



# Элементы механики жидкостей и газов

# Гидростатика

- Идеальными называются **невязкие** и **несжимаемые** жидкости (силой трения в жидкости можно пренебречь  $F_{тр}=0$ , плотность жидкости  $\rho=const$ ).
- Давление столба жидкости высотой  $h$  и плотностью  $\rho$  вычисляется по формуле:

$$p = \rho g h$$

## Закон Архимеда

- *На тело, погруженное в жидкость (газ), действует выталкивающая сила, равная весу жидкости (газа), вытесненной этим телом:*

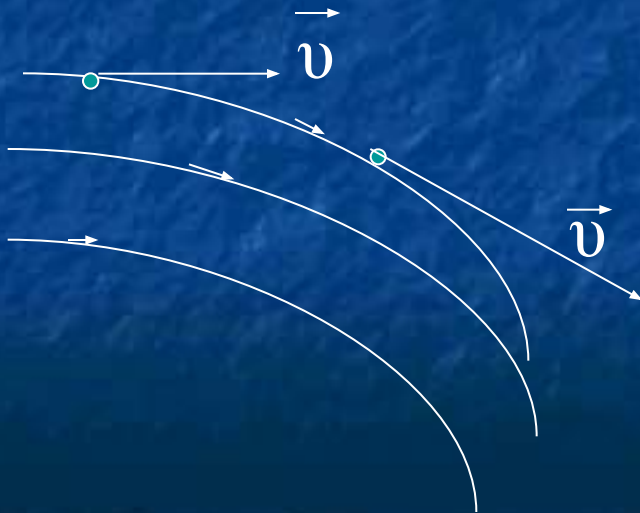
$$F_A = \rho g V$$

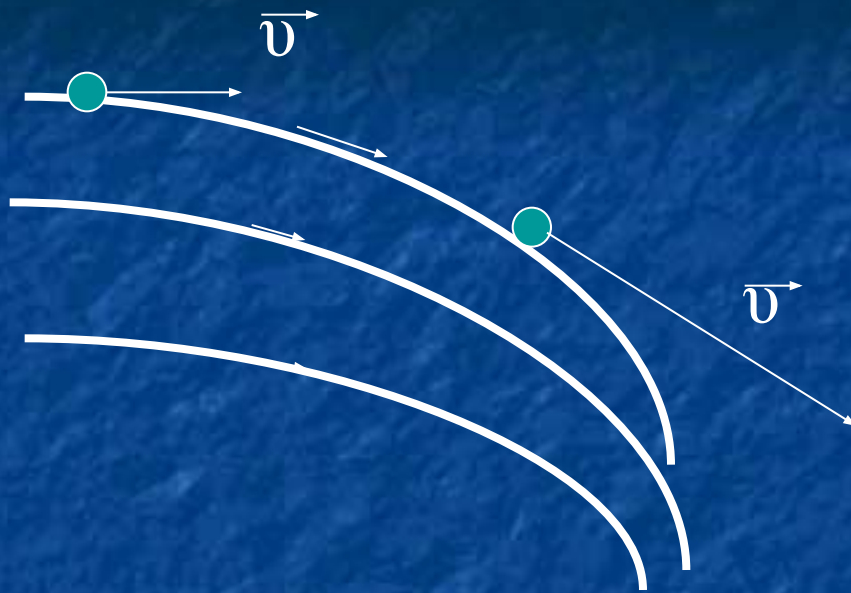
# Стационарное течение жидкости

- Движение жидкостей называется течением, а совокупность частиц движущейся жидкости — поток.
- Установившееся течение жидкости называют *стационарным течением*.



