

Неделя № 1.

Введение

Часть механики, изучающая условия, при которых тело находится в покое под действием нескольких сил, называется *статикой*.

В *гидростатике* рассматриваются силы, возникающие в системе, состоящей из *покоящейся* жидкости и помещённых в эту жидкость *неподвижных* тел.

Силы, появляющиеся в системе из *неподвижного* газа и помещённых в него *покоящихся* тел, изучает наука *аэростатика*.

В гидростатике и аэростатике используются многие понятия и законы механики и её составной части – статики. Поэтому перед чтением этого задания полезно повторить материал, касающийся понятий массы, плотности, силы, силы тяжести, веса тела, равнодействующей нескольких сил. Напомним кое-что из этого.

Масса тела m его объём V и плотность ρ тела связаны формулой $m = V\rho$. Сила тяжести, действующая на тело массой m приложена к телу и находится по формуле $F = mg$, где $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ – *ускорение свободного падения*. Вес тела массой m во многих случаях выражается тоже аналогичной формулой $Q = mg$, но вес Q приложен к подставке, на которой находится тело.

Сила, которая оказывает на тело такое же действие, как и несколько одновременно действующих сил, называется *равнодействующей* этих сил. Если тело находится в покое, то равнодействующая сила равна нулю. В частности, если на тело действуют две силы и тело находится при этом в покое, то эти силы равны по модулю и противоположны по направлению.

Несколько слов о контрольных вопросах и задачах, предлагаемых в конце задания. Часть вопросов и задач простые, часть сложные. Не смущайтесь, если некоторые из них Вам не удастся решить. У Вас будет возможность вернуться к этому заданию, когда Вы получите назад свою проверенную работу и официальное решение этого задания.

Желаем удачи!

§1. Жидкости и газы. Текучесть. Давление

Жидкости и газы отличаются от твёрдых тел прежде всего тем, что обладают таким свойством, как *текучесть*. Текучесть проявляется в способности жидкости и газа принимать форму сосуда. Из-за чего появляется и чем объясняется текучесть, по наличию которой и устанавливают, что данное тело не является твёрдым?

Многочисленные опытные факты подтверждают наличие в природе веществ (тел), у которых отсутствуют силы, препятствующие сдвигу с бесконечно малыми скоростями одних слоёв этих веществ относительно других, т. е. отсутствуют силы трения покоя, действующие вдоль поверхности соприкасающихся слоёв. Если при этом такое вещество принимает форму сосуда и его объём практически не зависит от формы и вида сосуда, то мы имеем дело с жидкостью. Если же это вещество занимает весь предоставленный ему в любом сосуде объём, то это – газ.

У твёрдого тела сдвинуть один слой (часть) тела относительно другого без приложения значительных усилий невозможно. У жидкости и газа одни слои (части) могут скользить по другим слоям под действием ничтожно малых сил. Этим и объясняется текучесть. Например, если подуть вдоль поверхности воды, то верхние слои воды придут в движение относительно нижних, причём силы трения между слоями будут тем меньше, чем меньше относительная скорость движения слоёв. Другой пример текучести. Даже очень осторожное, медленное и малое наклонение сосуда с жидкостью приводит к перемещению верхних слоёв жидкости относительно нижних и в результате поверхность жидкости становится снова горизонтальной.

Сила трения покоя между стенкой сосуда и соприкасающейся с ней неподвижной жидкостью тоже равна нулю.

Мы здесь не будем рассматривать проявление так называемых сил поверхностного натяжения, возникающих из-за того, что поверхностный слой жидкости ведёт себя подобно тонкой упругой оболочке. Силами поверхностного натяжения объясняется существование каплей жидкости, возможность каплям удерживаться на наклонной поверхности твёрдого тела, капиллярность и другое.

