



Лекция 9

«Жидкость»

PhD, Жақыпов Әлібек Серікұлы

❖ Жидкость

- агрегатное состояние вещества, промежуточное между твёрдым и газообразным состояниями.
- это тело, обладающее свойством текучести, легкой подвижностью, способное изменять свою форму под воздействием внешних сил и температурных изменений.

Идеальные

невязкие (совершенные) жидкости обладают: абсолютной подвижностью, абсолютной неизменностью в объеме под воздействием внешних сил.

Реальные

вязкие жидкости обладают: сжимаемостью, сопротивлением, растягивающим и сдвигающим усилиями, вязкостью



***Идеальной жидкости в природе не существует,
она является моделью реальной жидкости.***

СПЛОШНОСТЬ СРЕДЫ:

Сплошная изменяемая среда – это понятие применимо, когда при изучении движения изменяемой среды можно пренебречь молекулярной структурой среды.

Число Кнудсена – критерий сплошности среды

$$K = \frac{\lambda}{L}$$

$\lambda \sim \frac{1}{\rho}$ - длина свободного пробега молекул в рассматриваемом веществе

L - пространственный масштаб исследуемого явления

При малых значениях числа Кнудсена ($0,01 < K < 0,1$) – среда сплошная (технические течения в лабораторных условиях на Земле). Уравнения механики сплошной среды.

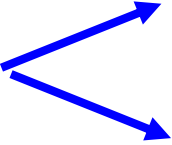
При больших значениях числа Кнудсена ($K > 3$) – среда не сплошная (движение баллистических ракет, спутников). Наступает режим «свободно - молекулярного течения газа». Необходимо учитывать молекулярную структуру. Уравнения молекулярно-кинетическую теорию вещества.

СЖИМАЕМОСТЬ СРЕДЫ

Сжимаемость

способность жидкости уменьшать свой объем под действием сил внешнего давления.

Жидкость может быть



- сжимаемой $\rho \neq const$
- несжимаемой $\rho = const$

Мера сжимаемости среды - относительное изменения плотности среды под действием всех сторонних сил давления p .

$$\frac{\Delta \rho}{\rho}$$

Механика жидкостей.

Основные понятия. Давление.

Уравнение неразрывности.

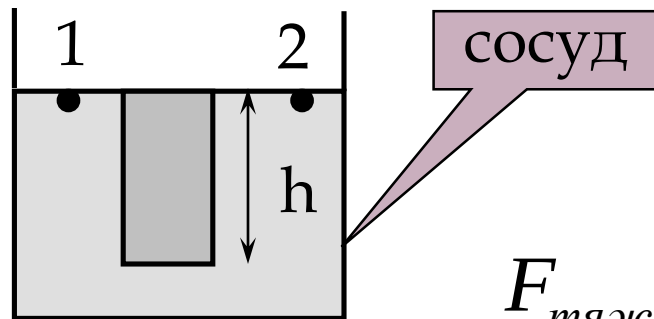
Раздел механики, изучающий движение жидкости и газа называется гидродинамикой.

Движение жидкости называют течением, а движущуюся жидкость – потоком.

Считаем, что плотность жидкости не зависит от давления (несжимаемая жидкость).

Физическая величина, определяемая нормальной силой, действующей со стороны жидкости на единицу площади называется давлением жидкости.

$$P = F/S \quad [P] = 1 \text{ Паскаль} = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ м}^2} \quad P_1 = P_2 \text{ - иначе движение}$$



Вес столбика жидкости:

$$F_{тяж} = m_{ж} g = \rho_{ж} V g = \rho_{ж} g \cdot S h$$

Давление на нижнее основание столбика жидкости:

$$P = \frac{F_{тяж}}{S} = \frac{\rho_{ж} g S h}{S} = \rho_{ж} g h \quad \text{- гидростатическое давление (чем глубже, тем оно больше (уши в бассейне)).}$$