- *Линиями тока жидкости называются линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением скорости частицы жидкости в этой же точке.*



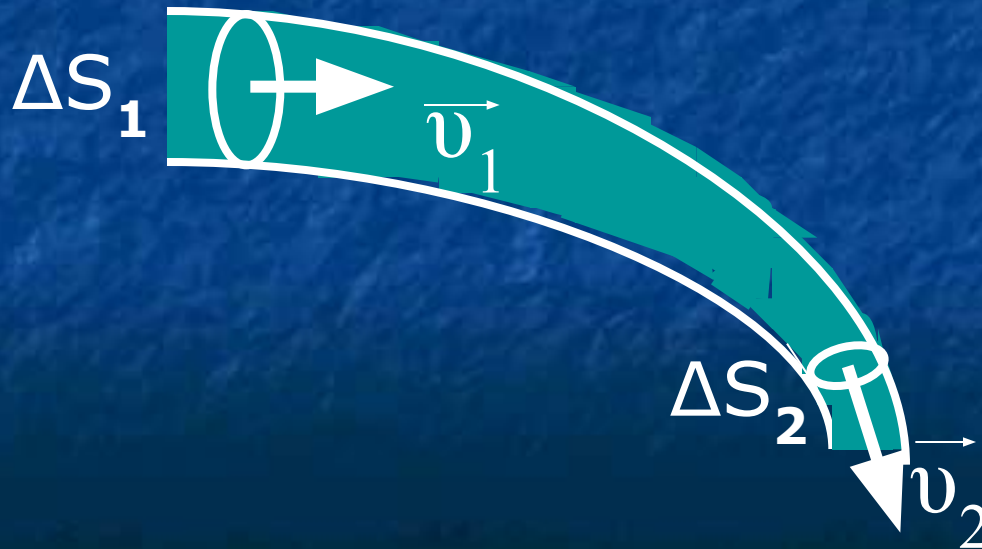


- Линии тока принято проводить так, что густота их больше там, где больше скорость течения жидкости, и меньше там, где жидкость течет медленнее.

Часть жидкости, ограниченную линиями тока, называют *трубкой тока*.



## Уравнение неразрывности

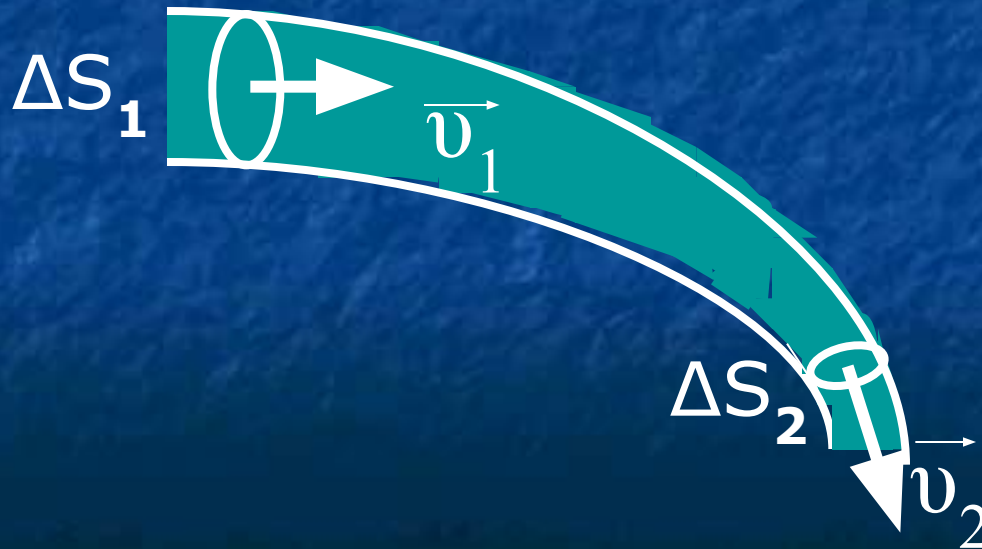




Часть жидкости, ограниченную линиями тока, называют *трубкой тока*.

