



**Ташкентский институт ирригации и механизации
сельского хозяйства**



Уравнение движения потока воды и распределение скорости. Режимы движения воды

Кафедра Гидравлика
и гидроинформатика

проф. И.А.Ахмедходжаева

План

- Режимы движения потока воды.
- Распределение скоростей при ламинарном и турбулентном режимах.

Основные понятия:

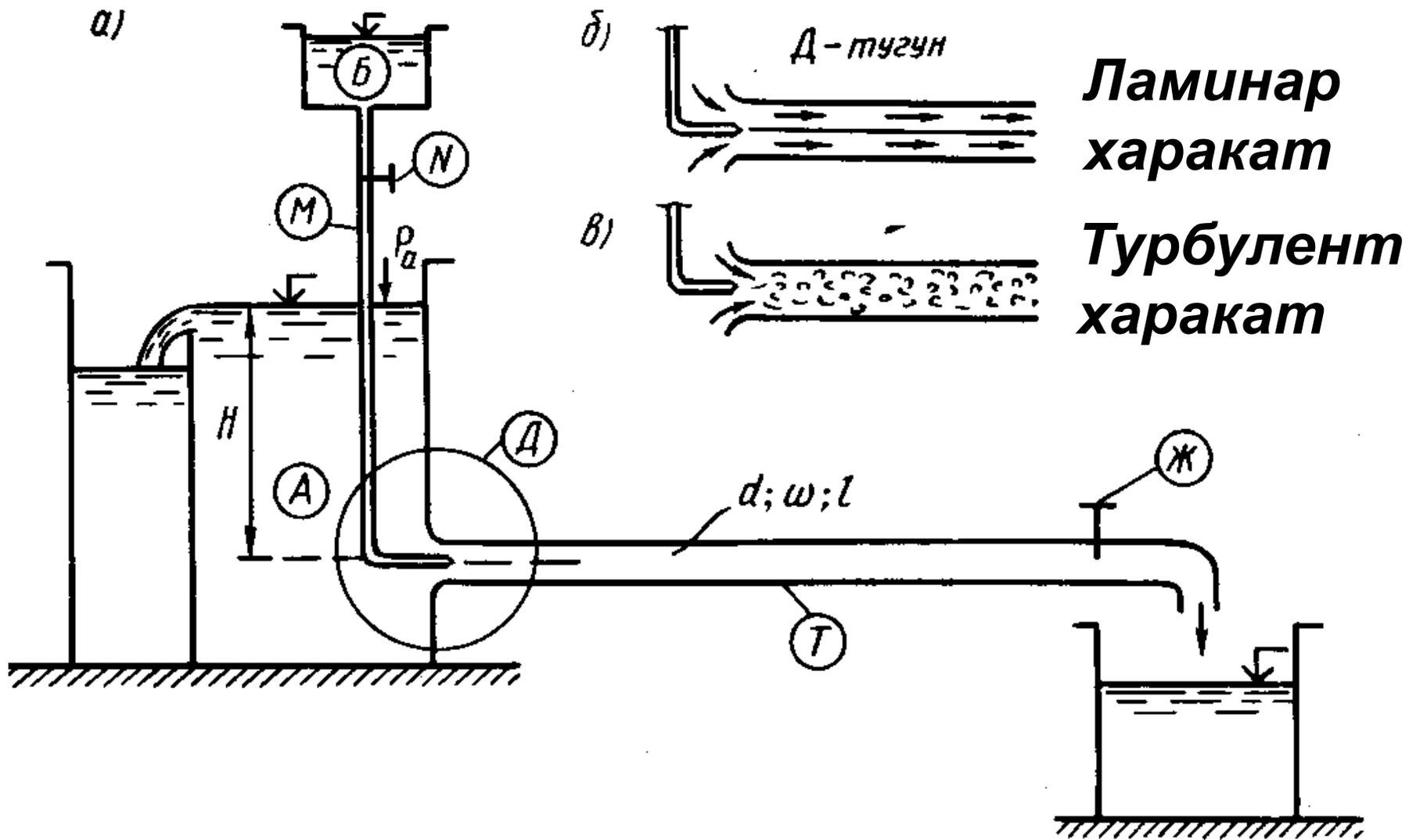
- *Режимы движения воды; ламинарное, турбулентное движение;*
- *Число Рейнольдса;*
- *Гипотеза Ньютона;*
- *Средняя скорость.*

Режимы движения воды

Слово *ламина* (с латинского— «слой») и *турбулент* (с латинского языка— «беспорядочное»).

