

# Занятие №14

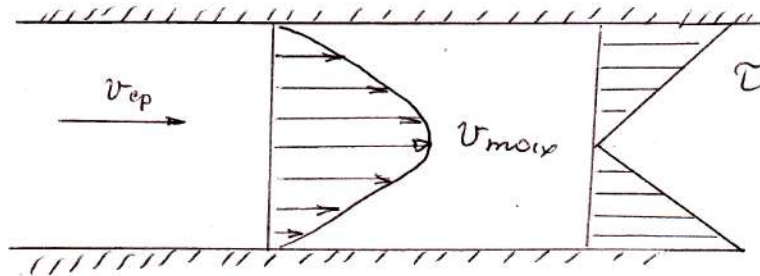
## Занятие № \_\_\_\_ . Гидравлические потери энергии жидкости

### 1. Свойства ламинарного и турбулентного режимов

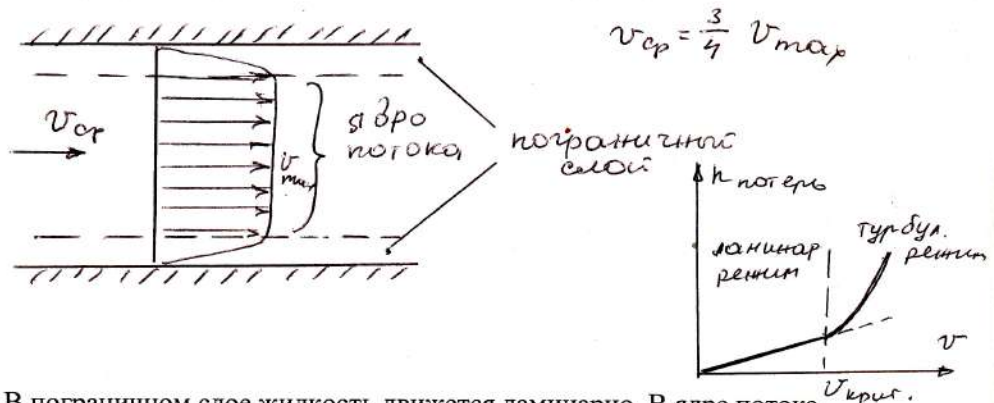
При ламинарном режиме движения векторы скорости параллельны оси трубы.

Скорость слоев жидкости, прилегающих к стенке, равна нулю.

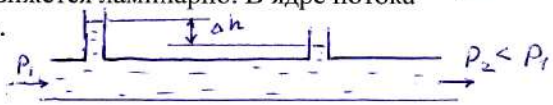
В живом сечении цилиндрической трубы модуль вектора скорости изменяется по квадратной параболе, а сила трения между слоями жидкости по закону прямой линии.



При турбулентном режиме движения каждая частица жидкости движется с переменной скоростью по величине и направлению, но пульсации происходят около среднего значения скорости.



В пограничном слое жидкость движется ламинарно. В ядре потока жидкость движется турбулентно.



### 2. Потери напоров в трубах

Потери механической энергии при движении жидкости делятся на 2 вида:

- *линейные потери*, пропорциональные длине трубы
- *местные*, сосредоточенные на коротких участках, где резко изменяется скорость и направление движения жидкости.

#### Линейные потери напора

возникают от преодоления сил трения, вследствие ее вязкости.

Формула Дарси - Вейсбаха

$$h_{\text{л}} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ м}$$

$h_{\text{л}}$  - линейные потери напора,  
 $d$  - диаметр;  
 $l$  - длина;  
 $\frac{v^2}{2g}$  - скоростной напор;  
 $\lambda$  - коэффициент гидравлического сопротивления трению, *величина переменная*

$\lambda$  зависит от режима движения жидкости, от шероховатости внутренней поверхности, метода изготовления трубы и ее материалов.

$$\lambda_{\text{лам}} = \frac{64}{Re}$$

Гидравлически-гладкими называются трубы, высота внутренних неровностей которых не превосходит пограничного слоя.

