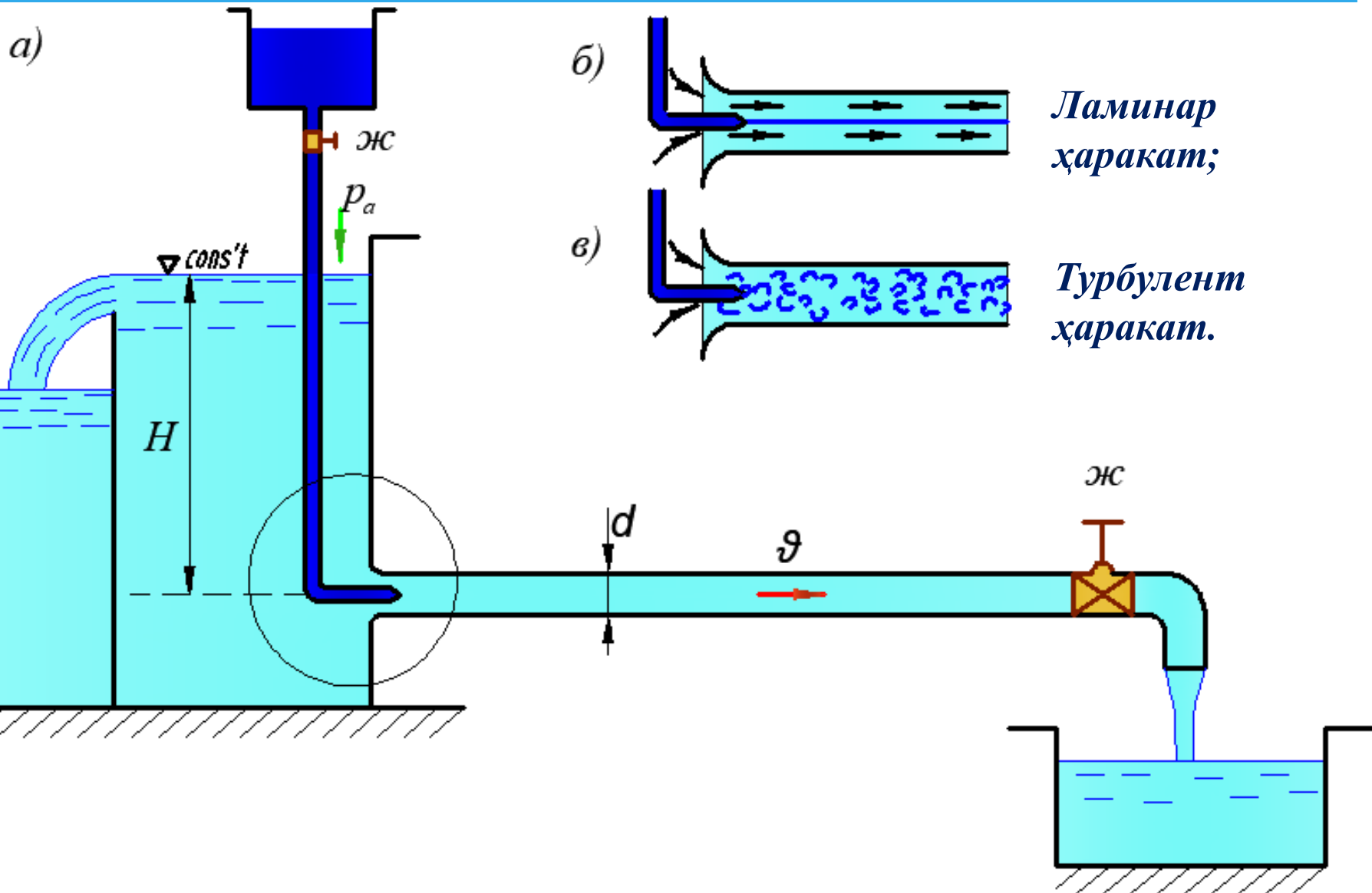
Рейнольдс тажрибалари

Тажрибалар асосида
суюқликнинг икки хил
ҳаракат режими
мавжудлигини 1883 йил
инглиз физиги **О.Рейнольдс**
тасдиқлаган.



