

Подвижные источники тепла

Группы СПД 31

Лекция 5

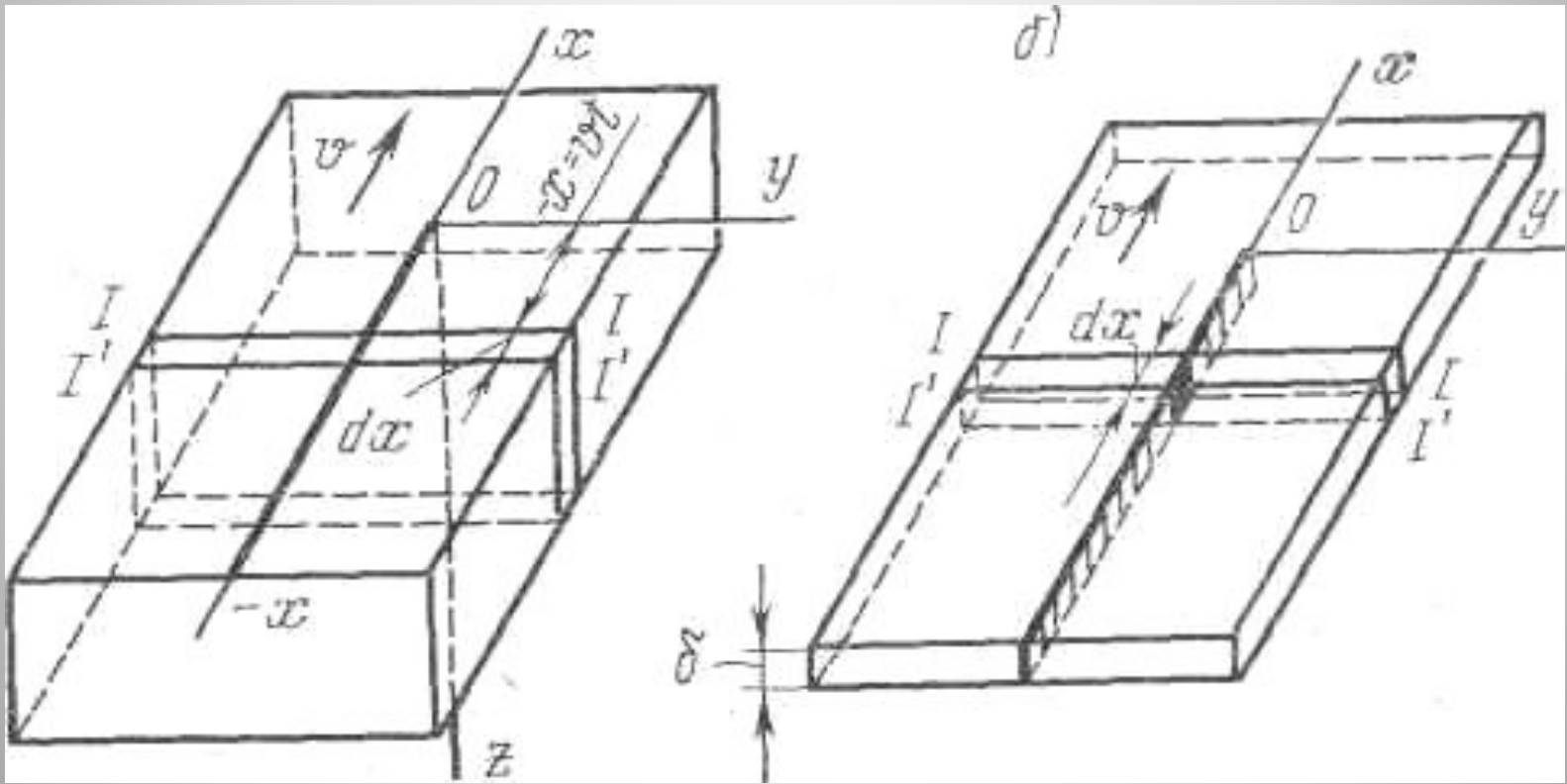
$$T = \frac{q}{2\pi\lambda R} e^{-\frac{v}{2a}(R+x)}$$

$$T = \frac{q}{2\pi\lambda\delta} e^{-\frac{vx}{2a}} K_0\left(\frac{vr}{2a} \sqrt{1 + \frac{4ba}{v^2}}\right)$$