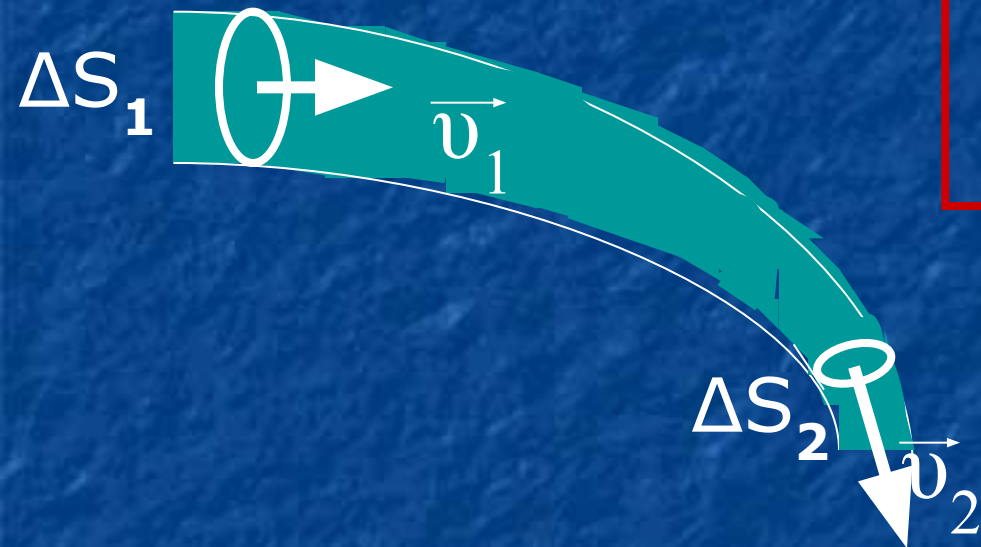


## Уравнение неразрывности



$$\Delta S_1 v_1 = \Delta S_2 v_2$$

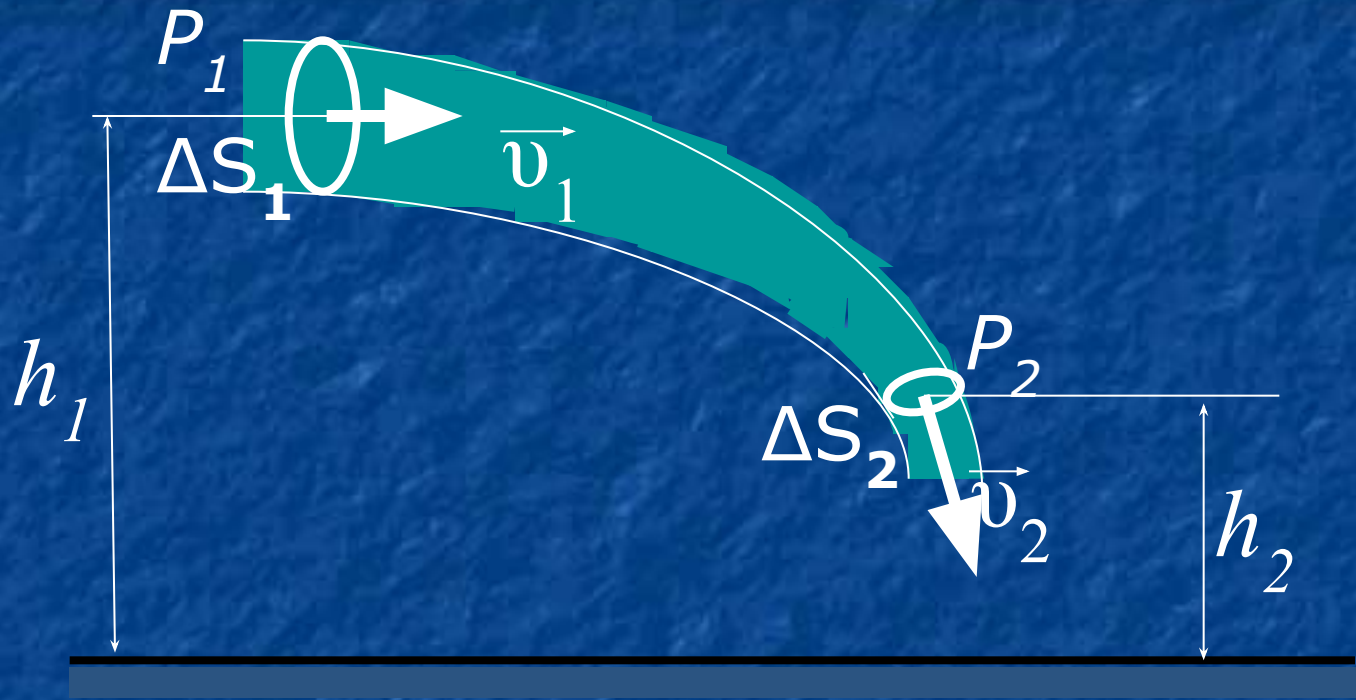
$$\Delta S \cdot v = \text{const}$$



Произведение скорости течения  
идеальной жидкости на поперечное  
сечение есть величина постоянная для  
данной трубки тока