О. Рейнольдс
(1842-1912)

Рейнольдс қурилмасы



Ламинар ҳаракат давомида суюқлик заррачалари қатлам-қатлам бўлиб жойлашади ва улар бир қатламдан иккинчи қатламга ўтмайди, оқим торлари эса бир-бирига параллел бўлади:

$$\vartheta < \vartheta_{кр}$$

Турбулент ҳаракат давомида суюқлик заррачалари бетартиб ҳаракат қила бошлайди ва оқим торларининг параллел ҳаракати бузилади:

$$\vartheta > \vartheta_{кр}$$

ϑ - оқимнинг ўртача тезлиги;

$\vartheta_{кр}$ - критик тезлик.

$$\vartheta = \frac{Q}{\omega};$$

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4};$$

Суюқликнинг ҳаракат режимларини характерловчи катталиқка **Рейнольдс мезони (сони)** дейилади. Суюқликнинг ламинар ҳаракатдан турбулент ҳаракатга ўтиши Рейнольдс сони Re нинг маълум критик миқдори билан аниқланади ва у Рейнольдс критик сони $Re_{кр}$ деб аталади.

Цилиндрик қувурларда критик Рейнольдс сони **2320** дан **4000** гача ўзгариши мумкин. Цилиндрик пўлат қувурларда Рейнольдс сони 2320 га тенг бўлиши тажрибаларда кузатилган

$Re < Re_{кр}$ - ламинар ҳаракати режими;

$Re > Re_{кр}$ - турбулент ҳаракати режими.

Цилиндрик қувурлар учун қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$Re = \frac{\mathcal{D}d}{\nu}$$

\mathcal{D} - **оқим тезлиги;**

d - **қувур диаметри;**

ν - **кинематик ёпишқоқлик коэффициентини.**

Турли шаклдаги ноцилиндрик қувурлар ва ўзанлар учун Рейнольдс сони:

$$Re = \frac{\mathcal{D}R}{\nu}$$

R - **гидравлик радиус.**

Кинематик ёпишқоқлик коэффициенти
суюқликнинг хилига ва ҳароратига боғлиқ
равишда ўзгаради.

Кинематик ёпишқоқлик коэффициенти (сув учун)

$t^{\circ}\text{C}$	0	5	10	15	20	30	50
ν, cm^2/c	0,0178	0,0152	0,0131	0,0124	0,0114	0,0081	0,0054

2.Ламинар ҳаракат режими

Цилиндрик пўлат қувурда:

$$Re < Re_{кр} = 2320$$

Суюқликларда ички
кучланиш:

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

Ньютон гипотезаси асосида
аниқланади
(1686-й.)



Исаак Ньютон

Ламинар ҳаракатнинг математик модели Навье - Стокс тенгламаси асосида ифодаланади.

**Тенгламалар системаси А.Навье (1826й.), француз муҳандиси,
Дж.Г.Стокс (1847й) Кембридж университети профессори, томонларидан тавсия этилган .**

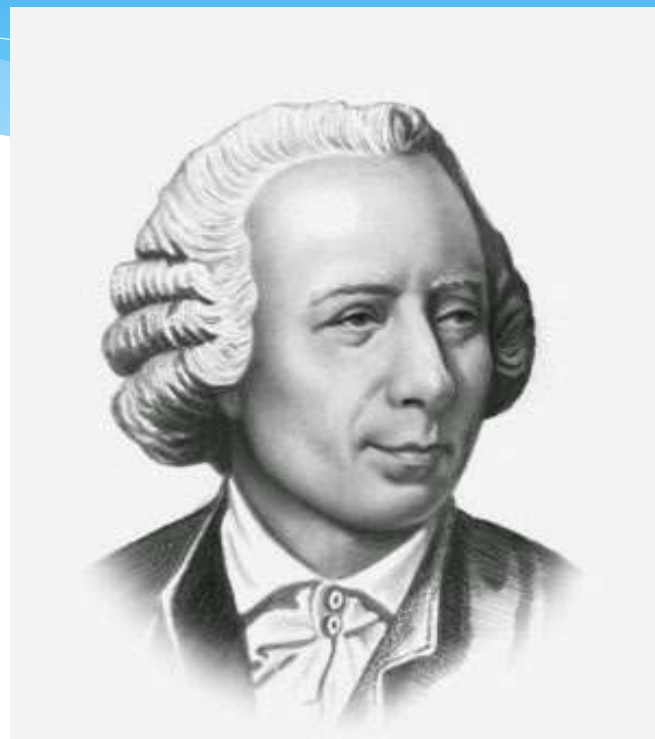
$$\frac{du_x}{dt} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right)$$

