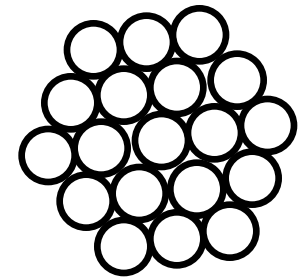
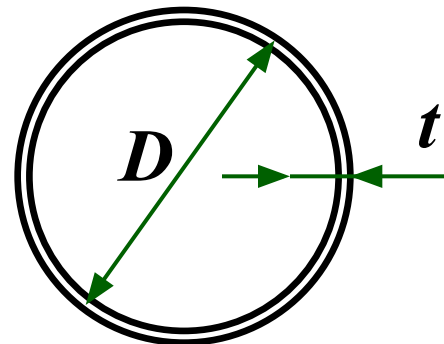
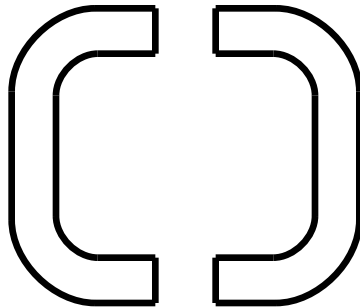
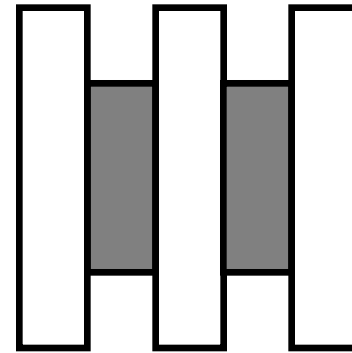
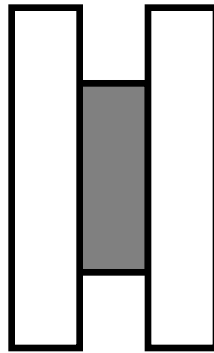
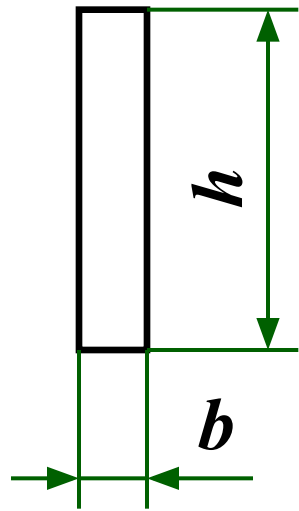