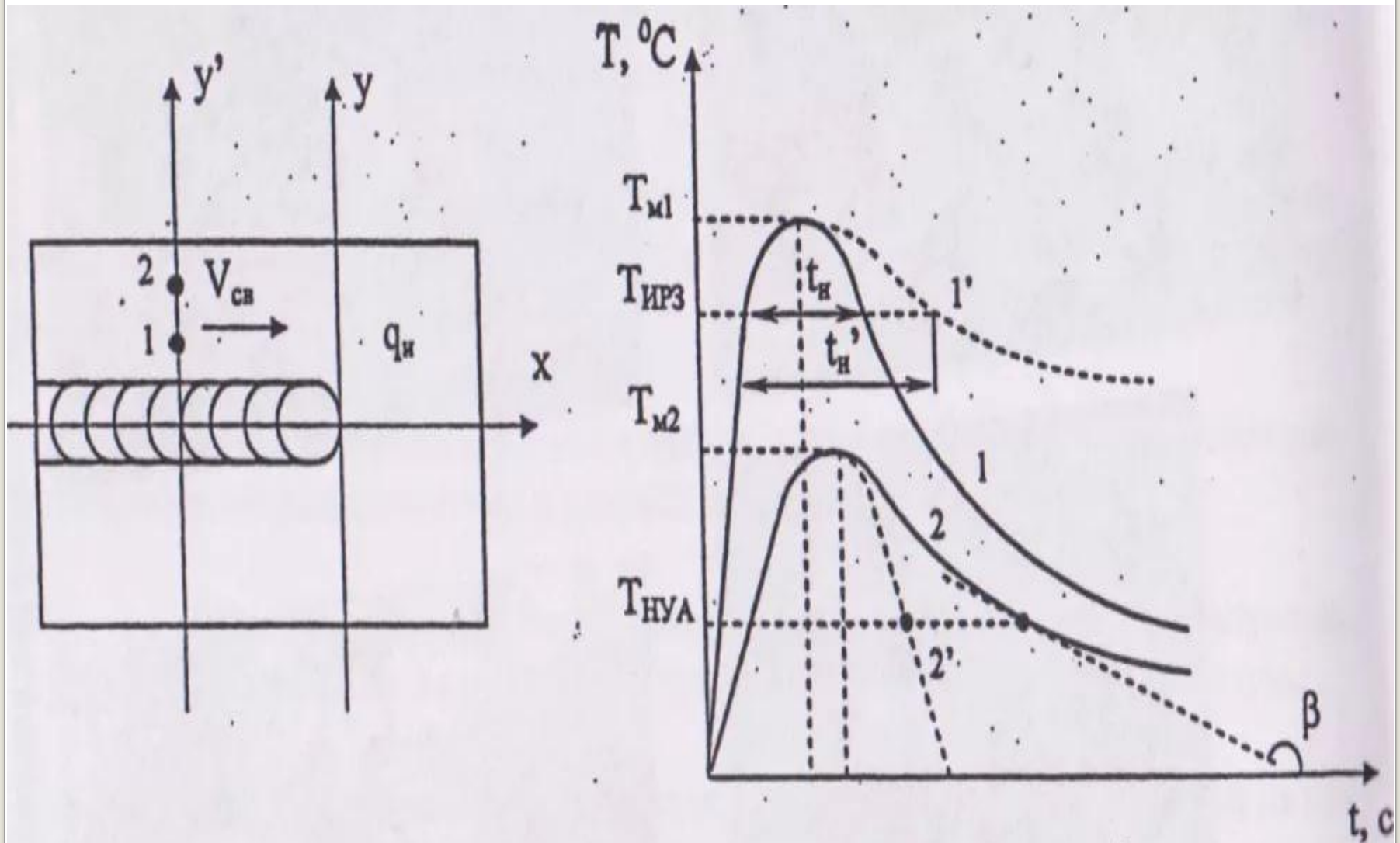
$$T = \frac{qe^{-\frac{vx}{2a} - \frac{v|x|}{2a} \sqrt{1 + \frac{4ba}{v^2}}}}{c\gamma F v \sqrt{1 + \frac{4ba}{v^2}}}$$