# Уравнение Бернулли



$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 + P_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 + P_2$$

Для произвольно выбранного сечения справедливо уравнение Бернулли:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho g h + P = \text{const}$$

где  $P$  - статическое давление

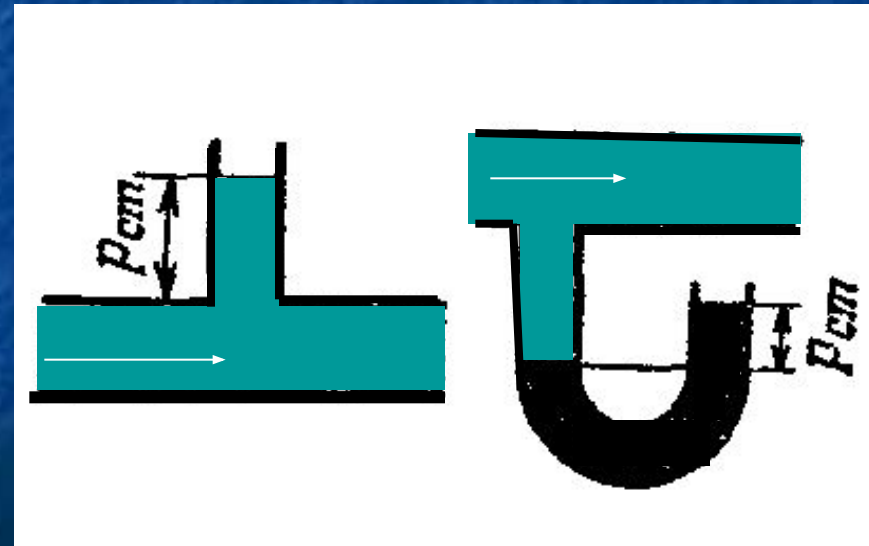
$\frac{1}{2} \rho v^2$  - динамическое давление

$\rho g h$  - гидростатическое давление.

# Измерение давления 1

- *Статическое давление* измеряется манометром, установленным **перпендикулярно** направлению потока.

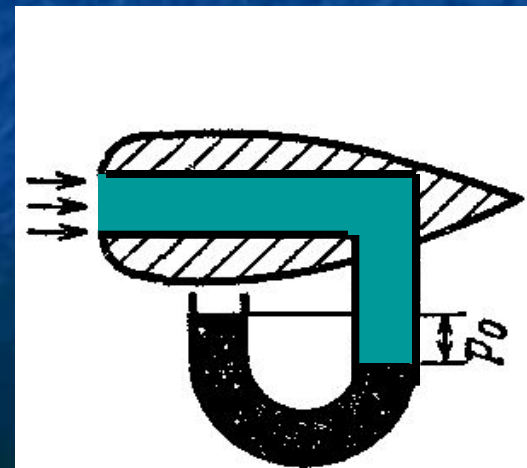
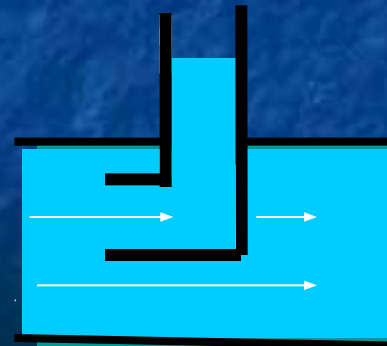
В простейшем случае можно использовать открытый жидкостный манометр.





# Измерение давления 2

- *Полное давление* измеряется манометром, установленным **параллельно** направлению потока (*трубка Пито*). Оно превышает статическое давление на величину динамического давления.

