



СУЮҚЛИКНИНГ ИККИ ХИЛ (ЛАМИНАР ВА ТУРБУЛЕНТ) ҲАРАКАТ РЕЖИМИ

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

А.М. Арифжанов

Назорат саволлари

1. Суюқликнинг барқарор ҳаракати учун узилмаслик (узлуксизлик) тенгламаси;
2. Ҳаракатдаги идеал суюқликнинг дифференциал тенгламаси;
3. Идеал суюқлик учун Д.Бернулли тенгламаси;
4. Реал суюқлик учун Д.Бернулли тенгламаси.

РЕЖА:

1. Рейнольдс тажрибалари;
2. Ламинар ҳаракат режими;
3. Турбулент ҳаракат режими.

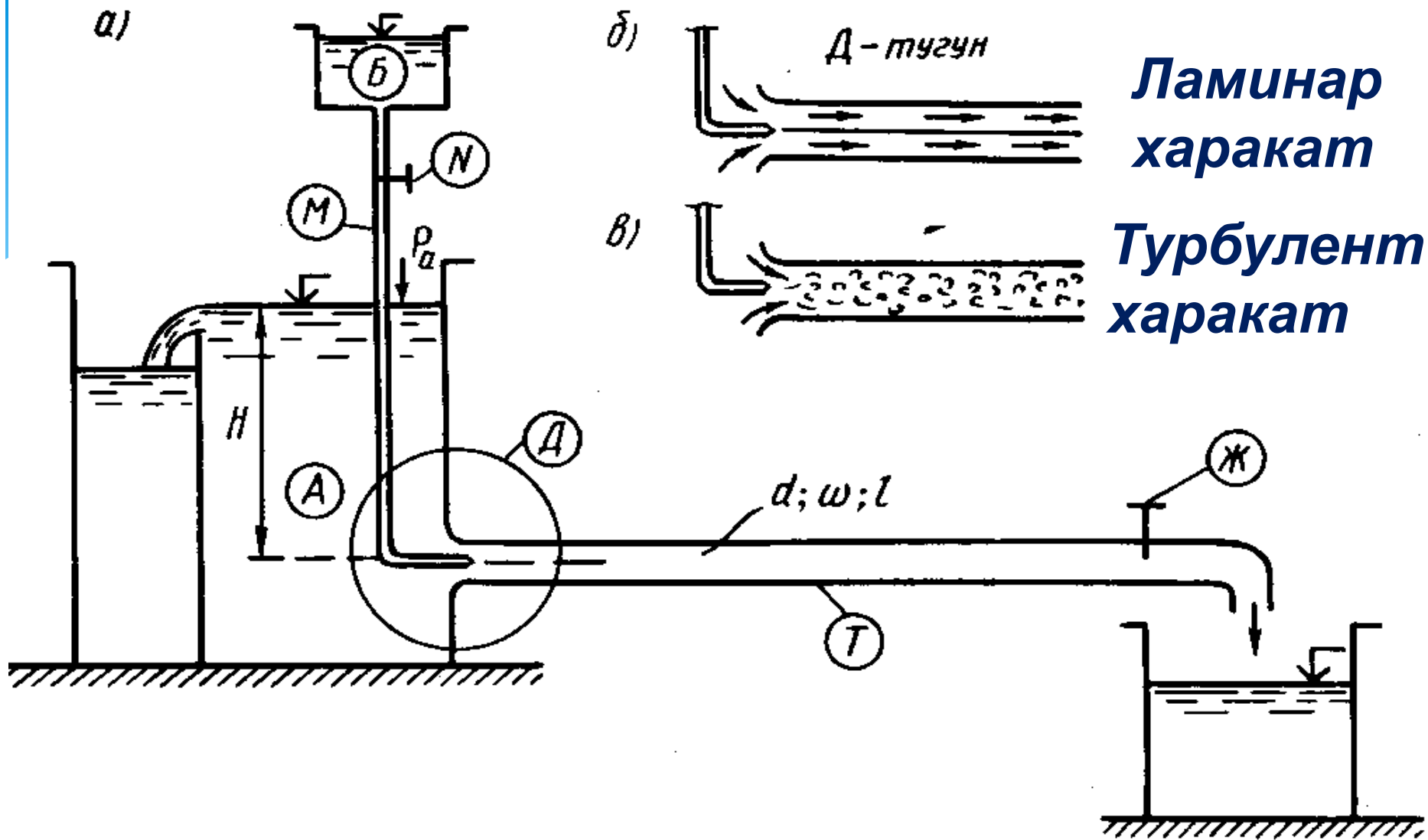
Таянч иборалар: «Рейнольдс сони», «ламинар», «турбулент», «критик Рейнольдс сони», «тезлик тақсимоти», «тезлик пульсацияси», «турбулент ҳаракат модели».