$$\frac{du_y}{dt} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial z^2} \right)$$

$$\frac{du_z}{dt} = Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right)$$

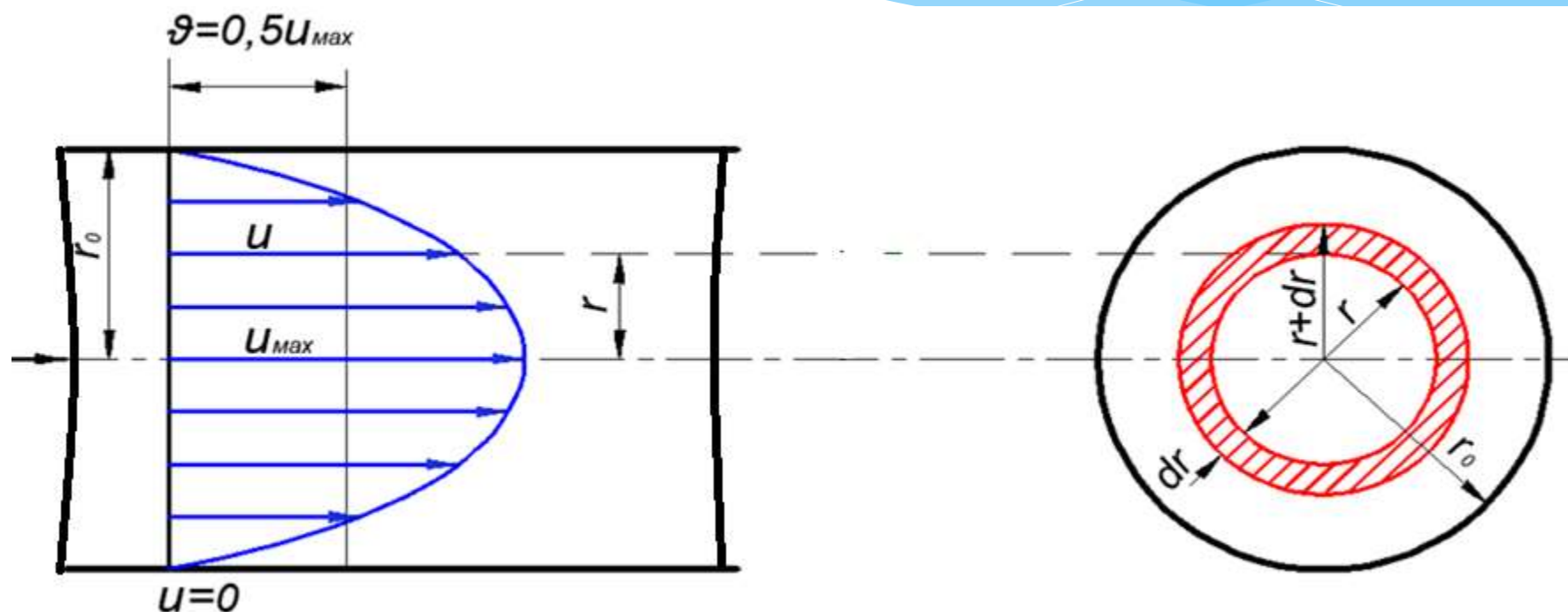
ҲАРАКАТДАГИ ИДЕАЛ СУЮҚЛИКНИНГ ДИФФЕРЕНЦИАЛ ТЕНГЛАМАЛАРИ

$$\left. \begin{aligned} \frac{du_x}{dt} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{du_y}{dt} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{du_z}{dt} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned} \right\}$$



Леонард Эйлер
(1707-1783)

Ламинар ҳаракат режимида қувур девори сиртидаги қаватнинг тезлиги нолга тенг бўлиб, қувур ўқиға яқинлашган сари тезлик ошиб боради ва қувур ўқида тезлик максимал қийматга эга бўлади.



Қувур кўндаланг кесими бўйича тезликнинг тақсимооти

У ҳолда, цилиндрик қувурдаги ҳаракат тезлиги, кўндаланг кесим бўйлаб парабола қонуни асосида тақсимланган бўлиб қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$u = \frac{\gamma}{4\mu} J(r_0^2 - r^2)$$

бу ерда: γ – солиштирма оғирлик;
 μ – динамик ёпишқоқлик коэффиценти.

