

**9.2. Температура проводника.** При пропускании тока от источника постоянного напряжения через длинную цилиндрическую проволоку её установившаяся температура будет на  $\Delta T_1$  выше температуры окружающей среды. Если проволоку пластично (объём не изменяется) вытянуть в длину в 2 раза и подключить к тому же источнику напряжения, то её установившаяся температура будет на  $\Delta T_2$  выше температуры окружающей среды. Определите  $\Delta T_2/\Delta T_1$ .

**Возможное решение.** Мощность, выделяющаяся в проводнике при прохождении тока, теряется через его поверхность пропорционально площади поверхности площади поверхности и разности температур поверхности проводника и окружающей среды (Закон Ньютона-Рихмана).

Пусть  $l_1$  – длина проволоки,  $s_1$  – площадь поперечного сечения проволоки,  $\sigma_1$  – площадь поверхности проволоки в исходном состоянии. Если удельное сопротивление материала  $\rho$ , то полное сопротивление проволоки:

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{s_1} . [1]$$

При растяжении проволоки её объём сохраняется:

$$l_1 s_1 = l_2 s_2 ;$$

$$s_2 = s_1 \frac{l_1}{l_2} = \frac{s_1}{2} .$$

Тогда полное сопротивление удлинённой в 2 раза ( $l_2 = 2l_1$ ) проволоки равно:

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{s_2} = 4\rho \frac{l_1}{s_1} = 4R_1 .$$

Т.к. проволока круглого сечения радиуса  $r$ , то

$$s = \pi r^2 ;$$

$$\frac{r_2}{r_1} = \sqrt{\frac{s_2}{s_1}} = \frac{1}{\sqrt{2}} ;$$

Отношение площадей поверхности:

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{2\pi r_2 l_2}{2\pi r_1 l_1} = \frac{\frac{r_1}{\sqrt{2}} \cdot 2l_1}{r_1 l_1} = \sqrt{2} .$$

Выделяемая внутри проволоки тепловая мощность:

$$P = IU = \frac{U^2}{R} . [2]$$

Мощность тепловых потерь:  $P_t = \alpha \sigma \cdot \Delta T$  [3], где  $\alpha$  – постоянный коэффициент пропорциональности.

При установившейся температуре мощности  $P$  и  $P_t$  равны, так что

$$\frac{U^2}{R} = \alpha \sigma \cdot \Delta T [4]$$

Отсюда  $\sigma \cdot \Delta T \cdot R = \frac{U^2}{\alpha} = const$ , т.е.  $\sigma_1 \cdot \Delta T_1 \cdot R_1 = \sigma_2 \cdot \Delta T_2 \cdot R_2$ .

$$\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{\sigma_1 R_1}{\sigma_2 R_2} = \frac{1}{4\sqrt{2}} .$$

**Критерии оценивания.**

1) Использована формула [1]	1 балл
2) Использовано условие сохранения объёма	1 балл
3) Найдено новое сопротивление	1 балл
4) Найдено отношение радиусов	1 балл
5) Найдено отношение боковых площадей	1 балл
6) Использован закон Джоуля-Ленца [2]	1 балл
7) Использован закон теплопроводности [3]	1 балл
8) Использовано условие установления температуры [4]	1 балл
9) Найдено отношение $\Delta T_2/\Delta T_1$ .	2 балла

**Примечания к критериям.**

- 1) Правильно решённая неавторским методом задача оценивается в 10 баллов.
- 2) В п.9 критериев один балл ставится за правильную формулу, один за правильный численный ответ (с корнем или в виде десятичной дроби).
- 3) Если критерии 3, 4, 5 в явном виде отсутствуют, но косвенно учтены в дальнейшей логике решения, то эти пункты оцениваются в полной мере.