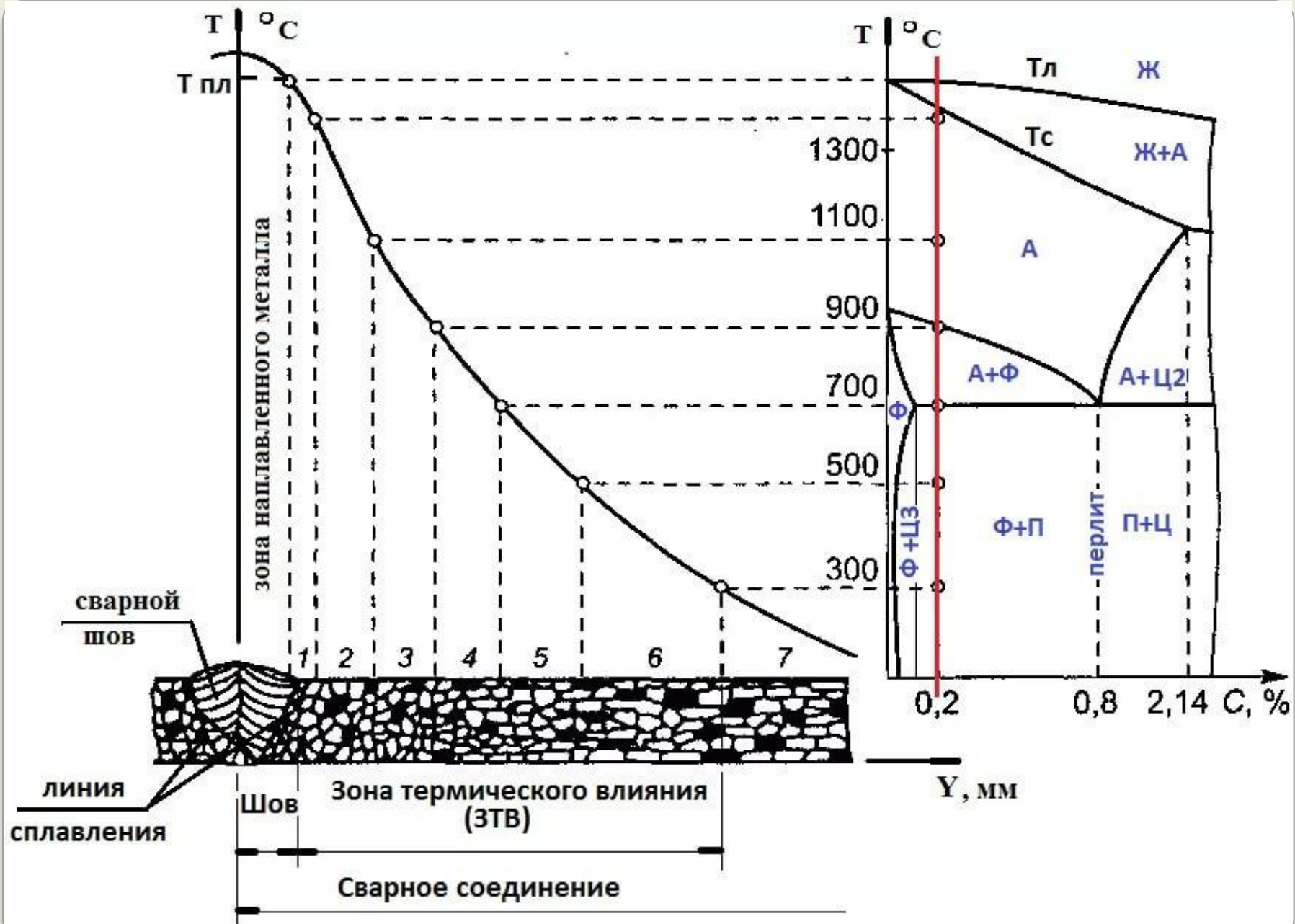
$$T = \frac{q_n}{2\pi\lambda t} e^{-\frac{y^2+z^2}{4at}}$$

