

## Ответы и решения

1. Пусть в двигателе было израсходовано такое количество топлива, теплота сгорания которого -  $Q$ , и получена работа  $A$ . Тогда согласно определению КПД имеем

$$\eta_1 = \frac{A}{Q}$$

С другой стороны, часть энергии  $Q$  была потеряна, и до двигателя доходила только энергия  $(1-\delta)Q$ , из которой он и получал работу  $A$ . А это значит, что настоящий КПД двигателя есть

$$\eta = \frac{A}{(1-\delta)Q} = \frac{\eta_1}{1-\delta} = 31,6 \%$$

который и будет измеряться после устранения течи.

2. Требуемая траектория движения робота показана на рисунке. Начало отмечено буквой «н», конец – буквой «к» (конечно, можно было бы проходить весь путь в обратном направлении, тогда начало и конец пути просто поменялись бы местами. Вычисляя длину пути, получим

$$l = 5(1 + \sqrt{2}) = 12,1 \text{ м}$$

3. Основная идея решения задачи заключается в том, что если бы мы закрыли основания участка трубы плоскими поверхностями, сохранив внутри тот же газ, то сила, действующая со стороны газа на участок трубы (с плоскими основаниями), была бы равна нулю. А поскольку силу, действующую со стороны газа на основания вычислить несложно, то можно вычислить и силу, действующую со стороны газа на рассматриваемый участок трубы.

Поскольку площади оснований трубы равны

$$\frac{\pi r^2}{\cos \alpha} \text{ и } \frac{\pi r^2}{\sin 2\alpha},$$

на основания трубы действуют силы

$$F_1 = \frac{p\pi r^2}{\cos \alpha} \text{ и } F_2 = \frac{p\pi r^2}{\sin 2\alpha},$$

направленные перпендикулярно основаниям куска трубы (см. рисунок). Следовательно, сила, действующая на кусок трубы без оснований, равна

$$F = F_1 \sin \alpha + F_2 \cos 2\alpha = p\pi r^2 (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} 2\alpha)$$

и направлена в направлении максимальной образующей куска трубы (см. рисунок).

4. Пусть распределение токов в элементах цепи будет таким, как это показано на рисунке. При этом направления токов  $I_1$  и  $I_2$  будут такими, как показано на рисунке, направление тока  $I_3$  может оказаться и противоположным. Поэтому величина  $I_3$  во всех последующих формулах будет алгебраической: ее отрицательность будет отвечать противоположному направлению тока на этом участке цепи.

Для токов  $I_1, I_2, I_3$  справедливо уравнение

$$I_1 = I_2 + I_3. \quad (*)$$

Кроме того, падения напряжения на лампах, входящих в состав замкнутых контуров, равны напряжениям источников. Для левого контура

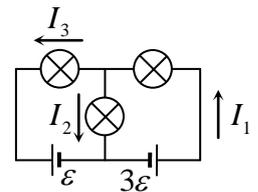
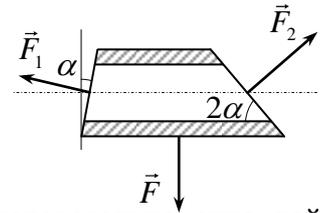
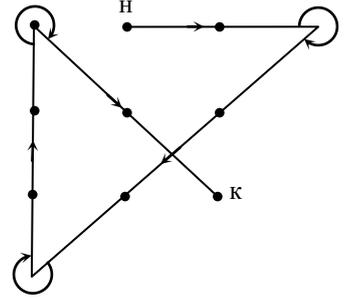
$$I_1 r + I_2 r = 3\varepsilon \quad (**)$$

Для правого контура

$$I_2 r - I_3 r = \varepsilon \quad (***)$$

Решая систему уравнений (\*)-(\*\*\*), получим токи в элементах цепи

$$I_1 = \frac{5\varepsilon}{3r}, \quad I_2 = \frac{4\varepsilon}{3r}, \quad I_3 = \frac{\varepsilon}{3r}$$



и выделяющуюся в них мощность

$$P_1 = I_1^2 r = \frac{25\varepsilon^2}{9r} = 25 \text{ Вт}, \quad P_2 = I_2^2 r = \frac{16\varepsilon^2}{9r} = 16 \text{ Вт}, \quad P_3 = I_3^2 r = \frac{\varepsilon^2}{9r} = 1 \text{ Вт}$$

(индексы соответствуют обозначениям токов на рисунке).

**5.** Пусть электрическое напряжение на элементе  $X_1$  равно  $2U/3$ . Тогда ток через этот элемент  $I_1$  можно найти из его вольтамперной характеристики

$$I_1 = \sqrt{\frac{2U}{3\alpha}},$$

а напряжение на элементе  $X_2$  и резисторе равно  $U/3$ . Следовательно, токи  $I_2$  и  $I_R$  через элемент  $X_2$  и резистор будут определяться соотношениями, следующими из вольтамперной характеристики и закона Ома для участка цепи

$$I_2 = \sqrt{\frac{U}{3\alpha}}, \quad I_R = \frac{U}{3R}$$

Ну а поскольку  $I_1 = I_2 + I_R$ , получаем

$$\sqrt{\frac{2U}{3\alpha}} = \sqrt{\frac{U}{3\alpha}} + \frac{U}{3R}$$

Отсюда находим сопротивление резистора

$$R = \frac{\sqrt{3\alpha U}}{3(\sqrt{2}-1)}$$

**6.** Поскольку при выключенном нагревателе вода остывает, необходимо учитывать теплообмен между сосудом и окружением (теплопотери). Причем мощность теплопотерь  $w$  можно найти из следующего уравнения

$$wt_2 = cm\Delta T \quad \Rightarrow \quad w = \frac{cm\Delta T}{t_2}$$

где  $c$  - удельная теплоемкость воды,  $m$  - ее масса. С учетом теплопотерь процесс нагревания воды выглядит так

$$Pt_1 = cm\Delta T + wt_1$$

Используя найденную выше мощность теплопотерь, находим

$$Pt_1 = cm\Delta T \left(1 + \frac{t_1}{t_2}\right) \quad \Rightarrow \quad m = \frac{Pt_1 t_2}{c\Delta T (t_1 + t_2)} = 0,79 \text{ кг.}$$