Бу ердан сарф:

$$Q = \int u d\omega$$

$$Q = 2\pi \int_0^{r_0} u r dr;$$

$$Q = \frac{\pi g J}{128\nu} d^2$$

3. Турбулент ҳаракат режими

Сувнинг дарёлардаги, каналлардаги, гидротехник иншоотлардаги ҳаракати асосан турбулент режимда бўлади.















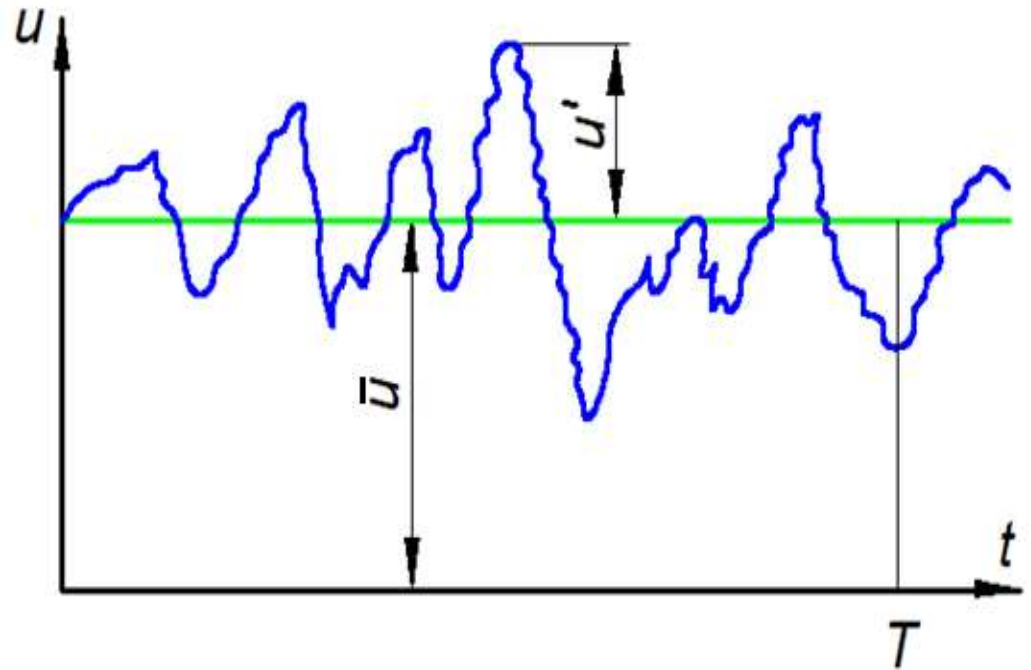


Цилиндрик кувурда: $Re > Re_{кр} = 2320$

Ўрталанган тезлик : $\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T u dt$

Тезлик пульсацияси: u'

