

«Инженерная олимпиада школьников»

Отборочный тур 2014-2015 учебного года

9-10 класс

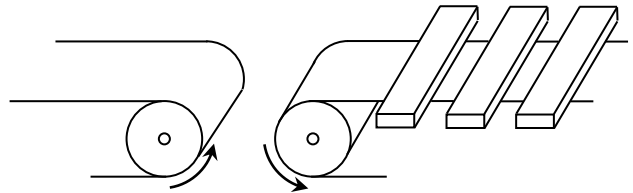
1. (1 балл) В инженерных расчетах давления газов или жидкостей используется множество разных единиц измерений. В русскоязычной литературе сейчас в основном используется паскаль ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$), хотя иногда используются также миллиметры ртутного или водяного столба (как давление, оказываемое столбом соответствующей жидкости высотой 1 мм). В Британской инженерной системе единиц единицей измерения давления является «фунт-силы на квадратный дюйм», которая определяется как давление тела массой 1 фунт (1 lbf), находящегося в стандартном гравитационном поле, на 1 квадратный дюйм (1 in^2) - эту единицу обозначают как lbf/in² или psi – round-force per square inch. Найти соотношение между единицами (с точностью до 4 значащих цифр):

$$1 \text{ мм рт ст} = \dots \text{ lbf/in}^2,$$

если $g = 9,8067 \text{ м/с}^2$, плотность ртути $\rho_{\text{рт}} = 13595 \text{ кг/м}^3$, 1 дюйм (in) = 2,54 см, 1 фунт (lb) = 0,45359 кг.

2. (1 балл) Имеется шесть кнопок-выключателей, которые могут замыкать-размыкать электрическую цепь. Выключатели включены в электрическую цепь вместе с лампочкой. Пока ни одна кнопка не нажата, лампочка не горит. При одновременном нажатии первой, второй и пятой кнопок лампочка загорается. Никакая другая комбинация нажатых кнопок лампочку не включает. Объясните, как работает такая цепь, и нарисуйте схему простейшей цепи, обладающей такими свойствами.

3. (2 балла) Детали, движущиеся по правому конвейеру, надо передать на левый конвейер, переворачивая их при этом «вверх ногами». Предложите простейшее решение, применив всего одно дополнительное устройство. Нарисуйте соответствующий чертеж.

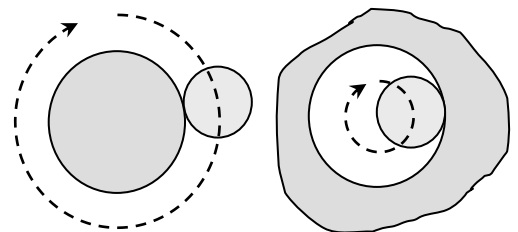


4. (2 балла) При замыкании пальцами полюсов батарейки с напряжением 1,5 В действие тока практически не ощущается. Замыкание телом человека полюсов бытовой электрической сети с напряжением 220 В очень опасно. Рабочее напряжение на лампочке накаливания карманного фонарика 3 В, ее номинальная мощность 1 Вт. Из большого количества последовательно соединенных лампочек собрали елочную гирлянду, которую включили в бытовую электрическую сеть. Затем одну лампочку вывернули из патрона и в этот патрон сунули палец. Каким будет действие тока – сильным или слабым? (Независимо от Вашего ответа делать этот опыт, чтобы проверить ответ экспериментально, на всякий случай, не нужно). Сопротивление тела человека составляет 1 кОм.



5. (3 балла) На концах крыльев многих моделей самолетов есть небольшие дополнительные крылышки, которые называются винглеты (см. фото). Объясните, каковы функции винглетов?

6. (3 балла) Диск радиуса R обкатывает неподвижный диск радиуса $2R$ (т.е. движется по поверхности большого диска без проскальзывания; левый рисунок). Сколько оборотов вокруг своей оси совершит малый диск, когда его центр повернется на угол $\Delta\varphi$ вокруг большого? Второй раз диск радиуса R движется без проскальзывания по внутренней поверхности полого цилиндра радиуса $2R$ (правый рисунок), также поворачиваясь на угол $\Delta\varphi$. Сколько оборотов вокруг своей оси совершит малый диск в этом случае?



Решения

1. Сначала найдем связь паскалей и round-force per square inch (lbf/in² или psi). Имеем

$$1 \text{ psi} = \frac{1 \text{ lbf}}{1 \text{ in}^2} = \frac{0,45359 \text{ (кг)} \cdot 9,8067 \text{ (м/с}^2\text{)}}{2,54^2 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2\text{)}} = 6895 \text{ Па}$$

С другой стороны

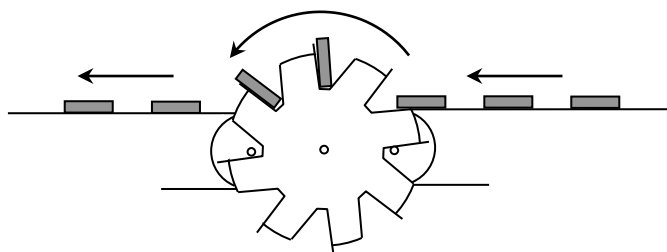
$$1 \text{ мм рт ст} = \rho gh = 13595 \text{ (кг/м}^3\text{)} \cdot 9,8067 \text{ (м/с}^2\text{)} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 133,32 \text{ Па}$$

Отсюда находим, что

$$1 \text{ мм рт ст} = 133,32 \text{ (Па)} \cdot \frac{1}{6895} \text{ (psi/Па)} = 1,9336 \cdot 10^{-2} \text{ psi (или lbf/in}^2\text{)}$$

2. В условии нигде не сказано, что делает нажатие кнопки – замыкает или размыкает цепь. Поэтому считаем, что нажатие первой, второй и пятой кнопки замыкает цепь, нажатие остальных – размыкает. И соединяем кнопки последовательно с лампочкой. Тогда чтобы замкнуть цепь (и зажечь лампочку) нужно нажать первую, вторую и пятую кнопки и не трогать никакие другие.

