

Гидравлика

Лекция 4

Гидродинамика.

Уравнение неразрывности

ГИДРОДИНАМИКА

Основные понятия гидродинамики

Жидкость движется под действием объемных или массовых сил (сила тяжести, инерционные силы) и поверхностных сил (давление, трение).

В гидродинамике основными элементами, характеризующими движение жидкости, будут ***гидродинамическое давление и скорость движения (течения) жидкости.***

Гидродинамическое давление p – это внутреннее давление, развивающееся при движении жидкости. Скорость движения жидкости в данной точке v – это скорость перемещения находящейся в данной точке частицы жидкости.

Установившееся (стационарное) движение

жидкости – движение, при котором в каждой данной точке скорость движения \mathbf{v} и гидродинамическое давление p не изменяются с течением времени, т.е. зависят только от координат точки.

$$\mathbf{v} = f_1(x, y, z) \quad p = f_2(x, y, z)$$

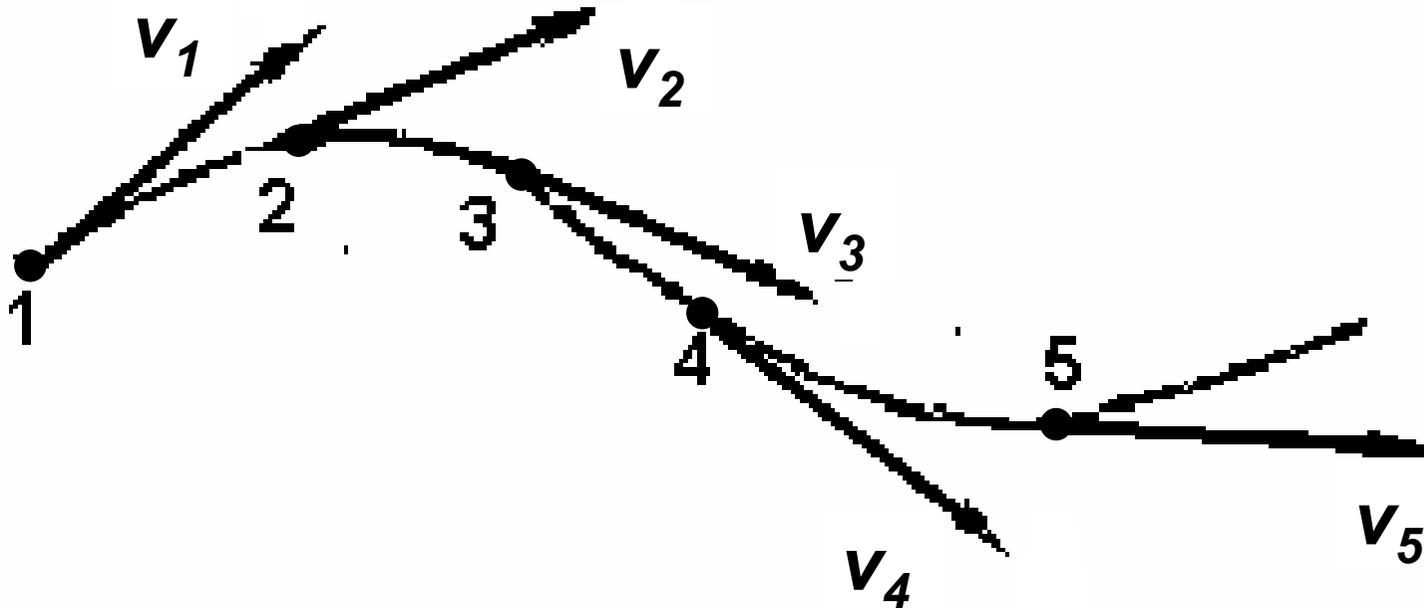
Неустановившееся (нестационарное)

движение жидкости – движение, при котором в каждой данной точке скорость движения \mathbf{v} и гидродинамическое давление p – постоянно изменяются, т.е. зависят не только от положения точки в пространстве, но и от времени.

$$\mathbf{v} = f_1(x, y, z, t) \quad p = f_2(x, y, z, t) \quad 3$$

Линия тока

В движущейся жидкости в данный момент времени t возьмем точку **1** и построим вектор скорости \mathbf{v}_1 , выражающий величину и направление скорости движения частицы жидкости.