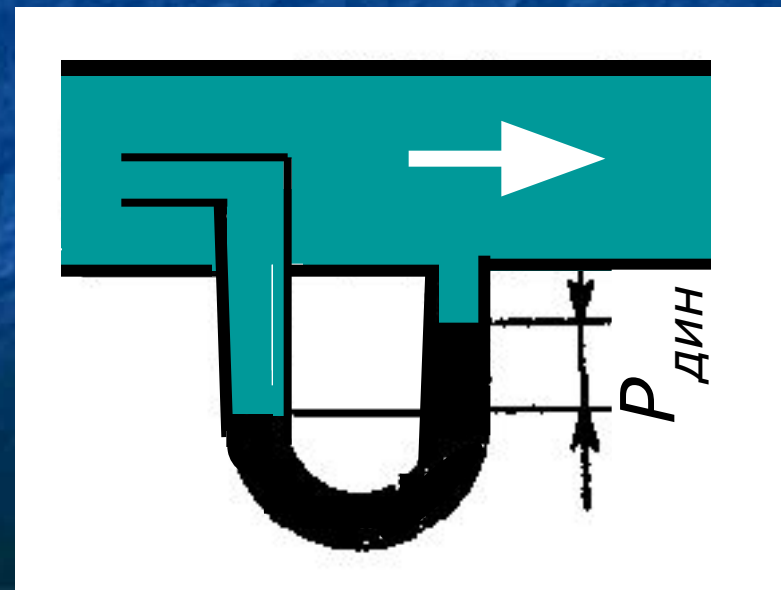


# Измерение давления 3

- *Динамический напор (динамическое давление).*

Разность полного и статического давлений измеряется комбинацией соответствующих приборов, которая называется напорной *трубкой Прандтля*.

- Особенно часто этот прибор применяется для измерения скорости газового потока.

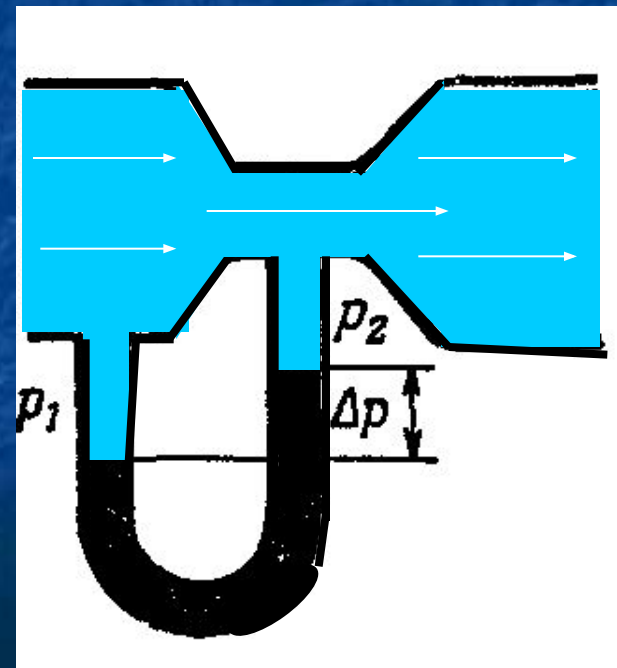


# Измерение давления 4

Для определения *разности двух статических давлений* применяется *трубка Вентури*. Этот

Прибор позволяет измерить разность статических давлений в различных сечениях потока.