7. Проводники

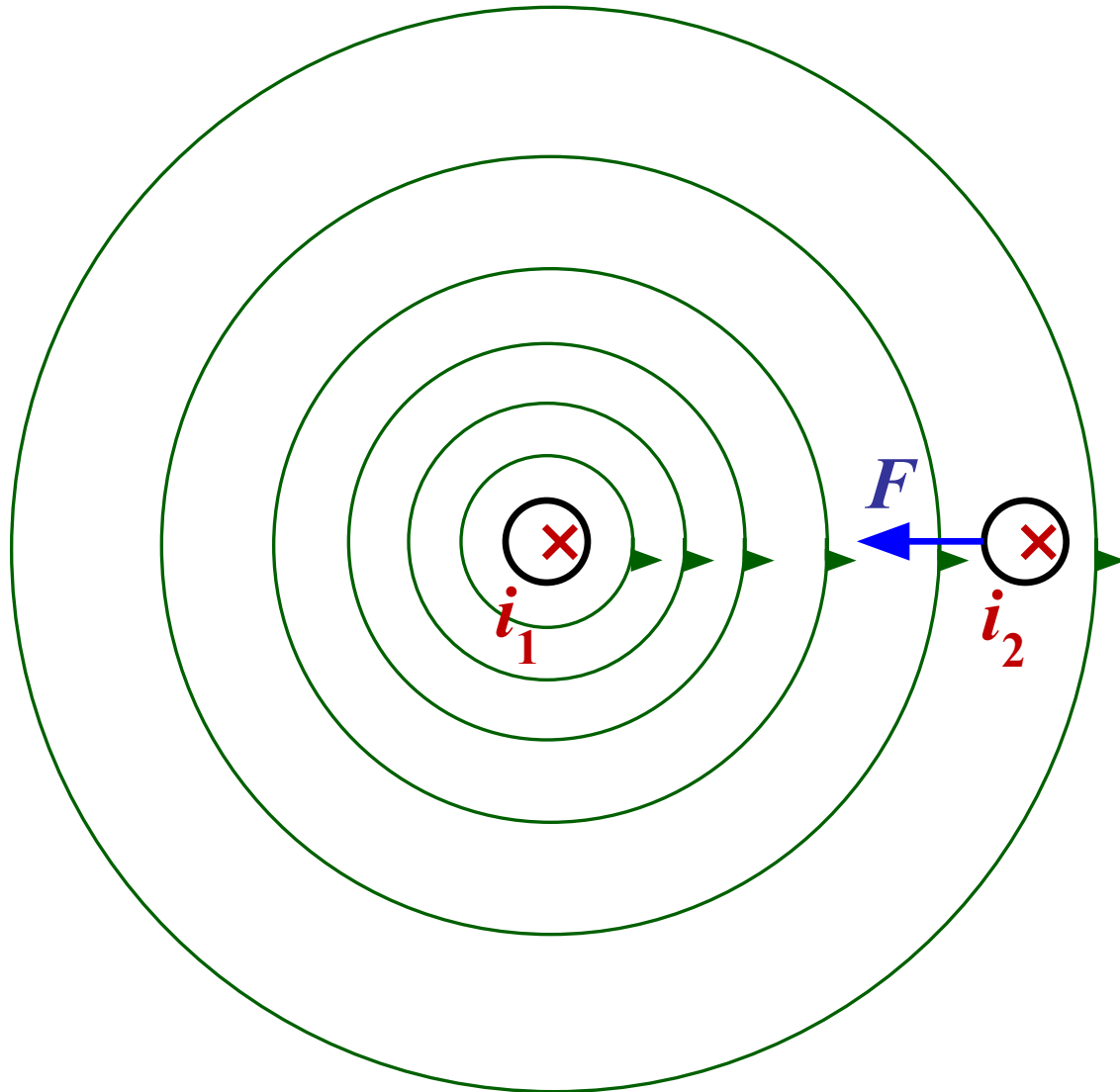


7.1 Конструкции проводников и токопроводов

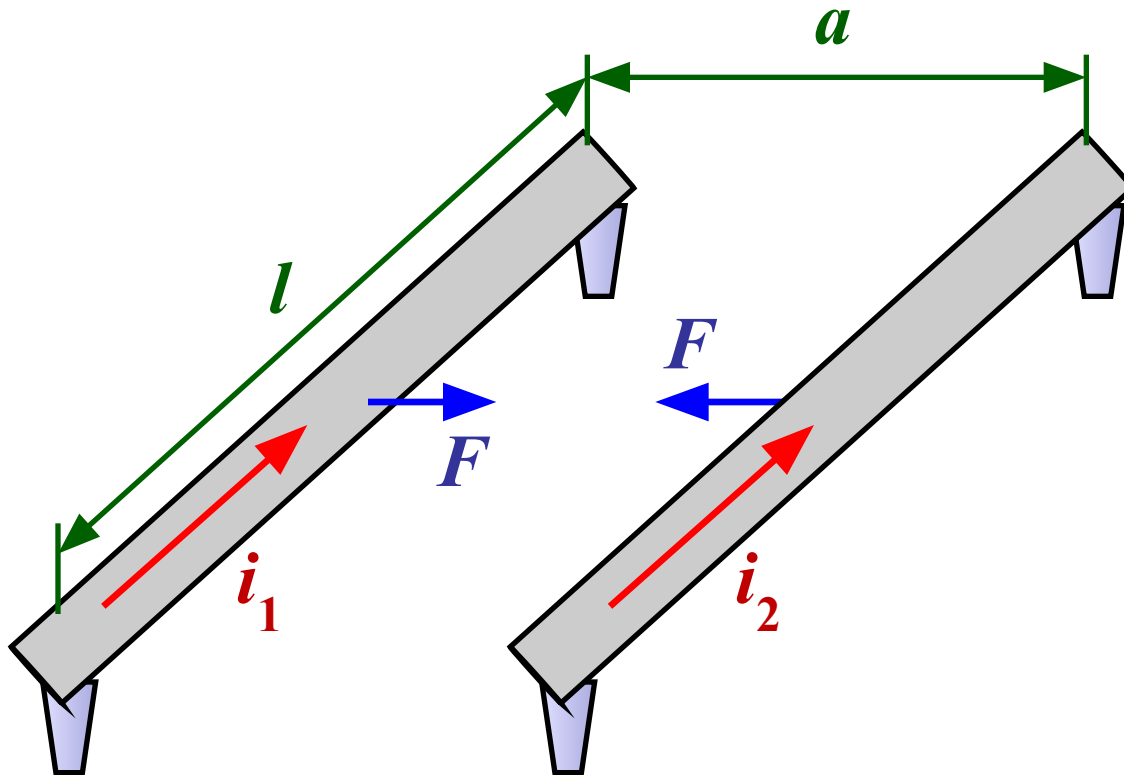


Для медных шин $t \leq 14$ мм
Для алюминиевых шин $t \leq 20$ мм