В тот же момент времени t можно взять и другие точки в движущейся жидкости, например, точки 2, 3, 4, 5. в которых также можно построить векторы скоростей. Проведем через них плавную кривую, к которой векторы скоростей будут всюду касательными к ней. Эта линия и называется линией тока.

Линией тока называется линия, проведенная через ряд точек в движущейся жидкости так, что в данный момент времени векторы скорости частиц жидкости, находящихся в этих точках, направлены по касательной к этой линии.

Через заданную точку в данный момент времени можно провести только одну линию тока.

Если в данных точках движущейся жидкости величина и направление скорости и гидродинамическое давление с течением времени не изменяются (движение установившееся), то и линия тока, и траектория частицы совпадают и со временем не изменяются.

Элементарная струйка. Если в движущейся жидкости выделить элементарную площадку, перпендикулярную направлению течения, и по контуру ее провести линии тока, то полученная поверхность называется **трубкой тока**, а совокупность линий тока, проходящих сплошь через площадку, образует так называемую **элементарную струйку**.



Элементарная струйка характеризует состояние движения жидкости в данный момент времени t . При установившемся движении элементарная струйка имеет следующие свойства:

1. Форма и положение элементарной струйки с течением времени остаются неизменными, так как не изменяются линии тока.
2. Приток жидкости в элементарную струйку и отток из нее через боковую поверхность невозможен, так как по контуру элементарной струйки скорости направлены по касательной.
3. Скорость и гидродинамическое давление во всех точках поперечного сечения элементарной струйки можно считать одинаковым ввиду малости площади.

Понятие о потоке жидкости

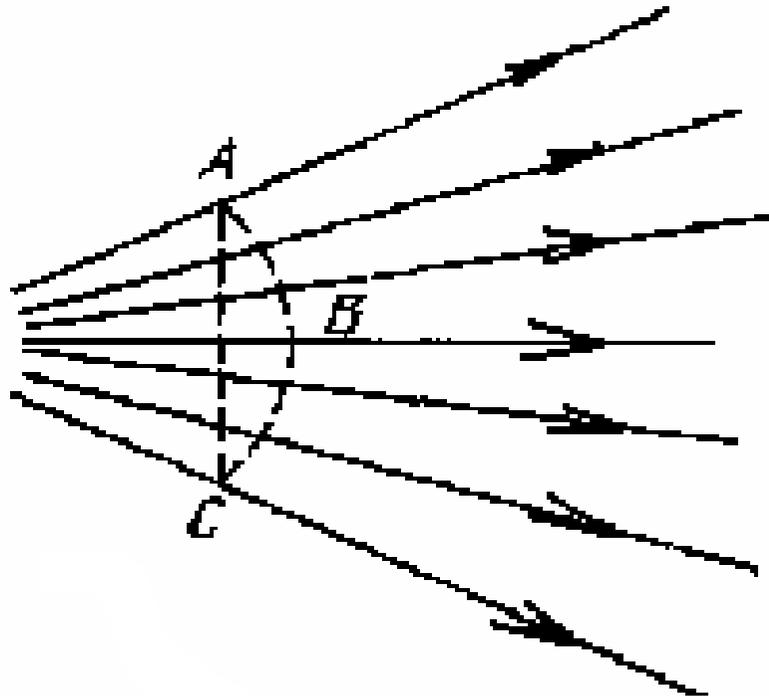
Совокупность элементарных струек движущейся жидкости, проходящих через площадку достаточно больших размеров, называется **поток жидкости**.

Поток ограничен твердыми поверхностями и атмосферой.

Гидравлические элементы потока

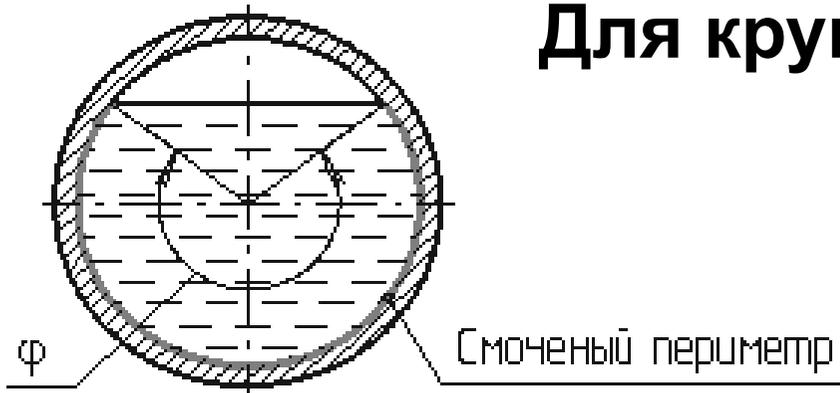
Живым сечением называется поверхность в пределах потока, проведенная перпендикулярно к линиям тока (элементарным струйкам).