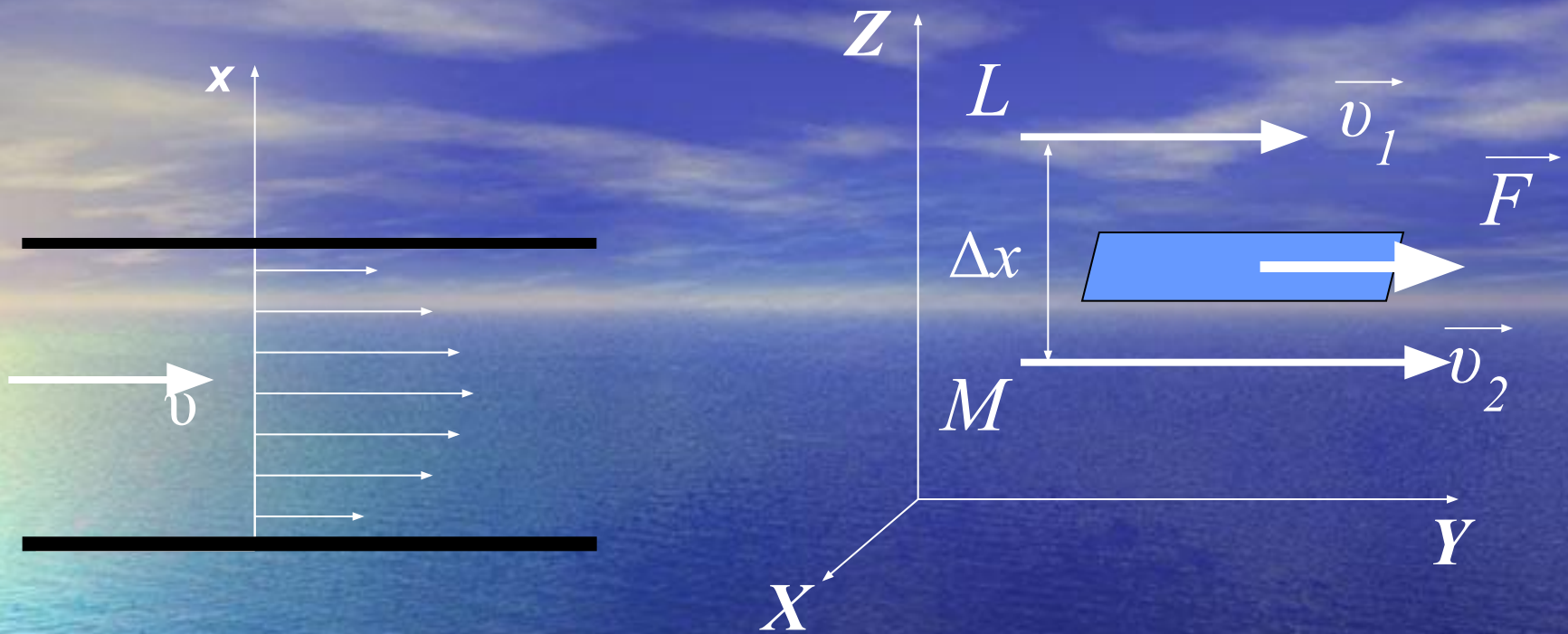
По измеренной разности давлений можно определить скорость потока.





# Вязкость

- Вязкость (внутреннее трение) — это свойство реальных жидкостей оказывать сопротивление перемещению одной части жидкости относительно другой.
- Для перемещения тела в вязкой жидкости к нему необходимо приложить силу, равную по величине силе трения, которая называется силой внутреннего трения.



Модуль силы внутреннего трения равен

$$|\vec{F}| = \eta \left| \frac{\Delta v}{\Delta x} \right| S$$



$$\left| \overline{F} \right| = \eta \left| \frac{\Delta \overline{v}}{\Delta x} \right| S,$$

где  $\eta$  - коэффициент пропорциональности, зависящий от природы жидкости, называется *вязкостью* или *динамическая вязкость*.

Величина  $\Delta \overline{v} / \Delta x$  показывает, как быстро меняется скорость при переходе от слоя к слою в направлении  $x$ , перпендикулярном направлению движения слоев и называется *градиентом скорости*.

Единица вязкости - Паскаль-секунда [*Па·с*].



# Режимы течения жидкости

- Течение жидкости называется **ламинарным**, если слои жидкости скользят, не перемешиваясь с соседними слоями.
- Течение жидкости **турбулентное (вихревое)**, если в потоке происходит интенсивное образование вихрей и перемешивание жидкости.

# Число Рейнольдса

- Английский ученый О. Рейнольдс (1842-1912) установил, что характер течения зависит от безразмерной величины, называемой *числом Рейнольдса*

$$Re = \frac{\rho \langle v \rangle d}{\eta}$$

$Re \ll Re_{кр}$  – движение ламинарное;

- а) для движения шарика в жидкости  $Re_{кр} = 0,5$ ;
- в) для потока жидкости в длинных трубах

$$1200 < Re < 2000$$