7.2 Электродинамическое действие токов на проводники



Взаимодействие двух цилиндрических проводников с током

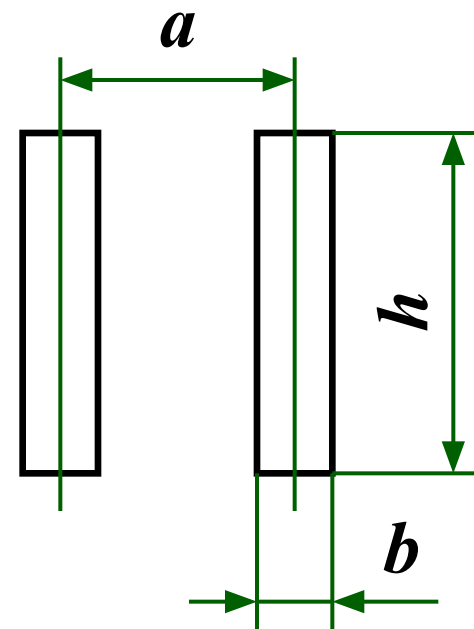
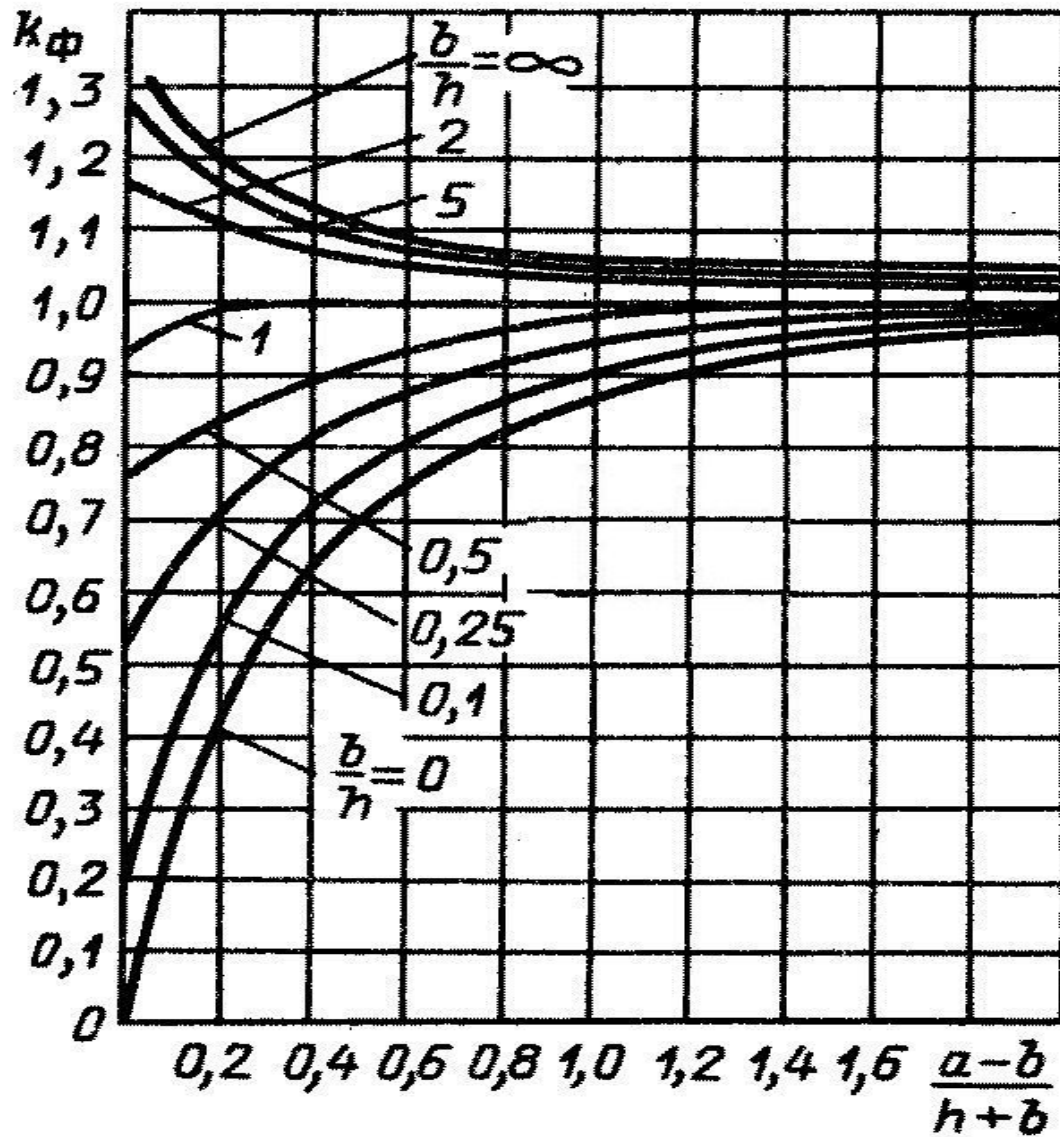