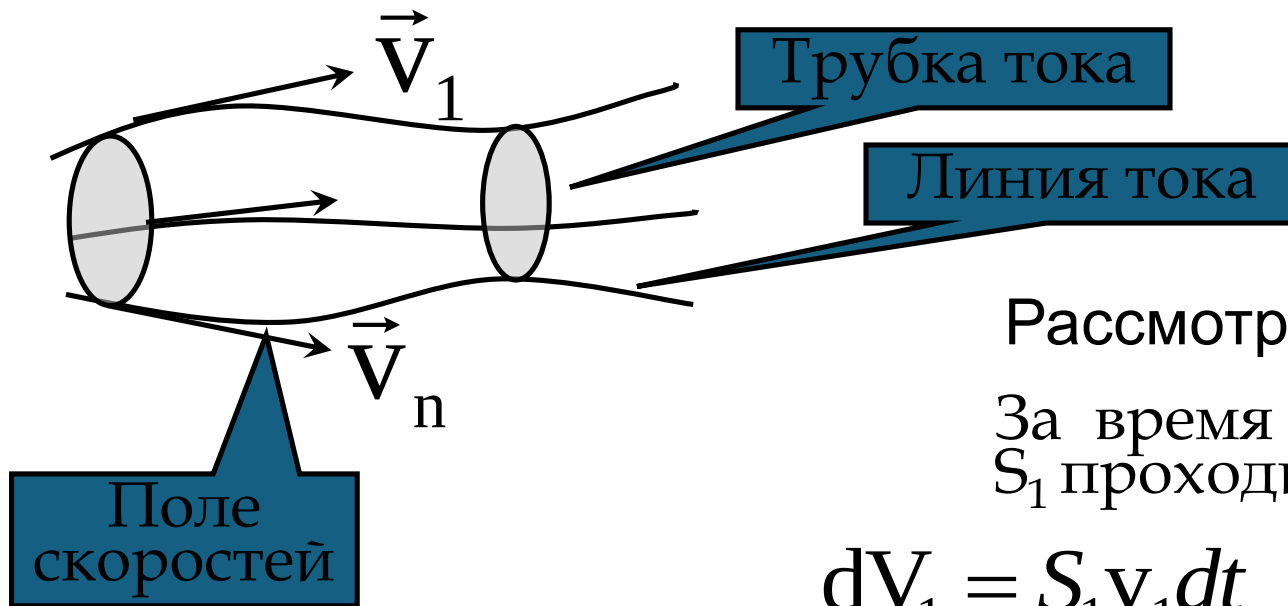
По 3-му закону Ньютона оставшаяся жидкость в сосуде действует на столбик с силой, называемой выталкивающей:

$$F_{выт} = m_{ж} g = \rho_{ж} g V \quad \text{- Закон Архимеда.}$$

Двигающуюся жидкость изображают с помощью линий тока (метод Эйлера), т.е. задают поле скорости $\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t)$

Часть жидкости, ограниченная линиями тока называется трубкой тока. Через боковую поверхность трубки тока жидкость не течет. В установившемся режиме скорость не зависит от времени, т.е.

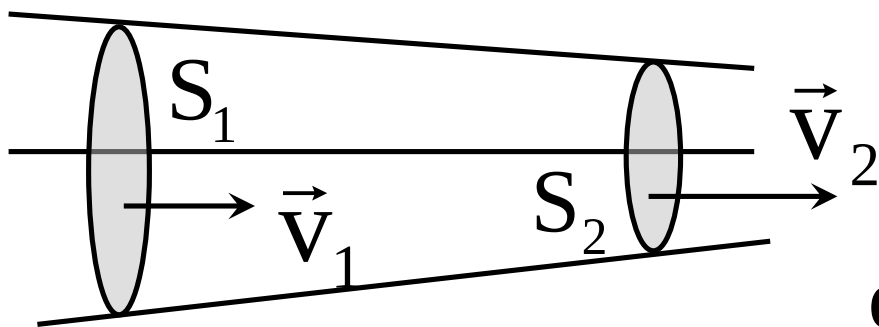
$$\frac{d\vec{v}}{dt} = 0$$



Рассмотрим трубку тока.

За время dt через сечение S_1 проходит объем:

$$dV_1 = S_1 v_1 dt \quad \text{Т.к.} \quad h = v_1 dt$$



В случае несжимаемой жидкости через сечение S_2 за то же время пройдет тот же объем