$$T = \frac{q}{v\delta\sqrt{4\pi\lambda c\gamma t}} e^{\frac{y^2}{4at}-bt}$$

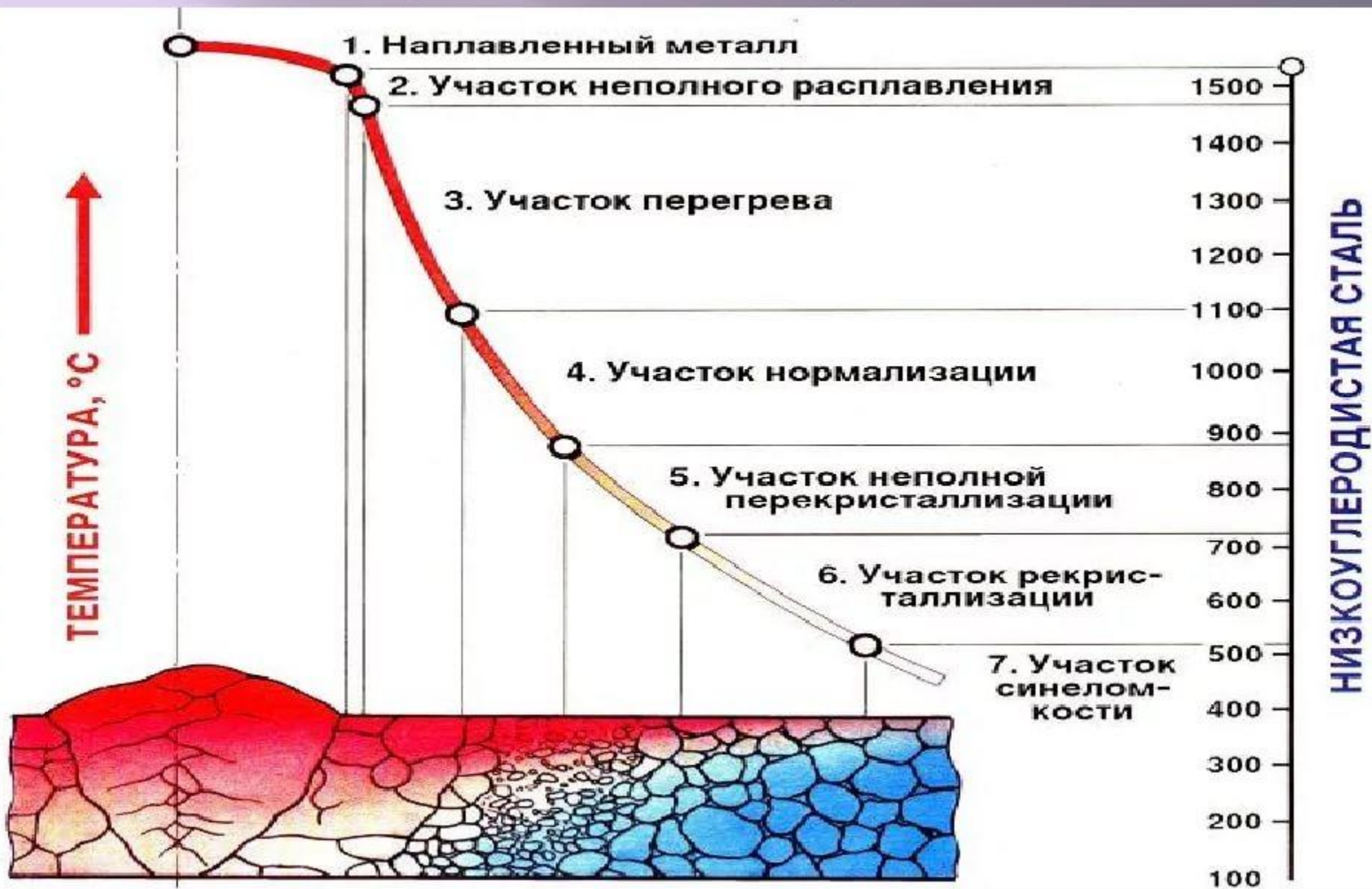