1. Рейнольдс тажрибалари

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

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

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



Рейнольдс қурилмасы

Ламинар ҳаракат:

$$\mathcal{D} < \mathcal{D}_{кр}$$

Турбулент ҳаракат:

$$\mathcal{D} > \mathcal{D}_{кр}$$

бу ерда:

\mathcal{D} - оқим тезлиги;

$\mathcal{D}_{кр}$ - критик тезлик.

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

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

**Суюқликнинг ҳаракат режимларини
характерловчи катталиқка Рейнольдс сони
дейлади ва цилиндрик қувурлар учун
қуйидаги формула орқали аниқланади:**

$$\text{Re} = \frac{\rho d v}{\mu}$$

**Турли шаклдаги ноцилиндрик қувурлар
ва ўзанлар учун Рейнольдс сони:**

$$\text{Re} = \frac{\rho 4R v}{\mu}$$

Бу ерда:

$$\mathcal{I} = \frac{\dots}{\dots} - ?$$

$$R = \frac{\dots}{\dots} - ?$$

$$\omega - ?$$

$$\chi - ?$$

ν - кинематик ёпишқоқлик коэффициентини бўлиб, суюқликнинг хилига ва ҳароратига боғлиқ равишда ўзгаради.

Қуйидаги жадвалда сув учун ёпишқоқликнинг кинематик коэффициентини келтирилган:

Кинематик ёпишқоқлик коэффициентини

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

Суюқликнинг ламинар ҳаракатдан турбулент ҳаракатга ўтиши Рейнольдс сони Re нинг маълум критик миқдори билан аниқланади ва $Re_{кр}$ Рейнольдс критик сони деб аталади.

$$Re < Re_{кр}$$

-режими;

$$Re > Re_{кр}$$

-режими.

Хулосалар:

1. Суюқлик оқимининг ихтиёрий шаклдаги қувурларда ҳаракатини ўрганишда, гидравлик радиус ўрнига қувур диаметри ёрдамида Рейнольдс сонини аниқлаш мумкин.

$$Re_D = \frac{\rho D}{\nu} = \frac{\rho(4R)}{\nu} = \underline{\underline{4Re}}$$

$$Re < Re_{кр}$$

Агар $Re > Re_{кр}$
ҳаракати;

бўлса, оқимнинг ламинар

Агар
ҳаракати кузатилади.

бўлса, оқимнинг турбулент

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

3. Шунини таъкидлаш жоизки, юқорида келтирилган гидродинамиканинг асосий тенгламалари (узлуксизлик, Бернулли) ҳар иккала ҳаракатлар учун ўринлидир. Фақат Бернулли тенгласидаги энергия (напор) йўқолиши ҳар хил ифодалар ёрдамида аниқланади.

4. Тажрибалар асосида бу соннинг критик қиймати қуйидагича аниқланган.