$$F = 2 \cdot 10^{-7} i_1 i_2 \frac{l}{a}$$

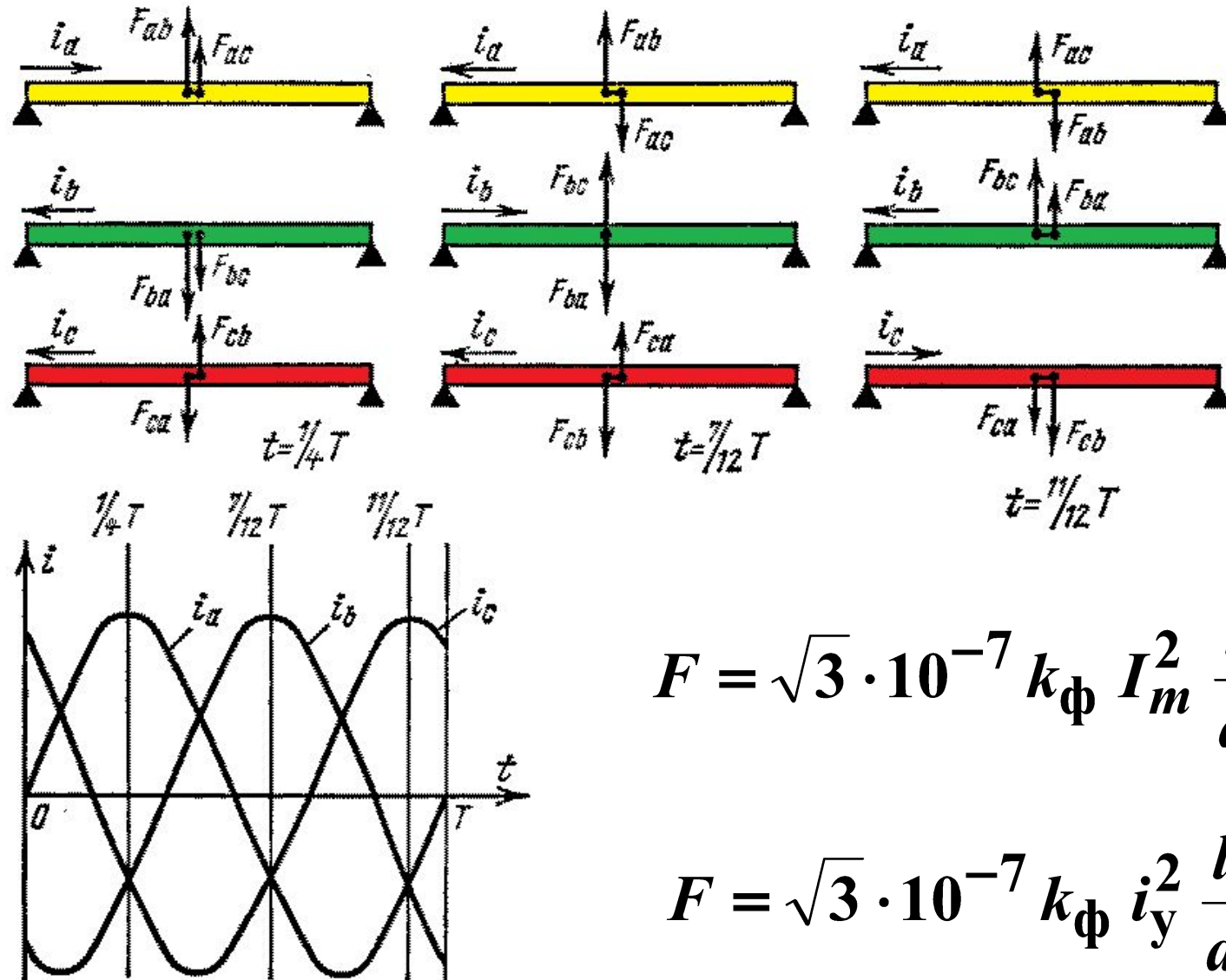
Для шин произвольного сечения:

$$F = 2 \cdot 10^{-7} k_{\phi} i_1 i_2 \frac{l}{a}$$

Кривые для определения коэффициента формы шин прямоугольного сечения



Электродинамическое взаимодействие в трехфазной системе проводников



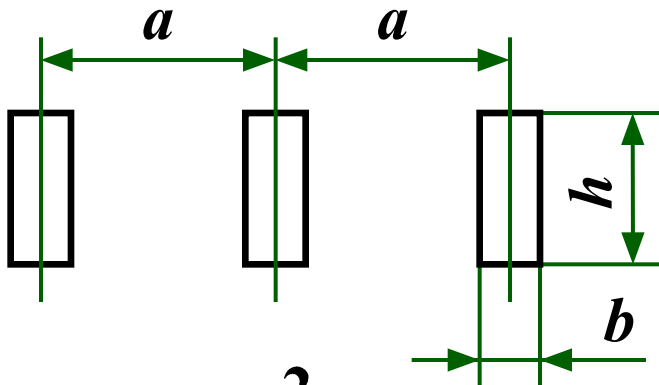
$$F = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} k_{\phi} I_m^2 \frac{l}{a}$$

$$F = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} k_{\phi} i_y^2 \frac{l}{a}$$