К ним относятся стеклянные, пластмассовые, латунные, стальные холоднотянутые трубы.

К гидравлически-негладким относятся стальные горячекатаные трубы, чугунные, бетонные.

Для турбулентного режима

$$\lambda_{\text{г.г.}} = \frac{0,32}{Re^{0,25}}$$

$$\lambda_{\text{н.г.}} = \frac{1}{(1,74 + 2 \lg \frac{\epsilon}{K})^2}$$

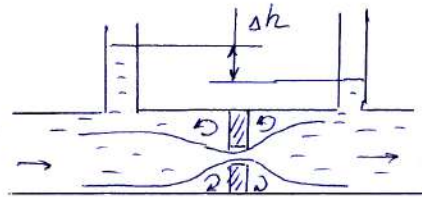
$\epsilon$  - гидравлический радиус трубы;  
 $K$  - высота неровности.

Местные потери

обусловлены наличием в трубопроводах различных вставок, уголков, тройников, вентелей.

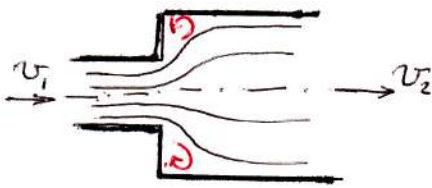
$$h_{\text{м}} = \epsilon \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$\epsilon$  - коэффициент местных потерь, зависит от вида местного сопротивления.



# Виды местных сопротивлений

## Внезапное расширение



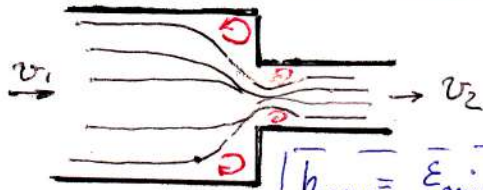
Потери при этом равны

$h_{вн.р.} = (v_1^2 - v_2^2) / 2g$ , потери напора равны скорости потока к моменту появления скорости (формула Борда)

$$h_{вн.р.} = \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g} = \epsilon \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \epsilon &= \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)^2 \\ \epsilon &= \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 \end{aligned} \right.$$

## Внезапное сужение

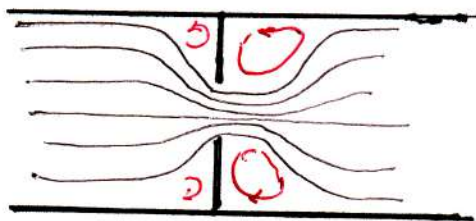


Потери - внезапн. расш. + внезапн. суж. (в первом приближении)

$$h_{суж.} = \epsilon_{суж.} \frac{v_2^2}{2g}$$

$\epsilon_{суж.}$  - коэффициент

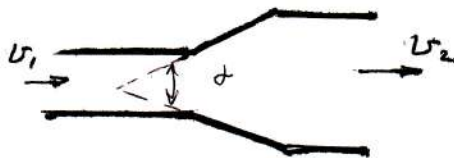
Дифрагма (внезапное сужение + внезапное расширение)



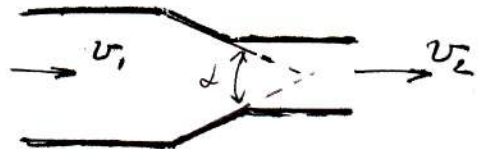
Дроссель - это набор диафрагм;



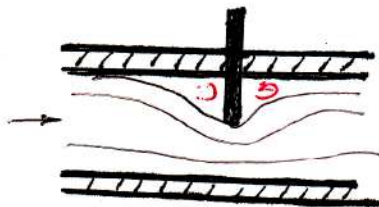
## Диффузор



## Конфузор



## Задвижка



Диффузор: скорость постепенно уменьшается, давление увеличивается;

конфузор (сопло): скорость возрастает, давление падает;

Потери в диффузоре и конфузоре меньше, чем при внезапном расширении или сужении, но зависят от угла  $\alpha$ . ( $\alpha_{опт} = 5...10^\circ$ )

завдвижка - увеличенное местное сопротивление;