а) айлана цилиндрик шаклдаги қувурларда босим остида ҳаракатланаётган суюқлик оқими учун

$$\underline{\underline{Re_{кр} \approx 500 \div 564}}$$

Нега $Re_{кр} = 2320$ эмас?*

$Re_{кр}$ - қандай ҳисобланган?*

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

$$\underline{\underline{Re_{кр} \approx 300}}$$

га тенг.

2.Ламинар ҳаракат режими

Цилиндрик пўлат трубада:

$$Re \dots * \dots Re_{кр} = 2320$$

Ички ишқаланиш кучи:

$$\tau = -\mu \frac{du}{dy} - \dots * \underline{\hspace{2cm}} \text{гипотезаси}$$

Қувур девори сиртидаги қаватнинг тезлиги нолга тенг бўлиб, қувур ўқиға яқинлашган сари тезлик ошиб боради ва қувур ўқида тезлик максимал қийматга эға бўлади.

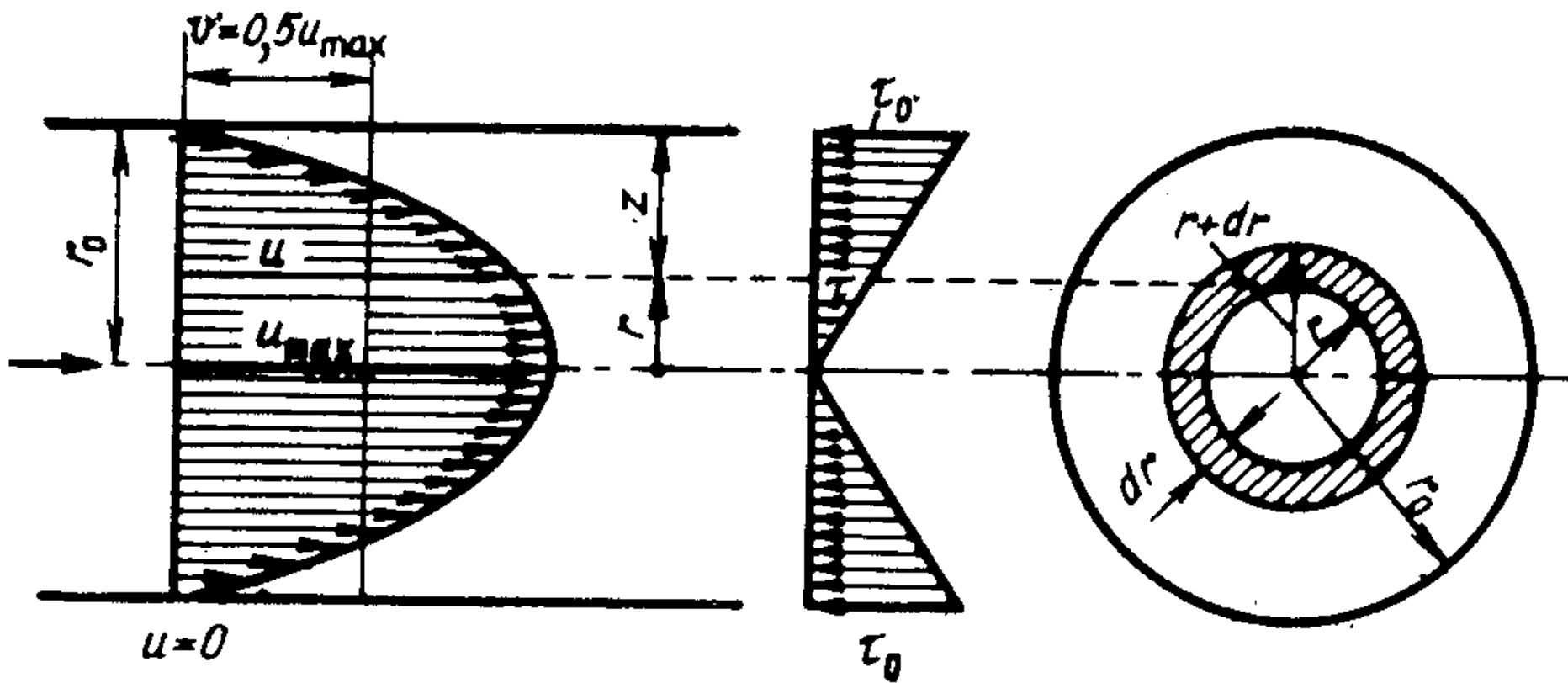
Тажрибалар асосида:

$$\tau = \gamma \frac{r}{2} J_e$$

бу ерда:

$J_{\dot{a}}$ -*

γ -*



Қувур кўндаланг кесими бўйича
тезликнинг тақсимоти

Ишқаланиш кучларини ўзаро тенглаштириб

$$\tau = \tau_0$$

Қуйидаги тенгликка эга бўламиз:

$$\gamma \frac{r}{2} J = -\mu \frac{du}{dx}$$

бундан
$$du = -\frac{\rho g J}{2\mu} r dr$$

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

$$u = \frac{\gamma}{4\mu} Jr^2 + C \quad \text{ёки} \quad u = \frac{\gamma}{4\mu} J(r_0^2 - r^2)$$

Бу ердан сарф:

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

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



3. Турбулент харакат режими







29/09/2006

Цилиндрик трубада:

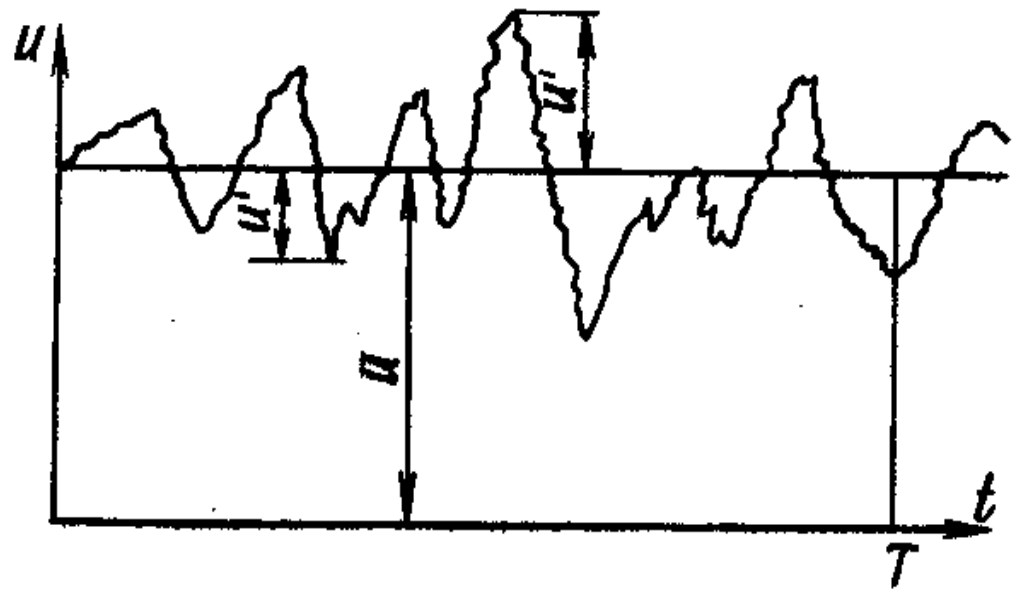
$$\text{Re} \dots * \dots \text{Re}_{кр} = 2320$$

Ўрталанган тезлик

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

Тезлик пульсацияси:

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



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

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

Мавжуд моделлар:

Рейнольдс:

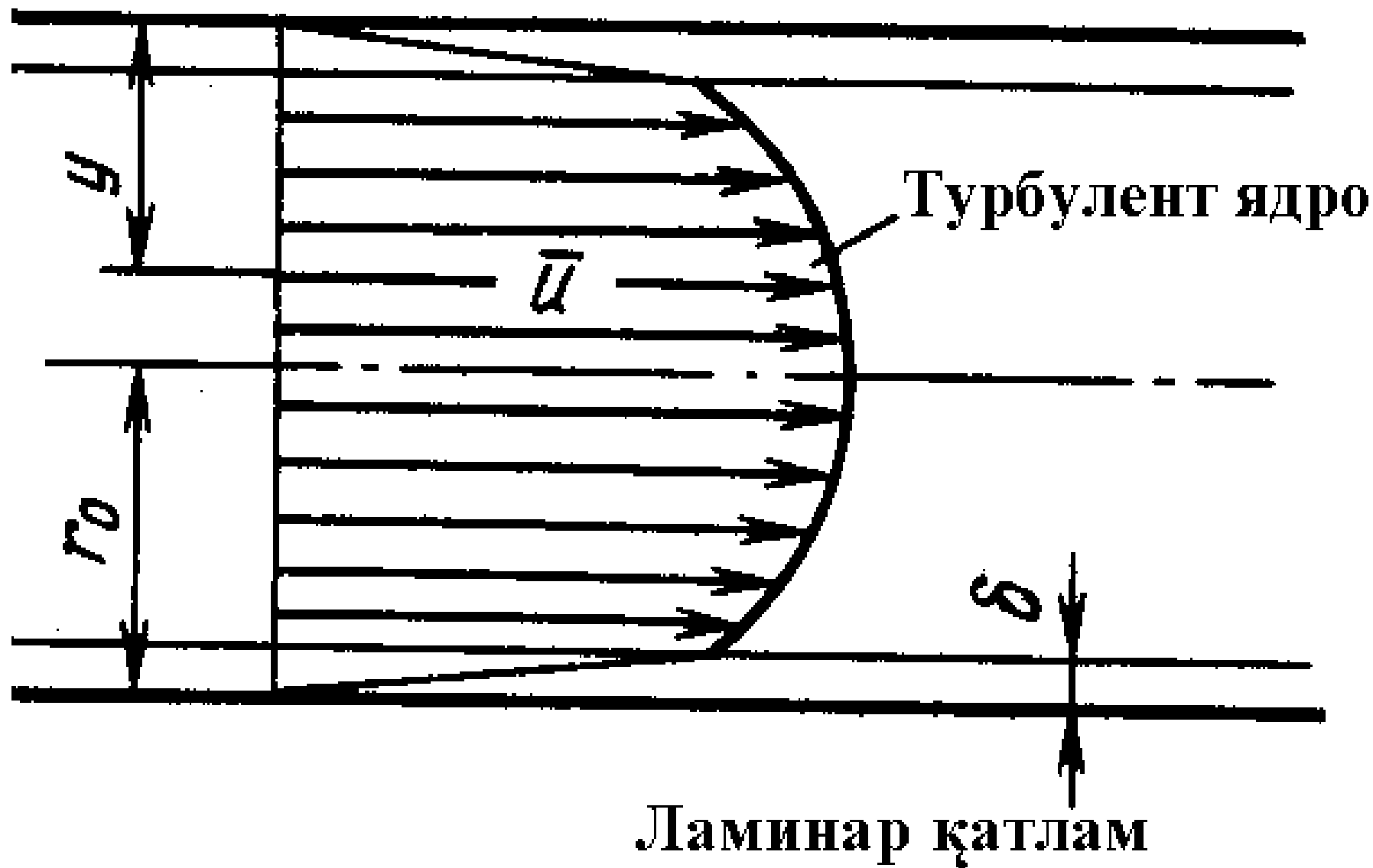
$$\tau_T = -\rho u'_x u'_y$$

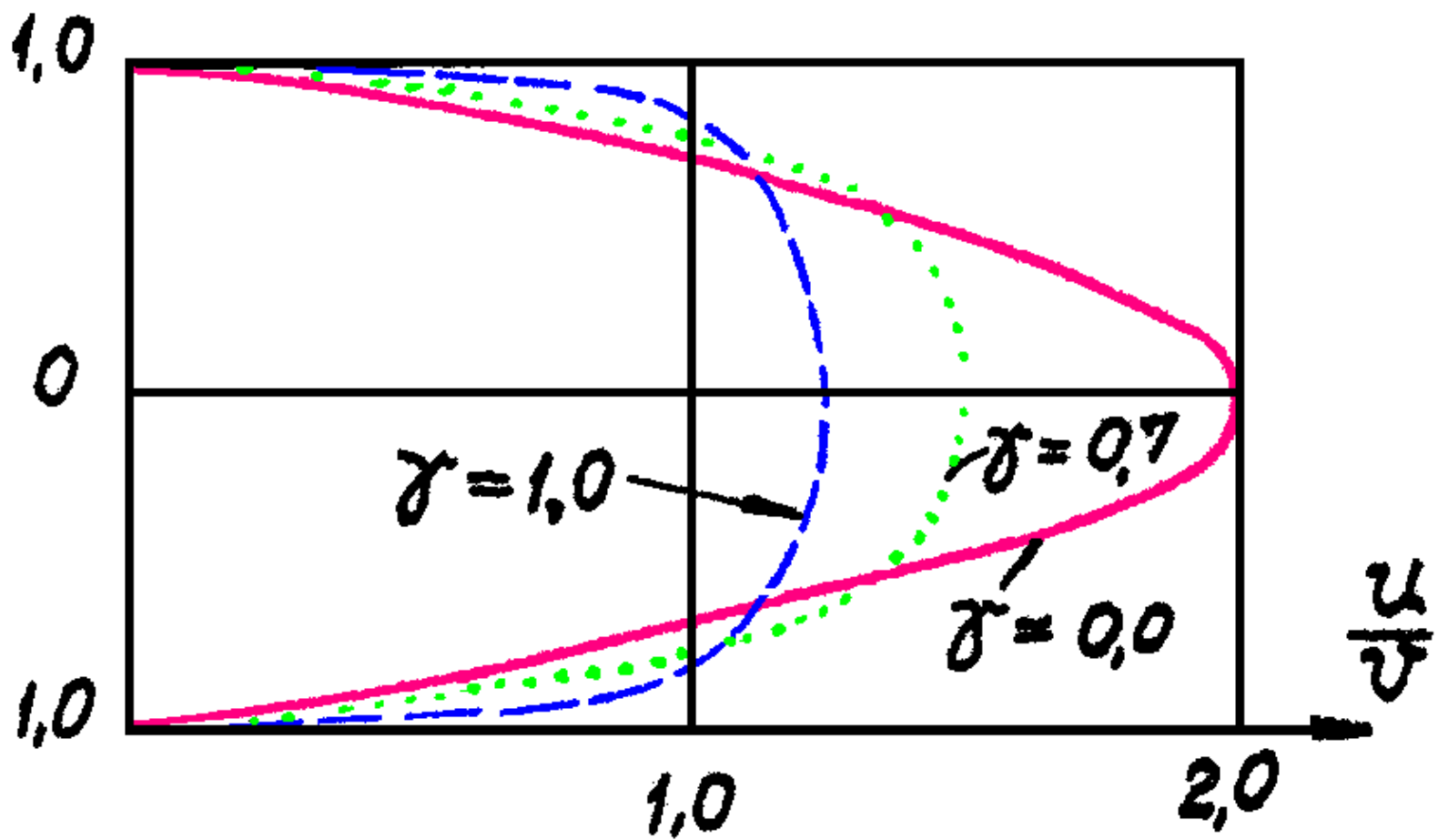
Прандтль-Карман:

$$\tau_T = \rho x^2 \left(\frac{d\bar{u}}{dy} \right)^2$$

К.Ш.Латипов:

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





Тезлик тақсимоти:

$$u = \frac{u_x}{x} \ln y + C$$

C – интеграллаш доимийси.