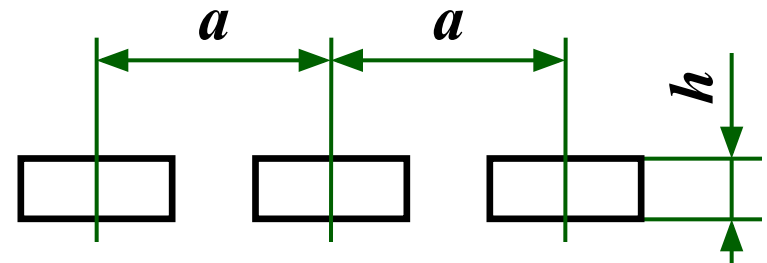
Определение механического напряжения в материале шины

Изгибающий момент: $M = \frac{Fl^2}{10}$ [Н·м]

Момент сопротивления шины относительно оси, перпендикулярной действию усилия:



$$W = \frac{hb^2}{6} \text{ [см}^3\text{]}$$



$$W = \frac{bh^2}{6} \text{ [см}^3\text{]}$$

Механическое напряжение: $\sigma = M/W$ [МПа]

Допустимое механическое напряжение в материале шин

Материал	Марка	$\sigma_{\text{доп}}$, МПа
Алюминий	АО, А1	82,3
	АДО	41,2 ÷ 48
Алюминиевый сплав	АД31Т	89,2
	АД31Т1	137,2
Медь	МГМ	171,5 ÷ 178,4
	МГТ	171,5 ÷ 205,8
Сталь	Ст. 3	260,7 ÷ 322,4

Условие динамической стойкости: $\sigma \leq \sigma_{\text{доп}}$

Условие отсутствия механического резонанса

Собственная частота колебаний алюминиевых шин:

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{J}{q}} \quad [\text{Гц}]$$

Собственная частота колебаний медных шин:

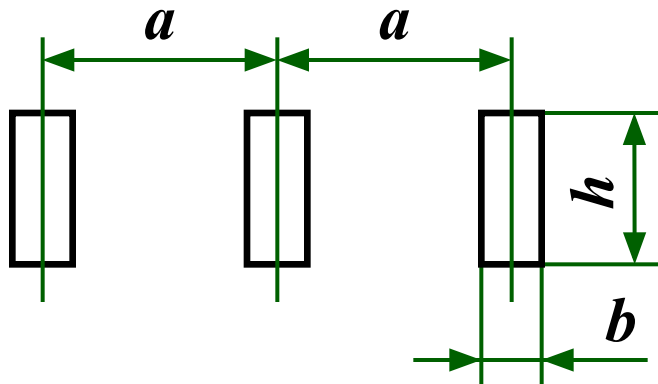
$$f_0 = \frac{125,2}{l^2} \sqrt{\frac{J}{q}} \quad [\text{Гц}]$$

l – длина пролета между изоляторами;
 J – момент инерции поперечного сечения шины относительно оси, перпендикулярной направлению силы, см⁴;
 q – поперечное сечение шины, см².

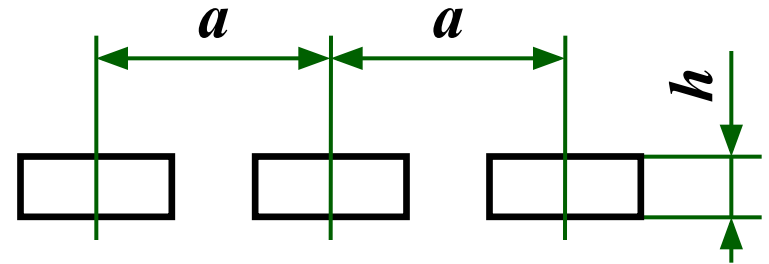
Резонанс отсутствует в случае:

$$f_0 > 200 \text{ Гц} \text{ или } f_0 < 30 \text{ Гц}$$

Моменты инерции поперечного сечения шины



$$J = \frac{hb^3}{12}$$



$$J = \frac{bh^3}{12}$$

7.3 Термическое действие токов на проводники

Энергия,
выделяемая в
виде тепла

$$\begin{array}{c} dQ \\ \parallel \\ I^2 r dt \end{array}$$

=

Энергия,
расходуемая
на нагрев
проводника

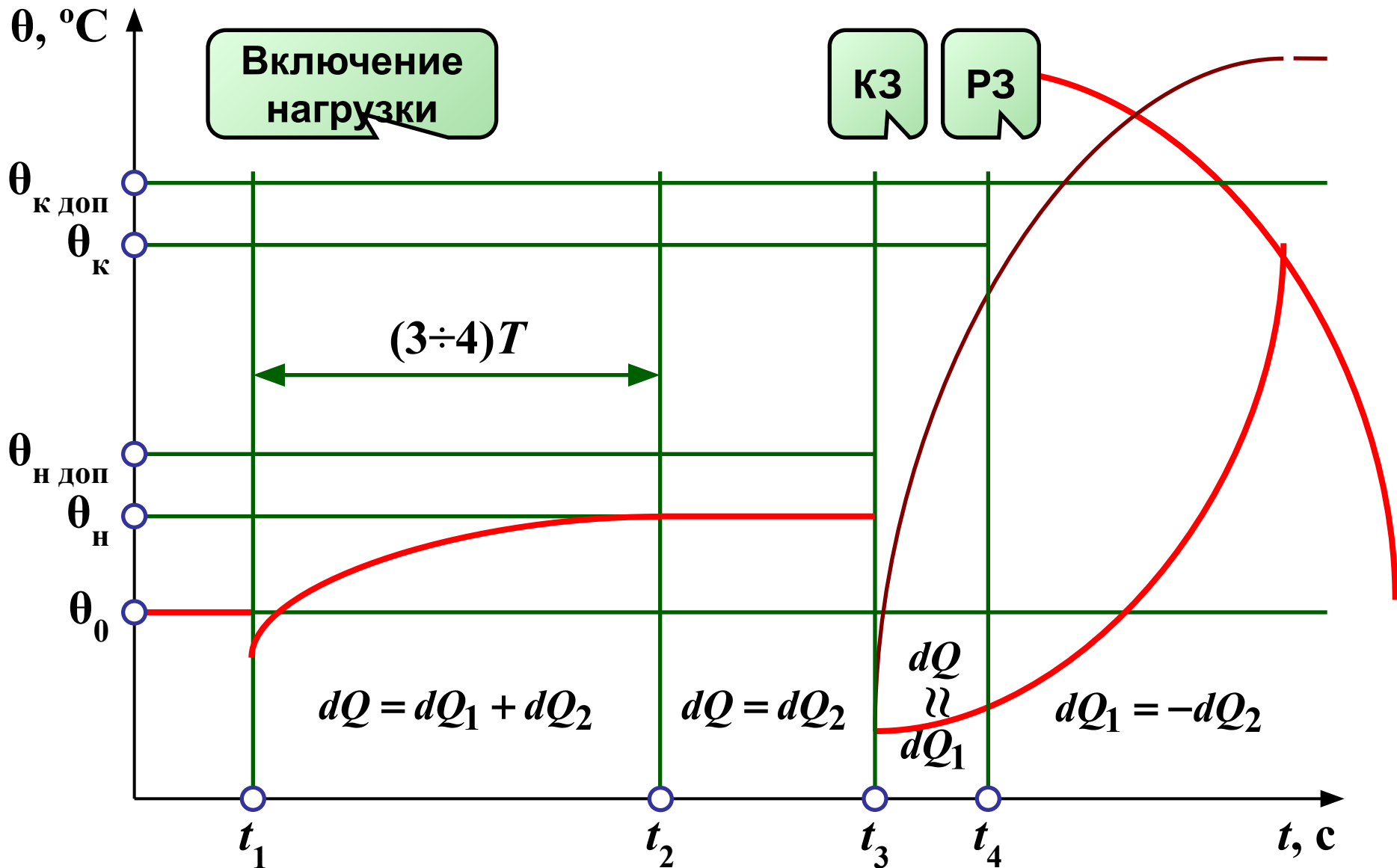
$$\begin{array}{c} dQ_1 \\ \parallel \\ C d\theta \end{array}$$

+

Энергия,
отводимая в
окружающую
среду

$$\begin{array}{c} dQ_2 \\ \parallel \\ kF(\theta - \theta_0) dt \end{array}$$

7.3 Термическое действие токов на проводники



Нагрев проводников в нормальном режиме

$$\theta_{\text{н}} = \theta_0 + (\theta_{\text{н доп}} - \theta_{0\text{т}}) \frac{I^2}{I_{\text{доп}}^2}$$

θ_0 – температура окружающей среды;

$\theta_{\text{н доп}}$ – допустимая температура нагрева в
длительном режиме;

$I_{\text{доп}}$ – допустимое значение длительного тока для
проводника (табличное значение);

$\theta_{0\text{т}}$ – табличное значение температуры окружающей
среды (25 °C).