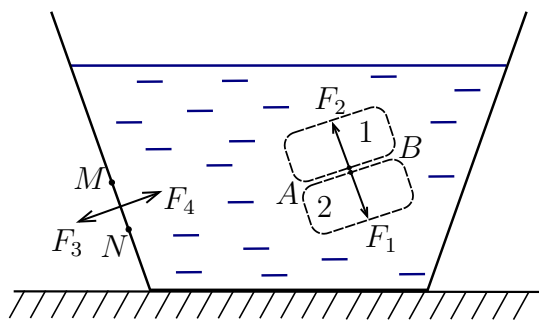


Рис. 1

Из всего сказанного выше следует, что в неподвижной жидкости (или газе) слои (части) жидкости действуют друг на друга и на стенки сосуда с силами, направленными перпендикулярно к поверхности их соприкосновения. На рис. 1 показан сосуд с жидкостью. Выделим мысленно из всей жидкости её части в объёмах 1 и 2. Жидкость в объёме 1 давит на жидкость в объёме 2 с силой F_1 , направленной перпендикулярно к поверхности их соприкосновения. С такой же по модулю силой F_2 давит и жидкость 2 на 1. Это следует

из так называемого *третьего закона Ньютона*, согласно которому тела действуют друг на друга с равными по модулю и противоположными по направлению силами. Жидкость в сосуде давит на часть MN стенки сосуда с силой F_3 направленной перпендикулярно стенке. Часть MN стенки давит на жидкость с такой же силой F_4 .

Величиной, характеризующей взаимодействие частей жидкости или газа друг с другом и со стенками сосуда, служит *давление*. *Давлением называется величина, равная отношению модуля силы F давления, действующей по нормали (перпендикулярно) к плоской поверхности, к площади S этой поверхности*: $P = \frac{F}{S}$.

В системе СИ давление измеряется в Н/м². Эта единица давления носит название паскаль (Па): 1 Па = 1 Н/м².

Уточним, что следует понимать под давлением в жидкости или газе.

Поместим в жидкость или газ небольшую плоскую пластину. Одну из сторон этой пластины назовём *площадкой*. Жидкость (газ) давит на площадку с некоторой силой F . Если площадь площадки S то давление жидкости на площадку $P = \frac{F}{S}$. Из условия равновесия вырезанной мысленно из жидкости (газа) призмы с основанием в виде прямоугольного треугольника, находящейся в месте расположения площадки, можно вывести, что *давление на площадку в жидкости или газе не зависит от ориентации площадки*. Вывод приводить не будем. Теперь можно дать определение давления в жидкости или газе.

Давлением в некоторой точке жидкости называется давление жидкости на небольшую площадку, произвольно ориентированную и помещённую вблизи этой точки. Аналогично и для газа.

§2. Закон Паскаля

Рассмотрим связь между давлениями в различных точках жидкости. Будем рассматривать покоящуюся жидкость в неподвижном сосуде. Дополнительное давление в жидкости, возникающее из-за силы тяжести, учитывать не будем.

Пусть жидкость заключена в замкнутый сосуд произвольной формы (рис. 2). Будем давить на поршень. Покажем, что давление P_A в точке равно давлению P_B в точке . Для этого выделим мысленно внутри жидкости тонкий цилиндр, ось которого проходит через точки и , а основания площадью S каждое перпендикулярны оси. На части боковой поверхности цилиндра из жидкости со стороны окружающей жидкости действуют силы давления, перпендикулярные оси цилиндра. На основания цилиндра жидкость действует с силами $F_A = P_A S$ и $F_B = P_B S$, направленными вдоль оси . Поскольку цилиндр находится в покое, то $F_A = F_B$, т. е. $P_A S = P_B S$. Отсюда $P_A = P_B$. Значит, давление в точках и одно и то же. Аналогично доказывается равенство давлений в точках и и в точках и K .

Таким образом, приходим к выводу, что *давление во всех точках внутри жидкости одинаково*. Поршень давит на жидкость на её границе в одном месте, но это давление ощущается во всей жидкости. Мы получили **закон Паскаля**: *давление, оказываемое на жидкость в каком-либо одном месте на её границе, передаётся без изменения во все точки жидкости*.