При движении жидкости наличие двух режимов наблюдали в 1854 году немецкий инженер-гидротехник Г.Хаген, и в 1880 году русский ученый Д.Менделеев.

На основании опытов наличие двух режимов при движении жидкости определил в 1883 году английский физик О.Рейнольдс.



Установка Рейнольдса

Ламинарный режим движения :

$$\mathcal{D} < \mathcal{D}_{кр}$$

Турбулентный режим движения :

$$\mathcal{D} > \mathcal{D}_{кр}$$

здесь:

\mathcal{D} - скорость потока;

$\mathcal{D}_{кр}$ - критическая скорость.

Параметр, характеризующий режим движения жидкости называется числом Рейнольдса

Для цилиндрических труб
число Рейнольдса

$$Re = \frac{g d}{\nu} \quad \text{или}$$

Для нецилиндрических
труб число Рейнольдса

$$Re = \frac{g \cdot 4R}{\nu}$$

Здесь:

g - средняя скорость; d – диаметр трубы;
 R – гидравлический радиус;

$$R = \frac{\omega}{\chi};$$

Здесь:

ω - площадь живого сечения;

χ - смоченный периметр.

ν - кинематический коэффициент вязкости, зависит от вида и температуры жидкости.

В следующей таблице представлены значения кинематического коэффициента вязкости для воды.

Кинематический коэффициент вязкости

$t^{\circ}\text{C}$	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

Ламинарный режим движения

В цилиндрических стальных трубах:

$$Re \dots * \dots Re_{кр} = 2320$$

Сила внутреннего трения :

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

Скорость слоя у стенок трубы равна нулю, ближе к оси она увеличивается и достигает максимального значения на оси трубы.

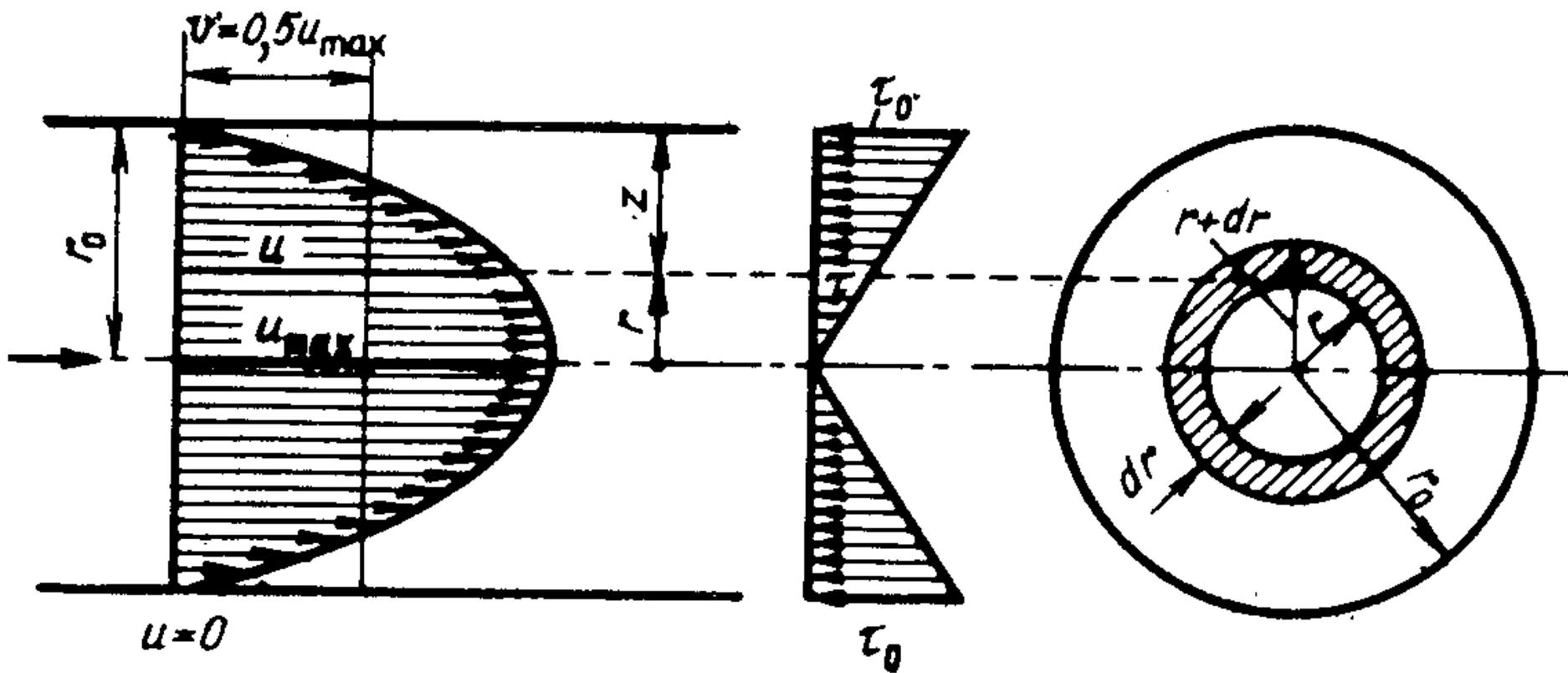
На основе опытов :