Мустақил ечинг

1. Ҳарорати $t=20$ С бўлган сув диаметри $d=100$ мм ли қувурда ламинар ҳаракат қилмоқда. Сувнинг тезлиги қанча бўлиши мумкин.

2. Ҳарорати $t=20$ С бўлган сув диаметри $d=50$ мм ли қувурда ламинар ҳаракат қилмоқда. Сувнинг тезлиги қанча бўлиши мумкин.

3. Ҳарорати $t=30$ С бўлган сув диаметри $d=100$ мм ли қувурда ламинар ҳаракат қилмоқда. Сувнинг тезлиги қанча бўлиши мумкин.

4. Ҳарорати $t=12$ С бўлган сув диаметри $d=75$ мм ли қувурда ламинар ҳаракат қилмоқда. Сувнинг тезлиги қанча бўлиши мумкин.

Жавоблар

t, °C	ν, см²/с	d, см	Re	V < ... см/с
12	0,013	10	2320	3,016
20	0,011	5	2320	5,10
30	0,008	10	2320	1,86
10	0,0131	10	2320	3,04
12	0,013	7,5	2320	4,02

1. Диаметри $d=200$ мм қувурда нефть ҳаракат қилмоқда ($v=0,15$ см²/с). Суюқлик тезлиги $g=10$ см/с .
Рейнольдс сонини ва ҳаракат режимини аниқланг.

2. Диаметри $d=100$ мм қувурда нефть ҳаракат қилмоқда ($v=0,15$ см²/с). Суюқлик тезлиги $g=30$ см/с .
Рейнольдс сонини ва ҳаракат режимини аниқланг.

3. Диаметри $d=300$ мм қувурда нефть ҳаракат қилмоқда ($v=0,15$ см²/с). Суюқлик тезлиги $g=40$ см/с .
Рейнольдс сонини ва ҳаракат режимини аниқланг.

4. Диаметри $d=400$ мм қувурда нефть ҳаракат қилмоқда ($v=0,15$ см²/с). Суюқлик тезлиги $g=60$ см/с .
Рейнольдс сонини ва ҳаракат режимини аниқланг.

5. Диаметри $d=300$ мм қувурда нефть ҳаракат қилмоқда ($v=0,15$ см²/с). Суюқлик тезлиги $g=45$ см/с .
Рейнольдс сонини ва ҳаракат режимини аниқланг.

Жавоблар

d, см	ν, см²/с	V, см/с	Re	Х.р.
20	0,15	10	1333	ламинар
10	0,15	30	2000	ламинар
30	0,15	40	8000	турбулент
40	0,15	60	16000	турбулент
30	0,15	45	9000	турбулент

Амалий топшириқ

Гуруҳч алар	d <i>мм</i>	v <i>см²/с</i>	W , <i>см³</i>	t , <i>секунд</i>	Ҳаракат режими	R_e
1	10	0,01	2160,7	298,07		
2	10	0,01	5524,3	76,21		
3	10	0,01	3265,2	225,22		
4	10	0,01	6075,1	41,90		

“Суюқликнинг ҳаракат режимлари” мавзусига КОНЦЕПТУАЛ жадвал тузинг

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

“Суюқликнинг ҳаракат режимлари” мавзусига КОНЦЕПТУАЛ жадвал тузинг

Суюқликнинг ҳаракат режимлари	Таърифлар, тоифалар, хусусиятлар ва бошқалар				
	<i>Рейнольдс сони</i>	<i>Тезлик тақсимоти</i>	Ньютон гипотезаси	Кориолис коэффиценти α	Ўртача тезлик
Ламинар ҳаракат	2320 кичик	Парабола қонуни	Ишлайди	$\alpha = 2$	
Турбулент ҳаракат	2320 дан катта	Аниқ қонуни ишлаб чиқилмаган	Ишламайди	$\alpha \approx 1,1$ атрофида	

ЭЪТИБОРИНГИЗ УЧУН РАХМАТ