В общем случае эта поверхность криволинейная (поверхность ABC). Однако в большинстве случаев практической гидравлики поток жидкости можно представить параллельно-струйным или с очень малым углом расхождения струек, а за живое сечение принять плоское поперечное сечение потока (плоскость AC). Площадь живого сечения обозначается буквой s или ω .



Смоченный периметр χ ("хи") - часть периметра живого сечения, ограниченная твердыми стенками

Для круглой трубы



$$\chi = \pi D \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{D\varphi}{2}, \text{ м}$$

Гидравлический радиус потока R - отношение живого сечения к смоченному периметру.

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \text{ м}$$

Расход потока Q - объем жидкости W протекающей за время t через живое сечение ω .

$$Q = \frac{W}{t}, \text{ м}^3 / \text{ с}$$

Средняя скорость потока v_{cp} – скорость движения жидкости, определяющаяся отношением расхода жидкости Q к площади живого сечения ω .

$$v_{cp} = \frac{Q}{\omega}, \text{ м / с}$$

Уравнение неразрывности

Следует из закона сохранения вещества и постоянства расхода.

Приток жидкости в элементарную струйку и отток из нее через боковую поверхность невозможен, Расход вдоль струйки постоянен.

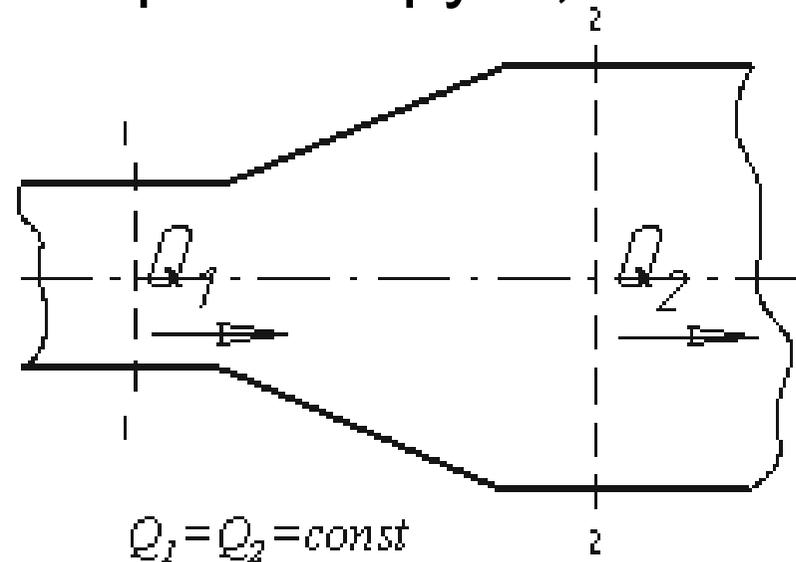
$$dQ = v_1 d\omega_1 = v_2 d\omega_2$$

Поток - совокупность элементарных струек, поэтому:

$$v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

$$v_2 \omega_1 = v_1 \omega_2$$



Виды движения жидкости

Равномерным называется установившееся движение, при котором живые сечения вдоль потока и эпюры скоростей не изменяются.

Неравномерным называется установившееся движение, при котором живые сечения и эпюры скоростей изменяются вдоль потока.

Напорным называется движение жидкости, при котором поток полностью заключен в твердые стенки и не имеет свободной поверхности. Напорное движение происходит вследствие разности давлений и под действием силы тяжести.

Безнапорным называется движение жидкости, при котором поток имеет свободную поверхность и движение происходит под действием силы тяжести.

Плавно изменяющимся называется такое движение жидкости, при котором кривизна струек незначительна (равна нулю или близка к нулю) и угол расхождения между струйками весьма мал (равен нулю или близок к нулю), т. е. практически поток жидкости мало отличается от параллельноструйного.