

ЛЕКЦИЯ № 4

ГИДРОДИНАМИКА

Гидравлические элементы потока.

Гидродинамика рассматривает законы движения жидкостей. Параметры, характеризующие движение, – скорость и давление – изменяются в потоке жидкости в пространстве и во времени. Основная задача гидродинамики состоит в исследовании изменения этих параметров в потоке жидкости, то есть в нахождении вида функций:

$$V = f_1(x, y, z, t)$$

$$p = f_2(x, y, z, t)$$

Установившееся движение – это движение, при котором скорость и давление в любой его точке не изменяются с течением времени и зависят только от ее положения в потоке, то есть $V = f_1(x, y, z); p = f_2(x, y, z)$. Примерами установившегося движения могут служить истечение жидкости из отверстия резервуара при постоянном напоре. Нарисуем:

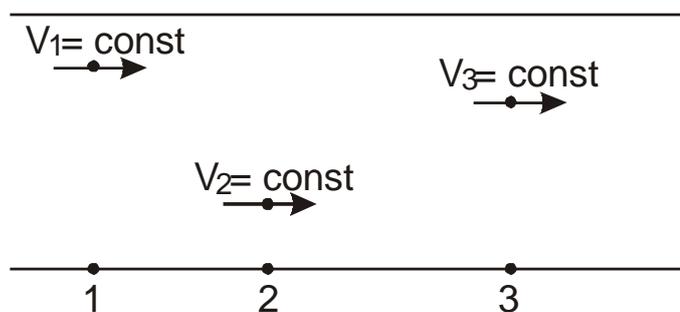


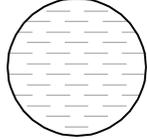
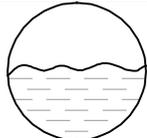
Рисунок 1 - Установившееся движение

$$V_1 \neq V_2 \neq V_3 = \text{const}$$

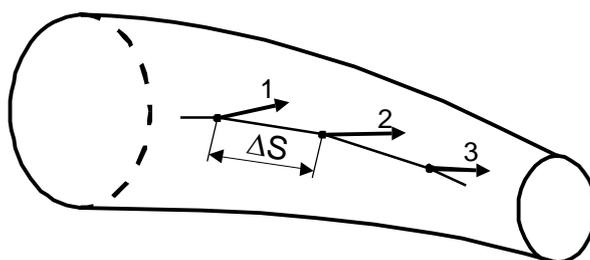
Неустановившимся движением называется такое, при котором скорость движения и давление в каждой данной точке изменяется с течением времени, то есть $V = f_1(x, y, z, t); p = f_2(x, y, z, t)$. Примером может служить истечение жидкости из отверстия резервуара при переменном напоре.

Равномерным называется такое движение, при котором живое сечение и средняя скорость потока не меняются по его длине. $V_1 = V_2 = V_3 = const$
 Примером равномерного движения может служить движение жидкости в цилиндрической трубке.

Неравномерным называют такое установившееся движение, при котором живые сечения и средние скорости изменяются по его длине. Примером неравномерного движения служит движение жидкости в конической трубке.

<p>Напорным называется поток, у которого по всему периметру живого сечения жидкость соприкасается с твердыми стенками. Пример, движение воды в водопроводных трубках.</p>	$\omega = \chi$	
<p>Безнапорным называется поток со свободной поверхностью. Пример, движение воды в реках, каналах, канализационных трубках.</p>	$\omega \neq \chi$	

Линия тока – это линия, построенная по векторам скоростей, произвольно взятых точек потока.



Если движущейся жидкости выделить бесконечно малый замкнутый контур и через все его точки провести линии тока, получится трубчатая непроницаемая поверхность, называемая **трубкой тока**. Масса жидкости, движущейся внутри трубки тока, образует **элементарную струйку**.

Совокупность элементарных струек, представляющая собой непрерывную массу частиц, движущихся по какому-либо направлению,

образует **поток жидкости**. Поток может быть полностью или частично ограничен твердыми стенками, например в трубопроводе или канале, и может быть свободным, например струя, выходящая из сопла гидромонитора.

Гидравлические элементы потока.

К гидравлическим характеристикам движения жидкости кроме понятий линия тока, элементарной струйки, трубки тока, потока, относятся такие понятия живого сечения, смоченного периметра, гидравлического радиуса, расхода жидкости и средней скорости.

1) **Живое сечение** ω (м²) – это сечение, перпендикулярное скорости движения потока.

2) **Расход потока** Q (м³/с, л/с) – это объем жидкости, проходящий через живое сечение в единицу времени.

$$Q = \frac{V}{t}$$

3) **Смоченный периметр** χ (м) – это часть периметра живого сечения, на которой жидкость соприкасается с твердыми стенками.