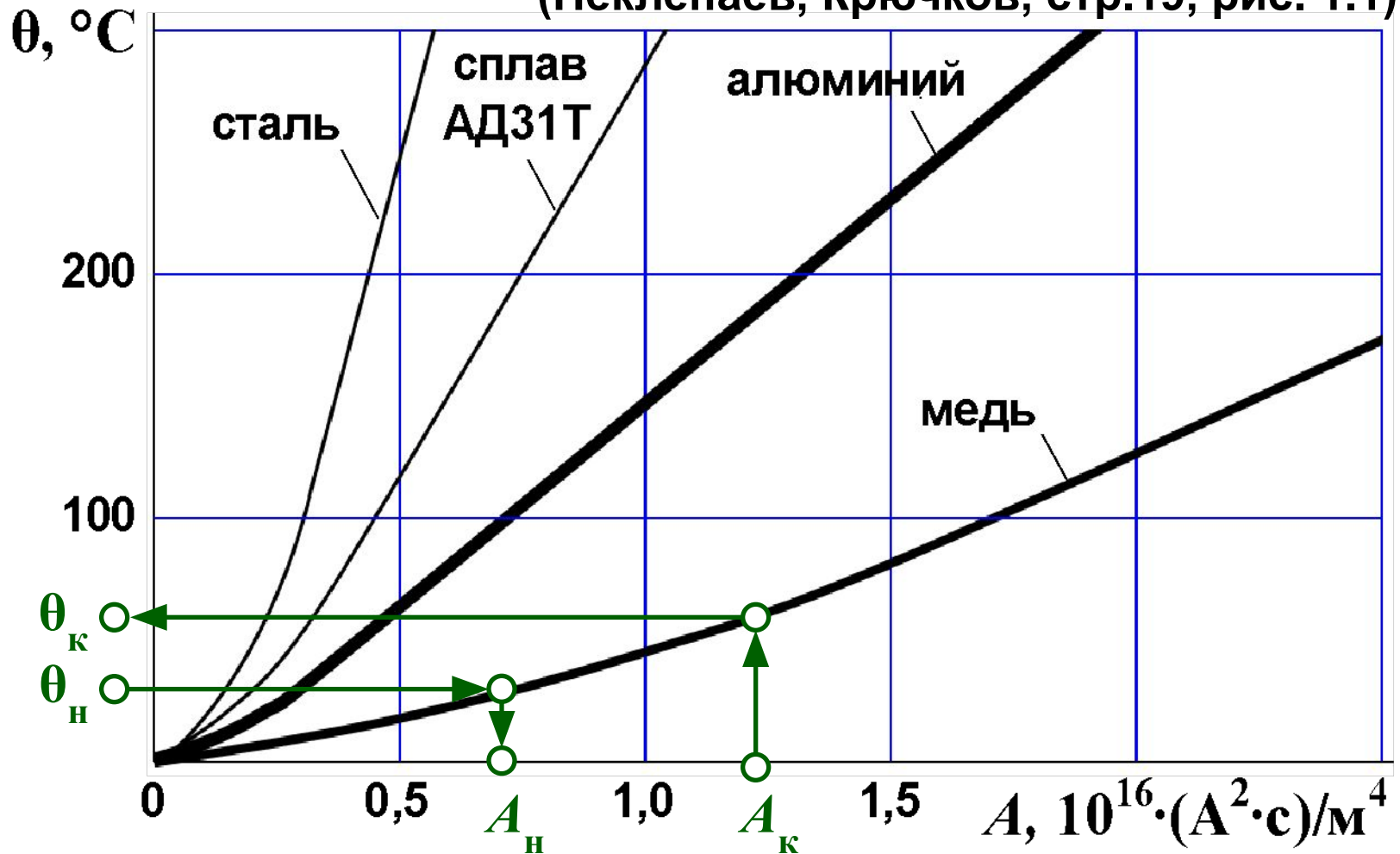
Допустимые температуры для проводников в нормальном режиме

Проводники		Допустимая температура, °C
Неизолированные провода и шины		70
Кабели с бумажной изоляцией	≤3 кВ	80
	6 кВ	65
	10 кВ	60
	20÷35 кВ	50