3. Между двумя транспортерами нужно расположить два диска с прорезями, диаметр которых больше расстояния между транспортерами, и которые надеты на одну ось, длина которой чуть больше ширины транспортеров. Тогда транспортеры не будут мешать дискам вращаться, а поскольку ширина деталей больше ширины транспортера, детали будут входить в прорези дисков. Диски и будут перемещать детали на второй транспортер, одновременно их переворачивая (см. рисунок).



4. Тем параметром, который определяет действие электрического тока на живые организмы, является сила тока, протекающего через организм. Если мы беремся за полюса розетки, через руки течет ток

$$I = \frac{220 \text{ (В)}}{1000 \text{ (Ом)}}$$

где 1000 Ом – сопротивление человеческого тела, которое составляет около 1 кОм. Этот ток по порядку величины составляет около 0,2 А и этот ток опасен для человека, как мы знаем из опыта (на самом деле, опасным считается ток больше 0,1 А). Оценим, какой ток потечет через палец, если замкнуть им контакты одной лампочки для карманного фонаря в елочной гирлянде, включенной в бытовую электрическую сеть.

Сопротивление лампочки в рабочем состоянии составляет $r = U^2 / P \approx 10$ Ом. Чтобы напряжение на каждой лампе составляло 3 В, в цепь нужно включить $N = 220/3 \approx 70$ лампочек, которые в сумме будут иметь сопротивление 700 Ом. Поэтому при замыкании пальцем патрона с вывернутой лампочкой ток через палец будет составлять

$$I = \frac{220 \text{ (В)}}{1000 \text{ (Ом)} + 700 \text{ (Ом)}} = 0,13 \text{ (А)}$$

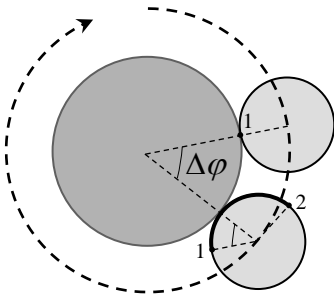
что лишь чуть-чуть меньше, чем при замыкании пальцем контактов бытовой электрической сети, и, следовательно, воздействие тока будет достаточно сильным. А на самом деле воздействие тока будет

еще сильнее, поскольку ток через лампочки будет меньше рабочего (из-за большого сопротивления человека), они слабо нагреются, и их сопротивление будет значительно меньше их сопротивления в рабочем состоянии (которое мы оценили по номинальной мощности).

5. Сила, поднимающая самолет в воздух (подъемная сила), возникает в крыльях при разных скоростях движения воздуха над и под крылом. Над крылом возникает область пониженного давления, и именно эта разность давлений и удерживает самолет в воздухе.



Но как только такая разность давлений возникает, возникает поток воздуха из области под крылом в область над крылом через концы крыльев. Разность давлений воздуха уменьшается, и это приводит к потере части подъемной силы (по утверждениям производителей самолетов из-за этого эффекта может теряться до трети подъемной силы на концах крыльев). Для уменьшения этого эффекта и служат винглеты, которые сильнее отделяют друг от друга области под крылом и над крылом.



6. Сначала рассмотрим движение малого диска по внешней поверхности большого. Пусть малый диск повернулся на угол $\Delta\varphi$ вокруг большого (см. рисунок). Если бы малый диск не вращался вокруг своей оси (для этого он должен был бы проскальзывать по большому), его радиус, связывающий точку, которой он касался большого диска с его центром в начальном положении, остался бы

параллельным самому себе и в конечном положении (эта точка отмечена на рисунке цифрой 1). Поэтому угол между отрезком, связывающим центры дисков в конечном положении, и радиусом малого диска, проведенным в точку 1, был бы равен $\Delta\varphi$ (на рисунке этот угол отмечен дугой). Из-за отсутствия проскальзывания рассматриваемая точка вращается по часовой стрелке и окажется в положении 2, причем из-за отсутствия проскальзывания длина дуги малого диска, связывающая точку 2 и точку касания дисков в конечном положении, будет равна длине дуги большого диска между точками касания малого диска в начальном и конечном положении, т.е. $2R\Delta\varphi$. Таким образом, длина дуги между точками 1 и 2 равна $R\Delta\varphi + 2R\Delta\varphi = 3R\Delta\varphi$, и, следовательно малый диск повернется на угол $3\Delta\varphi$ вокруг своей оси. А значит, число оборотов малого диска вокруг своей оси n будет равно

$$n = \frac{3\Delta\varphi}{2\pi}$$

Аналогично рассматривается движение малого диска по внутренней поверхности большого. Однако, как легко увидеть, углы его поворота вокруг большого и своей оси будут вычитаться (а не складываться, как в первом случае), поэтому при повороте малого диска вокруг большого на угол $\Delta\varphi$ он совершит $n_1 = \frac{\Delta\varphi}{2\pi}$ оборотов вокруг своей оси.