$$u = \bar{u} + u';$$

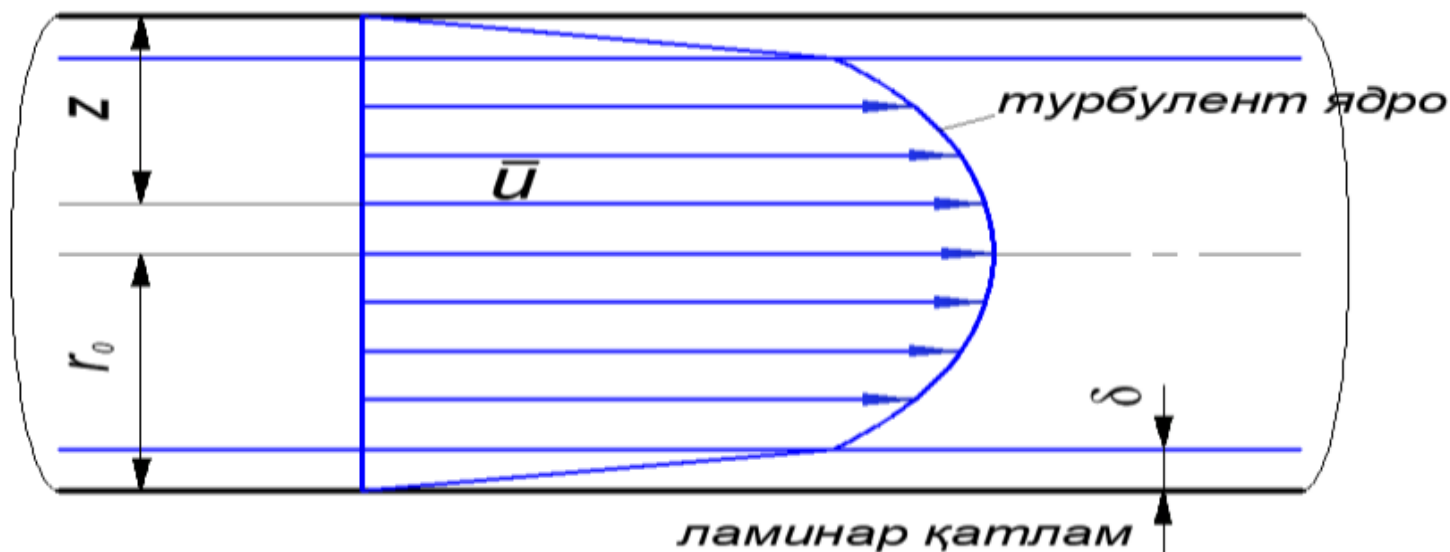


Турбулент ҳаракат режимининг мохияти ҳали тўлиқ ўрганилмаган. Ҳозирги кунда турбулент ҳаракатни ифодалашнинг бир неча моделлари мавжуд.

Уринма кучланиш:

$$\tau \neq \mu \frac{du}{dy};$$

$$\tau = \tau_l + \tau_T;$$



Мавжуд моделлар

О. Рейнольдс модели:

$$\tau_T = -\rho u'_x u'_y$$



О.Рейнольдс

Прандтль-Карман модели:

$$\tau_T = \rho l^2 \left(\frac{du}{dz} \right)^2 ;$$

$$u = \frac{u_*}{\kappa} \ln z + c \text{ -тезликнинг логарифмик тақсимооти;}$$

κ -Карман параметри;

u_* -динамик тезлик.



Прандтль Людвиг

К.Ш. Латипов модели:

$$\tau_T = \mu \frac{du}{dy} + \int_0^z L du;$$

$$u = \frac{\rho g i}{L} \left(\frac{ch \sqrt{La} z}{ch \sqrt{La} h} - 1 \right)$$

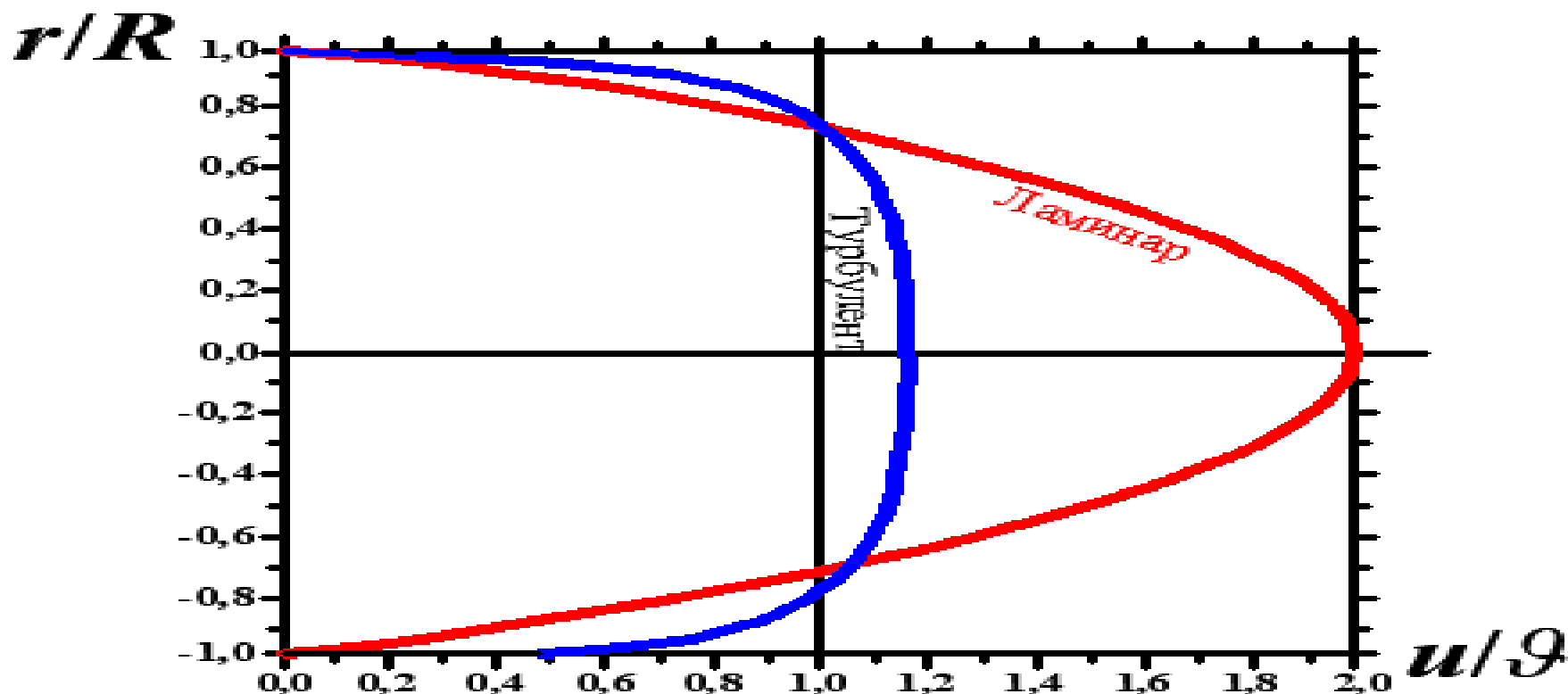
ch -гиперболик косинус;