Условие термической стойкости: $\theta_{\text{н}} \leq \theta_{\text{н доп}}$

Нагрев проводников при коротком замыкании

(Неклепаев, Крючков, стр.19, рис. 1.1)



$$A_K = A_H + B_K / S^2$$

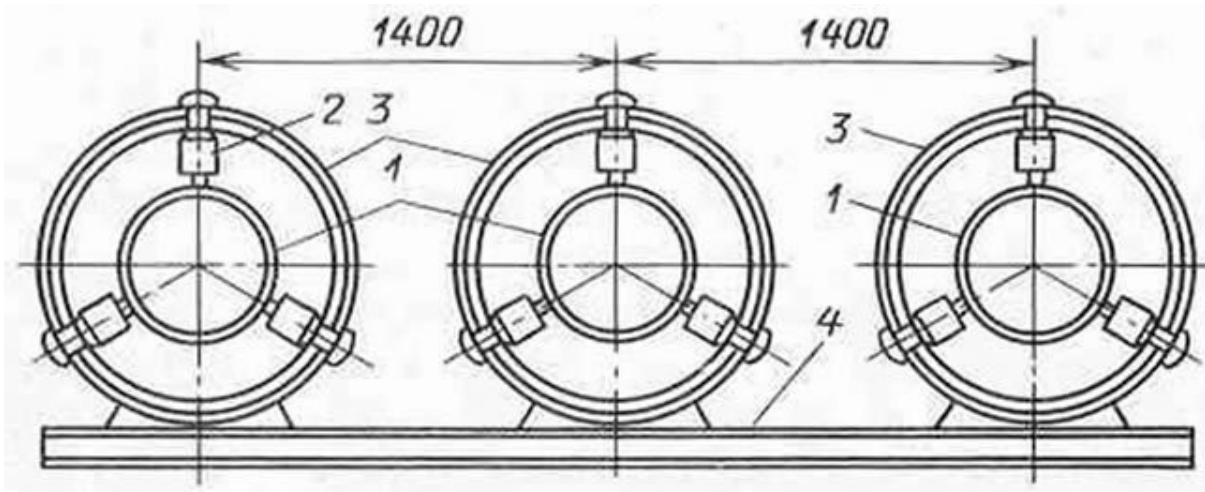
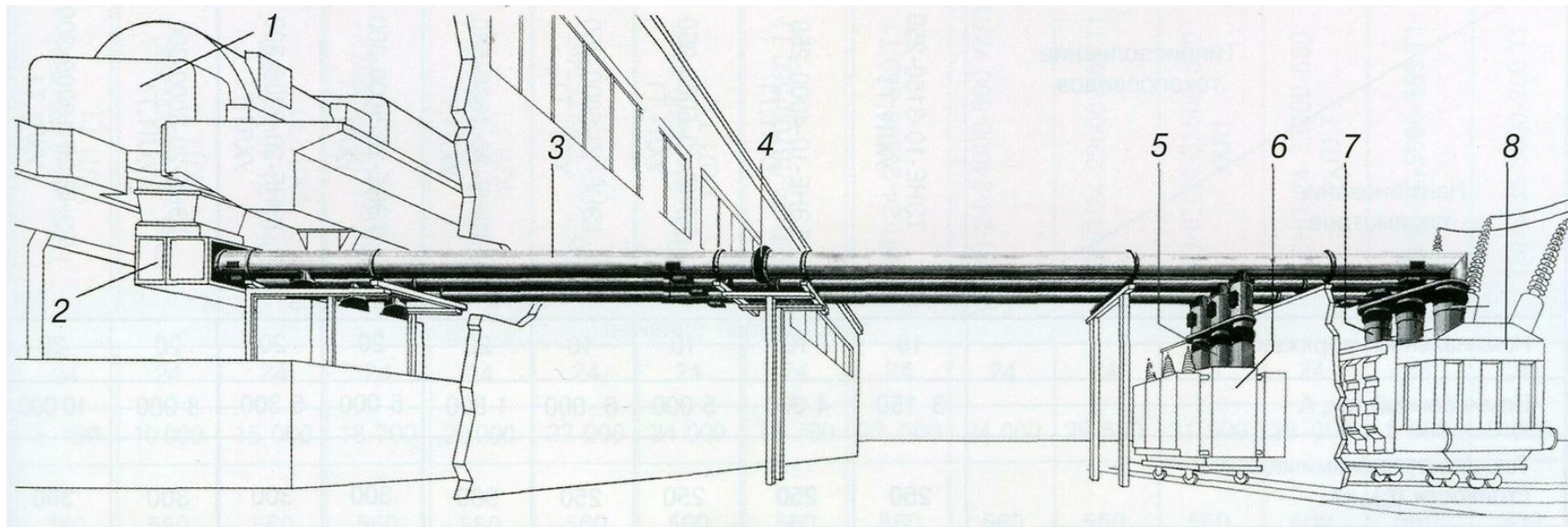
$$B_K = I_{\text{п0}}^2 (t_{\text{отк}} + T_a)$$

Допустимые температуры нагрева проводников при коротком замыкании

Проводники	Допустимая температура, °C
Неизолированные медные проводники	300
Неизолированные алюминиевые проводники	200
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией до 10 кВ с медными и алюминиевыми жилами	200
Кабели 20÷220 кВ	125

Условие термической стойкости: $\theta_K \leq \theta_{K \text{ доп}}$

Комплектные пофазно-экранированные токопроводы



Комплектные пофазно-экранированные токопроводы