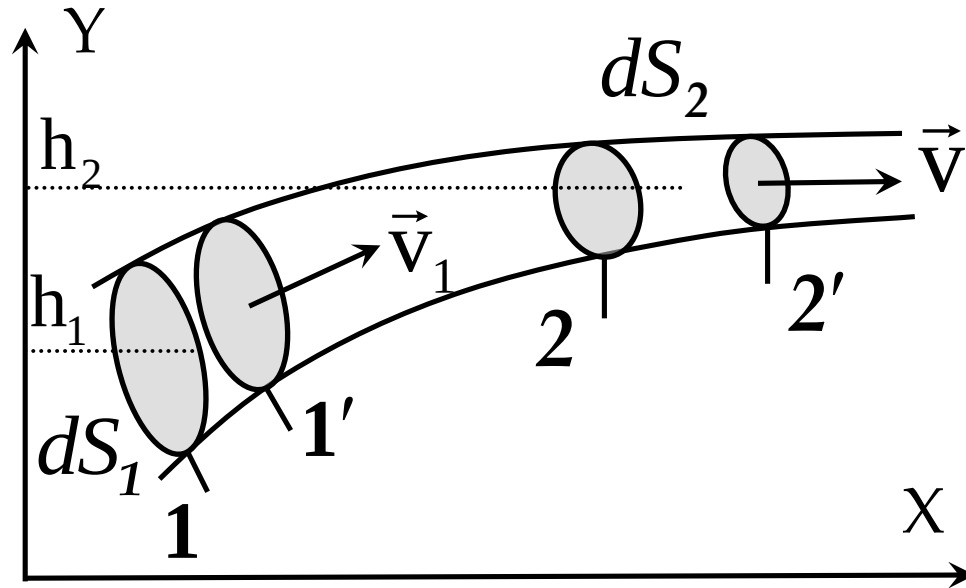
$$dV_2 = S_2 v_2 dt \quad dV_1 = dV_2$$

$$\Rightarrow S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{const}$$

- уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости.

Уравнение Бернулли.

Рассмотрим трубку тока идеальной жидкости (нет внутреннего трения).



За время dt жидкость перемещается из сечений 1 и 2 в 1' и 2'. Изменение энергии равно работе внешних сил:

$$E_2 - E_1 = A$$

Для перемещения массы m от S_1 до S_1' жидкость перемещается на $l=vdt$. При таких малых перемещениях можем считать v , P , h постоянными.

$$A = F_1 l_1 + F_2 l_2 \quad F_1 = P_1 \cdot S_1 \quad F_2 = -P_2 \cdot S_2$$

$$E_1 = \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 \quad E_2 = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2$$

$$E_1 - E_2 = F_1 l_1 + F_2 l_2 = P_1 S_1 l_1 - P_2 S_2 l_2$$

$$E_1 - E_2 = P_1 S_1 v_1 dt - P_2 S_2 v_2 dt$$

$$E_1 + P_1 S_1 v_1 dt = E_2 + P_2 S_2 v_2 dt$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 + P_1 S_1 v_1 dt = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 + P_2 S_2 v_2 dt$$


 $m = \rho \cdot V$ Разделим на dV $dV = Sl = S_1 v_1 dt = S_2 v_2 dt$

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho gh_1 + P_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho gh_2 + P_2 \quad \text{Либо в итоге:}$$

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + P = const$$

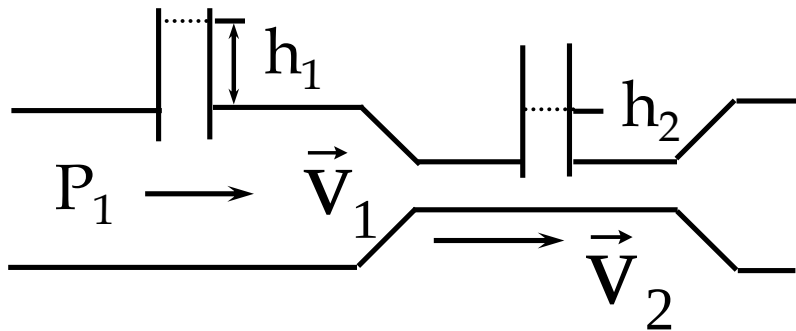
Уравнение Бернулли (закон сохранения энергии для идеальной жидкости в установившемся режиме).

Где: P - статическое давление. Оно соответствует давлению без движения жидкости;

$\frac{\rho v^2}{2}$ - динамическое давление, связано с движением жидкости;

ρgh - гидростатическое давление, связано с разными уровнями жидкости (аналог потенциальной энергии).

Для горизонтальной трубки тока:



$$\frac{\rho v^2}{2} + P = const \Rightarrow v_2 > v_1$$

$$P_2 < P_1 \Rightarrow h_1 > h_2$$

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высш. шк., 1990.- 478 с.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики М.: Высш. шк., 1989.- 608 с.
3. Савельев И.В. Общий курс физики. Т1. Механика. Молекулярная физика. М.: Наука, 1988.- 416 с.
4. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики.- М.: Наука, 1985.
5. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. Т.1,2,3.-М.: Наука, 1974,1980
6. Сивухин Д.В. Курс общей Физики. – М.: Наука, 1986. Т.