

Занятие №13

3. Практическое применение уравнения Бернулли

На основании уравнения Бернулли сконструирован ряд приборов.

Водомер Вентури

На рисунке показан трубопровод диаметром D , на котором устроено сужение диаметром d . В нормальной и суженной части установлены два пьезометра. Пренебрегая величиной потерь напора между сечениями, а также неравномерностью распределения скоростей по сечению и принимая, что плоскость сравнения проходит через ось трубопровода, можем записать уравнение Бернулли в таком виде

$$p_1/\rho + v_1^2/2g = p_2/\rho + v_2^2/2g$$

Отсюда следует, что с увеличением скорости движения давление должно уменьшаться и, наоборот, с уменьшением скорости давление должно увеличиваться. Это положение используется в водомере Вентури, где по разности показаний пьезометров Δh , зная диаметры D и d , можно определить расход.

Водоструйный насос

В водоструйном насосе вода из бака 1 поступает в трубу, имеющее сужение. В узком сечении трубы скорость струи возрастает. При этом в соответствии с уравнением Бернулли давление здесь падает ниже атмосферного, благодаря чему происходит подсасывание жидкости по трубке, опущенной в бак 2. При больших скоростях движения жидкость будет подсасываться непрерывно.

4. Режимы движения жидкости

(Переход ламинарного в турбулентный)

Предположение о существовании 2 режимов движения жидкости было высказано Д.И. Менделеевым еще в 1880г., которое было подтверждено экспериментально английским ученым О. Рейнольдсом.

Опыты показали, что при малых скоростях движения воды в трубке окрашенная жидкость движется в виде тонкой струи, не перемешиваясь с водой (ламинарный режим). При достижении определенной скорости (критической), когда движение частиц жидкости приобретает беспорядочный характер, струйка окрашенной жидкости начинает размываться, отчего вся вода в трубке окрашивается (турбулентный режим).

При ламинарном движении жидкость движется по прямолинейной траектории с concentрическими кольцевыми слоями с неизменной скоростью в каждом слое.

При турбулентном режиме частицы жидкости движутся по криволинейным траекториям, при этом имеет место перемешивание жидкости и завихрения в трубе. Опытным путем Рейнольдс установил, что режим движения зависит от 4 параметров:

- от скорости гидротока
- от диаметра трубы
- от плотности жидкости
- от вязкости.

Основным критерием для определения режима движения жидкости служит безразмерный параметр Re (число Рейнольдса)

$Re = v d / \nu$, где ν - кинематическая вязкость жидкости

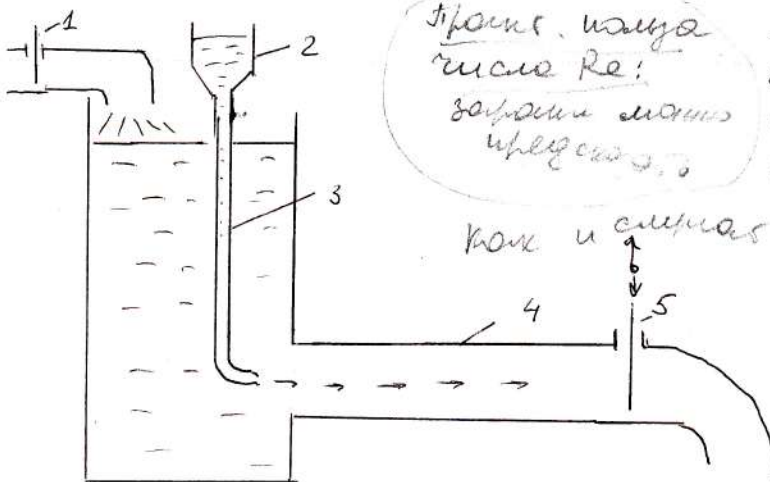
Обратное сравнение
 t° температура
 36,6
 37,0
 37,2

$Re = 2320$ – критическое Рейнольдса, соответствующее переходному режиму.

$Re < 2320$ – ламинарный режим

$Re > 2320$ – турбулентный режим.

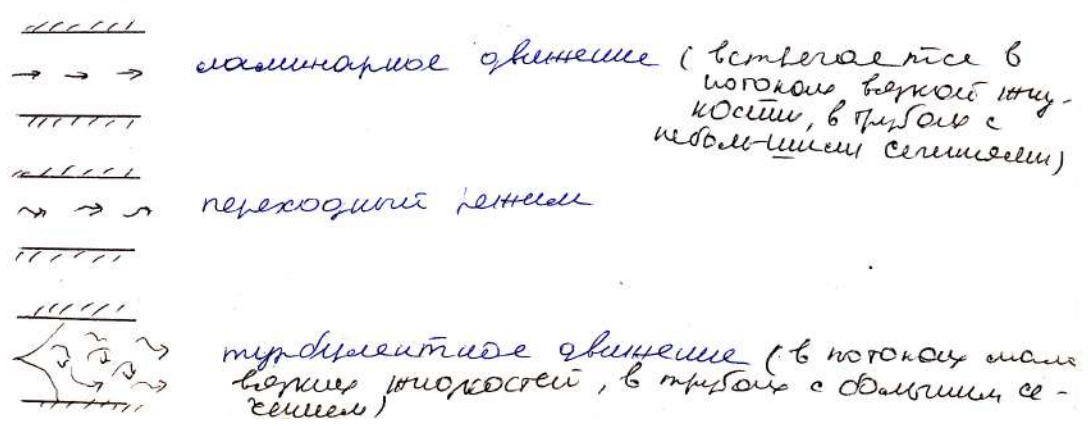
Скорость, соответствующая критическому числу Рейнольдса, называется критической скоростью.



Фронт, задняя часть, Re, дно, верх, давление

- 1 - crank
- 2 - outer period
- 3 - thin plate
- 4 - glass tube

Кран и шланг с измерительной головкой



Число Рейнольдса можно определить через гидравлический радиус $R = \frac{\omega}{\chi}$

$$Re = \frac{v R}{\nu}$$

Формулы позволяют вести расчеты для круговых и некруговых сечений.

Для шпунтового водопропускного сооружения гидравлический радиус равен

$$R = \frac{d}{4}, \quad \left(R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\pi d^2 / 4}{\pi d} = \frac{d}{4} \right)$$

того же критический $Re_{кр}$ равен

$$Re_{кр} \approx 575.$$

Для некруговых сечений можно применять $Re_{кр} = 300$

Факторы, влияющие на режим течения:

- гидравлический трение
- местные гидравлические сопротивления
- превышение расхода шлюза, увеличение...