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

здесь:

J_e - *

γ - *



Распределение скорости вдоль живого сечения

Приравняв силы трения:

$$\tau = \tau_0$$

Получим следующее выражение:

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

отсюда

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

Тогда скорость движения потока в цилиндрических трубах, распределяясь вдоль поперечного сечения по закону параболы, примет следующий вид :

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

Отсюда расход:

$$Q = 2\pi \int_0^{r_0} ur dr; \quad Q = \frac{\pi g J}{128\nu} d^2$$

Турбулентный режим движения

В цилиндрических трубах:

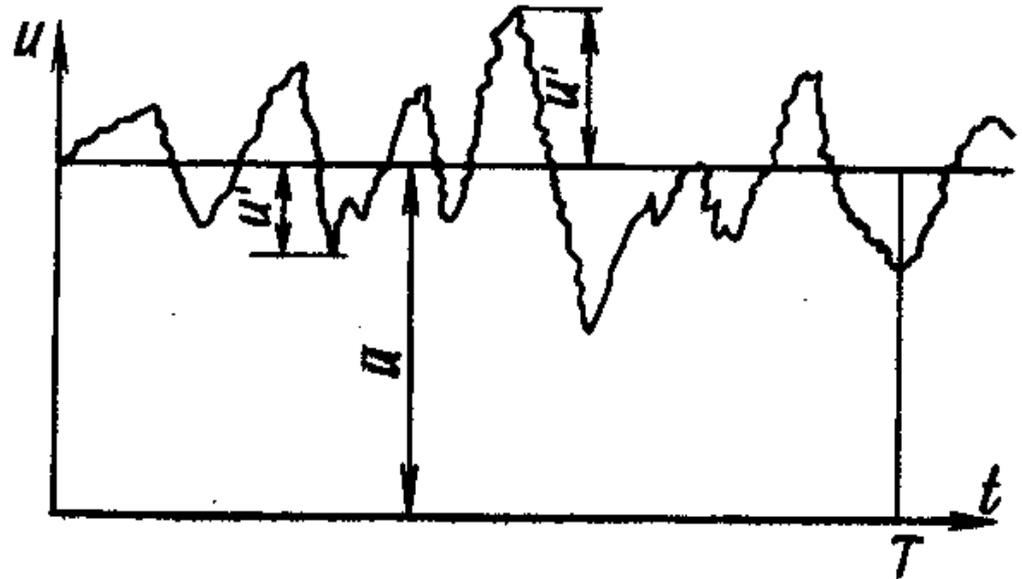
$$Re \dots * \dots Re_{кр} = 2320$$

Осредненная скорость

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

Пульсация скорости:

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



Для турбулентного режима

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

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

Существующие модели:

Рейнольдса:

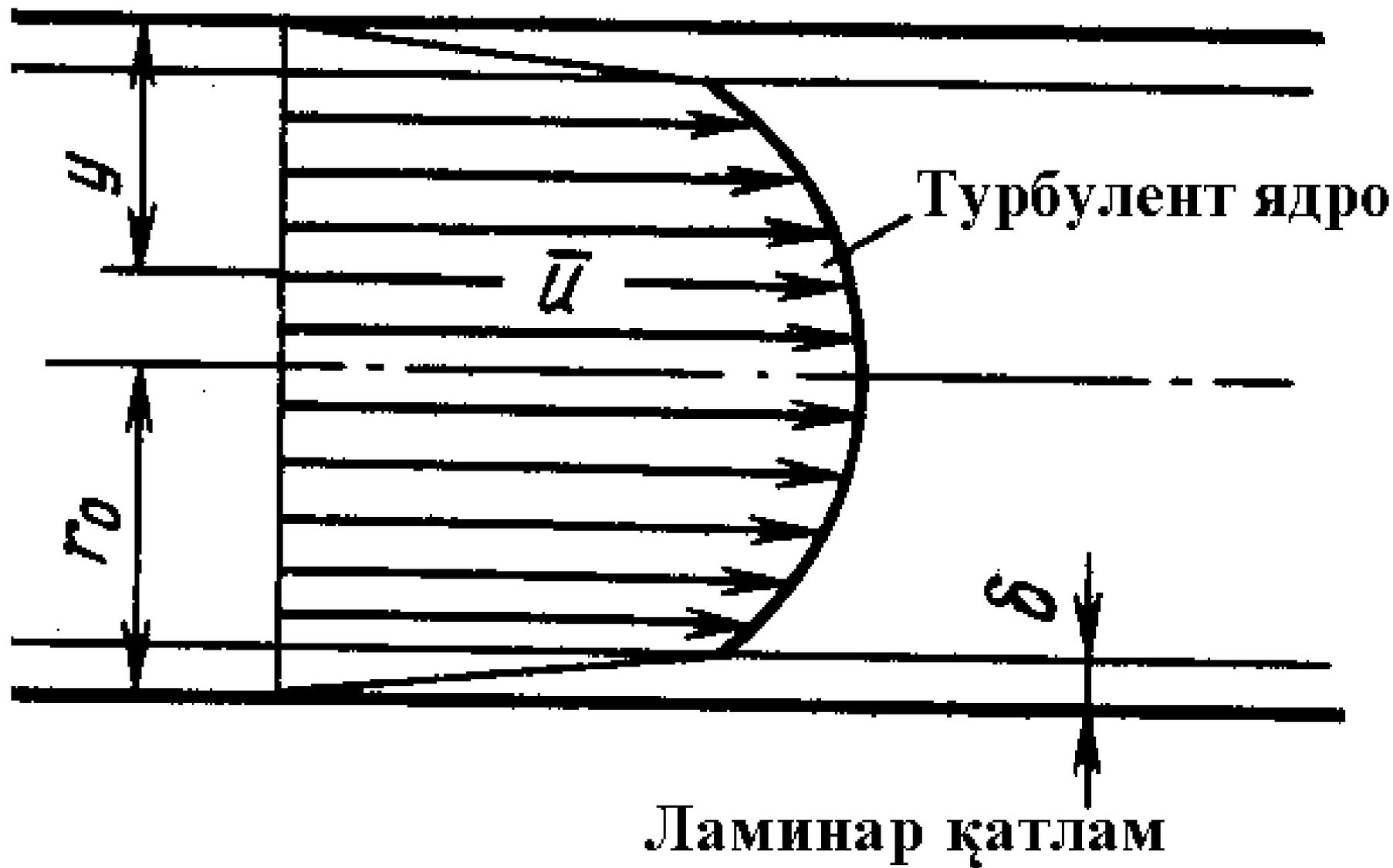
$$\tau_T = -\rho \overline{u'_x u'_y}$$

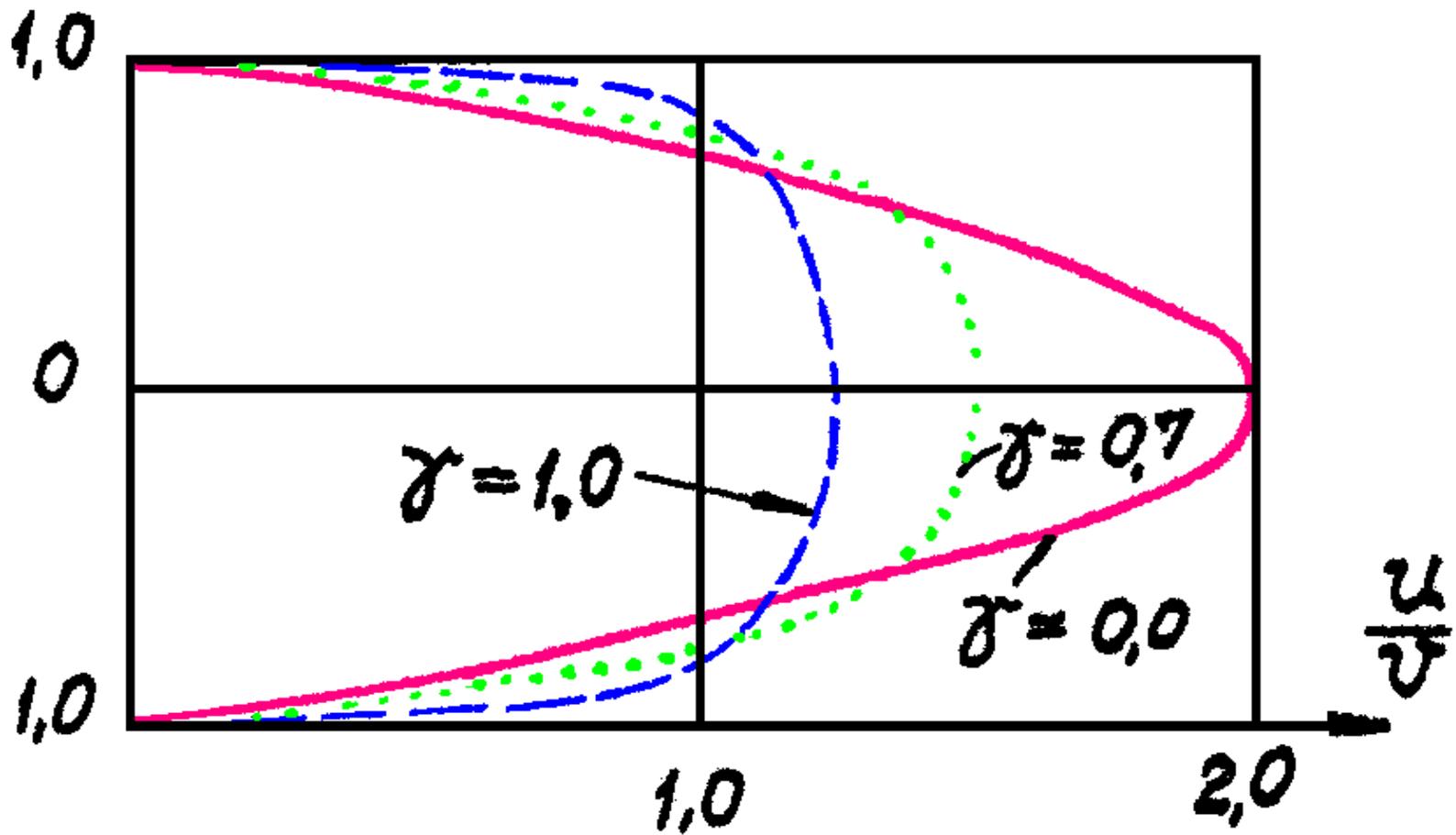
Прандтль-Кармана:

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

К.Ш.Латипова:

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





Распределение скорости :

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

C – постоянная интегральная .

Задачи

- 1. Определить скорость падения чугунного шарика радиусом $r = 2,0\text{ см}$ в воздухе, воде, масле?
- 2. С какой скоростью будут всплывать шарики воздуха радиусом $r = 1\text{ мм}$ в масле вязкостью $\mu = 0,20\text{ Па}$ с и плотностью $\rho = 900\text{ кг} / \text{м}^3$?
- 3. На производственном предприятии для очистки воздуха от пыли используют «Центрофуги». Частота вращения ротора «Центрофуги» $n = 30\text{ об/мин}$. Частица, расположенная на расстоянии $8,0\text{ см}$ от оси вращения падает за 30 минут . Через сколько времени эта частица под действием силы тяжести упадет в вертикальной трубке?

Вопросы

- Уравнения движения воздуха и воды.
Уравнения Эйлера.
- Закон сохранения энергии потока
воды.
- Интегрирование уравнений Эйлера.

Литература

1. Алабужев П.М, В.Б.Геронимус – Теория подобия. Моделирования – М.1968 – 200с.
2. Афанасьев Ю.А и др. Мониторинг и методы контроля окружающей среды – М.Издательство МНЭПУ, 2001 – 332 с.
3. Алексеев В.В., И.И.Крышев, Т.Г.Сазыкина «Физическое и математическое моделирование Санкт-П 1992
4. Арифжанов А.М. Экологик жараёнларни моделлаштириш – Тошкент, 2011.-106 б.
5. Беккер А.А, Т.Б.Агаев «Охрана и контроль загрязнения природной среды – Гидро метеоиздат, 1989 -288 с.
6. Gilbert M – Introduction to environmental environmental engineering.New Jersey,1997. 630 с.
7. Jerald L.S – Environmental modeling, Sity Jowa,1996 -650 с

Спасибо за внимание!