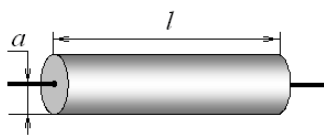


## Задача 9.2 Предохранитель

Плавкий предохранитель представляет собой резистор некоторой длины  $l$  и радиуса  $a = 0,10$  мм, изготовленный из материала с плотностью<sup>1</sup>  $\gamma = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , удельной теплоемкостью  $c = 0,38 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , с удельным сопротивлением  $\rho = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  и температурой плавления  $t_{\text{пл}} = 2,3 \cdot 10^2 ^\circ\text{C}$ .



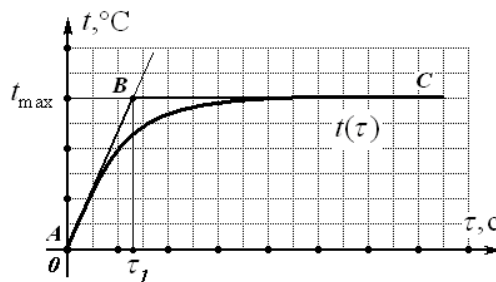
Примем, что теплообмен предохранителя с окружающей средой происходит в основном через его боковую поверхность, а количество теплоты  $\Delta Q$ , отдаваемое за промежуток времени  $\Delta \tau$ , пропорционально площади  $S$  теплообмена и разности температур  $\Delta t = t - t_0$  предохранителя  $t$  и окружающей среды  $t_0$  ( $t_0 = 0,0 ^\circ\text{C}$ ):

$$\frac{\Delta Q}{\Delta \tau} = \alpha S(t - t_0),$$

где  $\alpha = 8,5 \cdot 10^2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$  — постоянный коэффициент теплоотдачи. Изменением сопротивления предохранителя при увеличении температуры пренебречь.

### Часть 1. Один предохранитель.

При включении предохранителя в цепь его температура начинает увеличиваться со временем по некоторой зависимости, достигая предельного значения  $t_{\text{max}}$ . Поскольку описать зависимость  $t(\tau)$  достаточно сложно, то примем упрощенную модель данной функции — будем считать, что температура  $t$  растет с постоянной скоростью, равной скорости роста в начальный момент времени (отрезок  $AB$  на рисунке), достигает максимального значения  $t = t_{\text{max}}$  и температура предохранителя остается постоянной (участок  $BC$  на рисунке). Промежуток времени  $\tau_1$  назовем временем разогрева предохранителя до максимальной температуры  $t_{\text{max}}$ .



**1.1** До какой предельной температуры  $t_{\text{max}}$  нагреется предохранитель при прохождении по нему электрического тока силой  $I_1 = 10$  А? Найдите время разогрева  $\tau_1$  предохранителя, за которое он нагреется до температуры  $t_1$ .

**1.2** При какой силе тока  $I_{\text{max}1}$  предохранитель перегорит? При какой силе тока  $I_{\text{max}2}$  перегорит предохранитель, если его радиус увеличить в два раза?

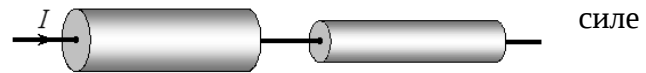
### Часть 2. Два предохранителя.

**2.1** Два предохранителя одинаковой длины и радиусами  $a_1 = a$  и  $a_2 = 2a$  включены в цепь

<sup>1</sup> Традиционные обозначения физических величин «перекрываются», поэтому мы вынуждены использовать свои «не традиционные»:  $\rho$  - удельное электрическое сопротивление,  $\gamma$  - плотность;  $t$  - температура,  $\tau$  - время,  $R$  - сопротивление,  $a$  - радиус.

последовательно.

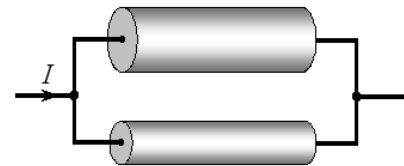
Силу тока в цепи медленно (по сравнению со временем разогрева) увеличивают. При какой силе тока в цепи  $I_{\max 3}$  перегорит такой составной предохранитель?



Определите, какой из резисторов перегорит первым при условии, что в цепи мгновенно устанавливается ток силой  $5I_{\max 3}$ .

**2.2** Два предохранителя одинаковой длины радиусами  $a_1 = a$  и  $a_2 = 2a$  включены в цепь параллельно.

Силу тока в цепи медленно (по сравнению со временем разогрева) увеличивают. При какой силе тока  $I_{\max 4}$  перегорит такой составной предохранитель?



Определите, какой из предохранителей перегорит первым при условии, что

при

в цепи мгновенно устанавливается ток, сила которого равна  $5I_{\max 4}$ .

**2.3** В ходе ремонта составного предохранителя, описанного в п.2.2, длину проволоки первого (более тонкого) предохранителя укоротили на 10%. Определите, какой из предохранителей перегорит первым, при условии, что в цепи мгновенно устанавливается ток силой  $I_0 = 100\text{ A}$ .