La -Латипов параметри.



К.Ш. Латипов

Ламинар ва турбулент ҳаракат режимида тезлик тақсимоти



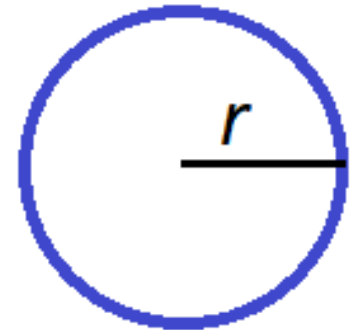
Хулосалар:

1. Ихтиёрий шаклдаги қувурларда суюқлик оқимининг ҳаракатини ўрганишда, қувур диаметри ўрнига гидравлик радиус ёрдамида Рейнольдс сонини (мезони) аниқлаш мумкин :

Цилиндрик шаклдаги қувурлар учун гидравлик радиус:

$$\omega = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}; \quad R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{d}{4};$$

$$\chi = 2\pi r = \pi d; \quad d = 4R;$$



$$Re_d = \frac{\rho d v}{\nu} = \frac{\rho (4R) v}{\nu} = \underline{\underline{4Re}}$$

2. Гидротехника амалиётида, асосан, оқимнинг турбулент ҳаракати кузатилади. Фақат ер ости сувлари ҳаракати бундан мустасно. Ёпишқоқ суюқликлар ҳаракати эса, асосан, ламинар тартибда кузатилади.

3. Шунинг таъкидлаш жоизки, гидродинамиканинг асосий тенгламалари (узлуксизлик тенгламаси, Д.Бернулли тенгламаси) ҳар иккала ҳаракатлар учун ўринлидир. Фақат Д.Бернулли тенгламасидаги солиштирма энергия (напор) йўқолиши ҳар хил ифодалар ёрдамида аниқланади.

4. Тажрибалар асосида Рейнольдс сонининг критик қиймати қуйидагича аниқланган.

а) айлана цилиндрик шаклдаги қувурларда напорли ҳаракатланаётган суюқлик оқими учун:

$$Re_{кр} \approx 2320 \quad \text{ёки} \quad \underline{\underline{Re_{кр} \approx 500 \div 564}}$$

б) тўғри бурчакли очик каналларда ҳаракатланаётган суюқликлар учун Хопф тажрибасига асосан, бу катталиқ

$$\underline{\underline{Re_{кр} \approx 300}} \quad \text{га тенг.}$$

МУСТАҚИЛ ТОПШИРИҚ

“Суюқликнинг ҳаракат режимлари” мавзусига КОНЦЕПТУАЛ жадвал тузинг

Суюқликнинг ҳаракат режимлари	Таърифлар, тоифалар, хусусиятлар ва бошқалар				
	Рейнольдс сони	Тезлик тақсимоти	Ньютон гипотезаси	Кориолис коэффициенти	Ўртача тезлик
Ламинар ҳаракат					
Турбулент ҳаракат					

ЭЪТИБОРИНГИЗ УЧУН РАХМАТ