

### Ответы и решения. Критерии оценивания

1. Сначала найдем связь паскалей и 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

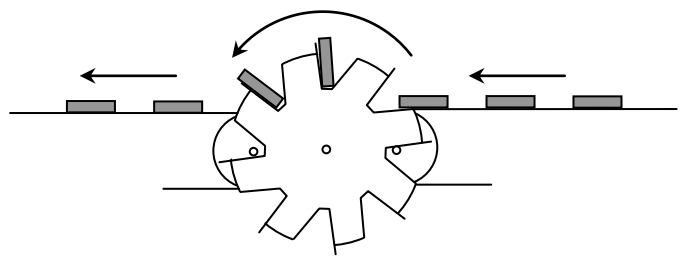
$$1 \text{ мм рт ст} = \rho gh = 13595 \text{ (кг/м}^3\text{)} \cdot 9,8067 \text{ (м/с}^2\text{)} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 133,32 \text{ Па}$$

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 делаем так: нажатие первой, второй и пятой кнопки замыкает цепь, нажатие остальных – размыкает. И соединяем кнопки последовательно с лампочкой. Тогда чтобы ее замкнуть (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 переверачивая (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 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

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

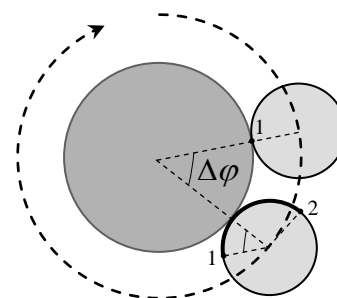
что лишь чуть-чуть меньше, чем при замыкании пальцем контактов бытовой электрической сети, и, следовательно, воздействие тока будет достаточно сильным. А в первый момент после включения воздействие тока будет еще сильнее, поскольку сопротивление холодных лампочек гораздо меньше того, которое мы оценили по номинальной мощности. Кроме того, сопротивление сухой кожи гораздо больше 1 кОм, и потому подключение последовательно с пальцем 70 лампочек уменьшит ток по сравнению с тем, который протекал без них, еще меньше.

**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.



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.** Рассмотрим движение малого диска сначала по внешней поверхности диска. Пусть 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, конечно, проскальзывать по большому), то его радиус, связывающий точку, которой он касался большого диска, с его центром, остался бы параллельным самому себе (эта точка отмечена на рисунке цифрой 1).



И, следовательно, угол между отрезком, связывающим центры дисков, и направлением на эту точку

ку 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, связывающая точку 2 и точка касания дисков, 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.

### **Критерии оценки работ**

1. Каждая задача оценивается исходя из того максимального количества баллов, которое указано в варианте задания.
2. В зависимости от полноты решения решение каждой задачи оценивается оценкой от максимальной до нуля с шагом 0,5 балла.
3. Оценки за все задачи складываются (максимальная оценка – 12 баллов); если суммарная оценка окажется «полуцелой» – округлять до ближайшего целого числа с избытком или недостатком по усмотрению проверяющего.
4. Пропуск на заключительный тур – 6 баллов.