4) **Средняя скорость потока** V (м/с) – это отношение расхода к живому сечению.

$$V = \frac{Q}{\omega}$$

5) **Гидравлический радиус** R (м) – это отношение площади живого сечения потока к смоченному периметру.

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

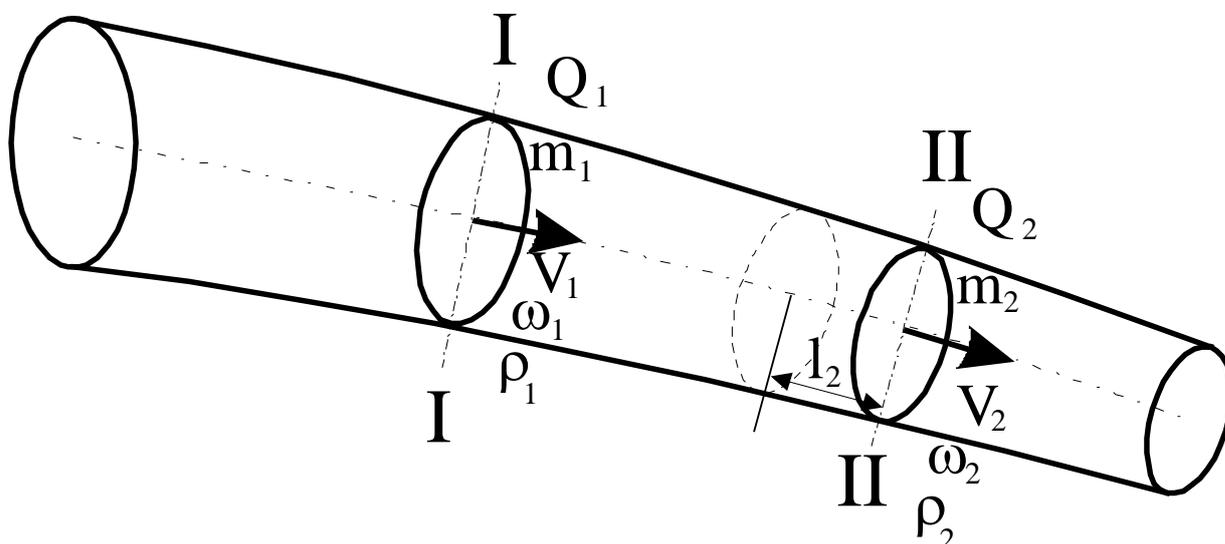
Гидравлический для круглой трубы:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot \pi \cdot d} = \frac{d}{4}$$

Уравнение постоянства расхода и неразрывности потока.

Уравнение неразрывности потока.

Рассмотрим установившееся движение жидкости в жестком русле переменного сечения. Выберем два произвольных сечения I – I и II – II,



нормальных к оси потока, и рассмотрим заключенный между ними участок потока.

Через I – I за время Δt на этот участок поступила масса жидкости m_1 , а через сечение II – II за это же время выйдет масса жидкости m_2 . Масса жидкости m_1 не может быть больше массы m_2 , так как жидкость не сжимаема, а стенки русла жесткие. Но масса m_1 не может быть и меньше m_2 , так как разрыв в сплошном потоке при установившемся движении не возможен. Следовательно:

$$m_1 = m_2 = const$$

в сечении I – I:

$$m = \rho \cdot V, \text{ а так как } V = Q \cdot \Delta t, \text{ то}$$

$$m_1 = \rho_1 \cdot Q_1 \cdot \Delta t$$

в сечении II – II:

$$m_2 = \rho_2 \cdot Q_2 \cdot \Delta t$$

А так как массы равны, то можем записать:

$$\rho_1 \cdot Q_1 = \rho_2 \cdot Q_2 = const$$

Для несжимаемой жидкости:

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho = const$$

Следовательно:

$$Q_1 = Q_2 = Q = const$$

Это уравнение называют уравнением постоянства расхода. Из него следует, что при установившемся движении несжимаемой жидкости расход ее в любом сечении потока постоянен.

Из этого уравнения, учитывая, что $Q = \frac{V}{t}$, можно записать:

$$\frac{V_1}{\Delta t} = \frac{V_2}{\Delta t}; \text{ а } V = \omega \cdot l, \text{ то } \frac{\omega_1 \cdot l_1}{\Delta t} = \frac{\omega_2 \cdot l_2}{\Delta t}$$

Таким образом уравнение неразрывности потока можно записать:

$$\omega_1 \cdot V_1 = \omega_2 \cdot V_2 = \omega \cdot V = const$$

Оно показывает, что при установившемся движении несжимаемой жидкости произведение площади живого сечения на среднюю скорость потока является постоянной величиной.

Из этого уравнения можно записать:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

Следовательно, при установившемся движении средняя скорость потока обратно пропорциональна площади живого сечения.