Этот закон был установлен экспериментально французским физиком и математиком Блэзом Паскалем (1623 – 1662) и носит его имя.

Всё сказанное в этом параграфе справедливо и для газов. Справедлив для газов и закон Паскаля.

Отметим, что закон Паскаля выведен и сформулирован здесь при условии отсутствия силы тяжести. Наличие силы тяжести не изменяет сути закона и вносит дополнительную связь между давлениями в различных точках жидкости или газа. Закон Паскаля лежит в основе устройства гидравлических машин. Принцип устройства и действия такой машины следующий. Два цилиндрических сосуда разного диаметра с поршнями соединены трубкой и заполнены жидкостью (рис. 3). Пусть на малый поршень площадью S_1 действует сила F_1 . Тогда в жидкости создаётся давление $P = \frac{F_1}{S_1}$. На большой поршень площадью S_2 со стороны жидкости действует сила $F = PS_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$. С этой же силой большой поршень может действовать на какое-нибудь тело, препятствующее его перемещению. Во сколько раз S_2 больше S_1 во столько раз и развиваемая поршнем сила F_2 больше приложенной силы F_1 . Это используется в гидравлическом прессе, гидравлическом тормозе, гидравлическом домкрате.

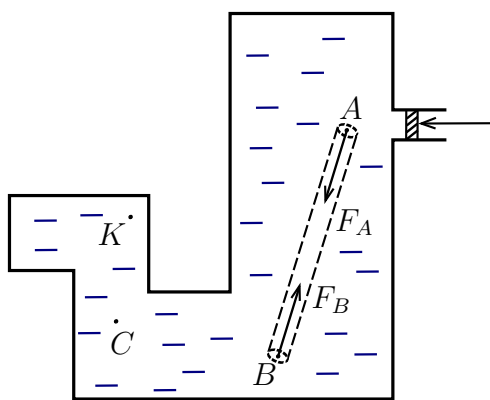


Рис. 2

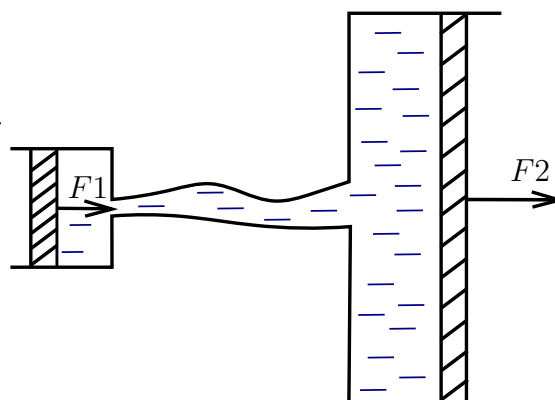


Рис. 3

Задача 1. Площадь большого поршня гидравлического домкрата 20 см^2 , а малого $0,5 \text{ см}^2$. Груз какой максимальной массы можно поднять этим домкратом, если на малый поршень давить с силой не более 200 Н . Силой трения поршней о стенки цилиндров пренебречь.

Решение. Пусть $S_1 = 0,5 \text{ см}^2$, $S_2 = 20 \text{ см}^2$, $F_1 = 200 \text{ Н}$. Так как давление во всех точках жидкости одинаково, то

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}.$$

Здесь F_2 – сила давления жидкости на большой поршень. Отсюда

$$F_2 = \frac{F_1 S_1}{S_2} = 200 \cdot \frac{20}{0,5} = 8000 \text{ Н}.$$

Поднять можно тело с максимальным весом $F_2 = 8000 \text{ Н}$, что соответствует массе $m = \frac{F_2}{g}$, где $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$, Итак, $m \approx 800 \text{ кг}$.

Ответ: $m \approx 800 \text{ кг}$.