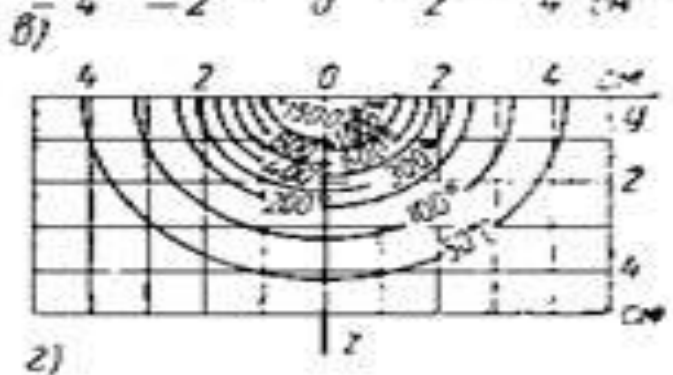
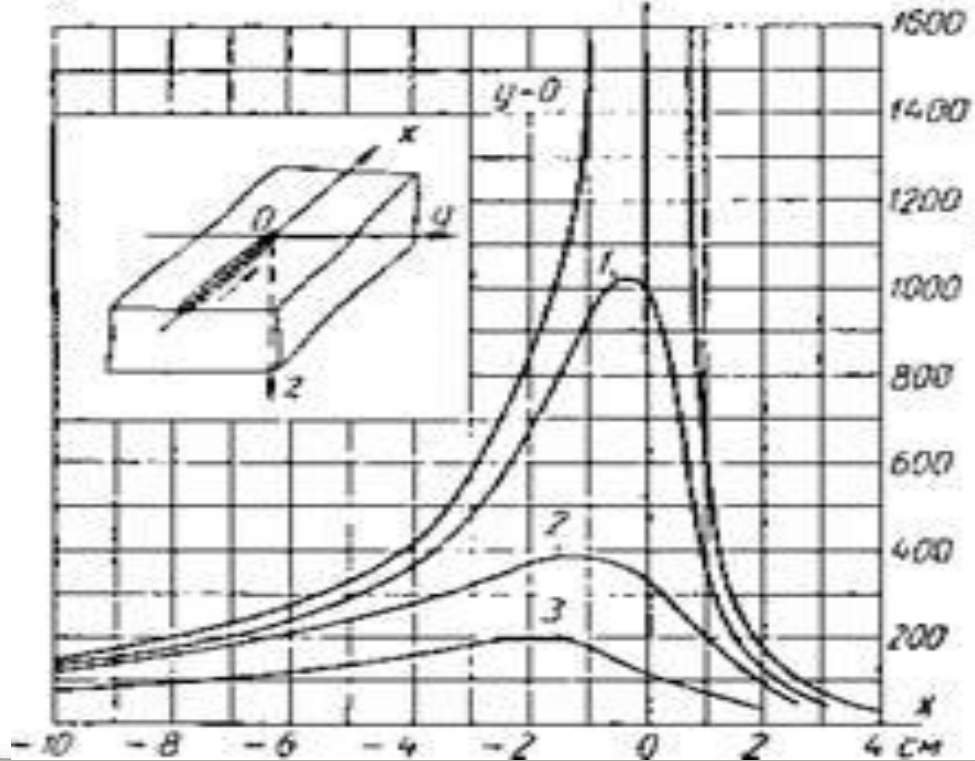
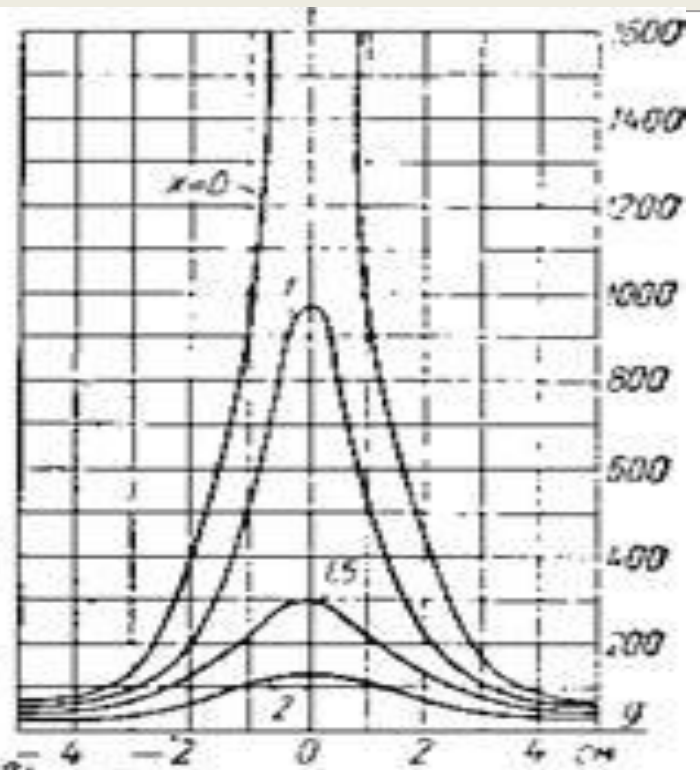
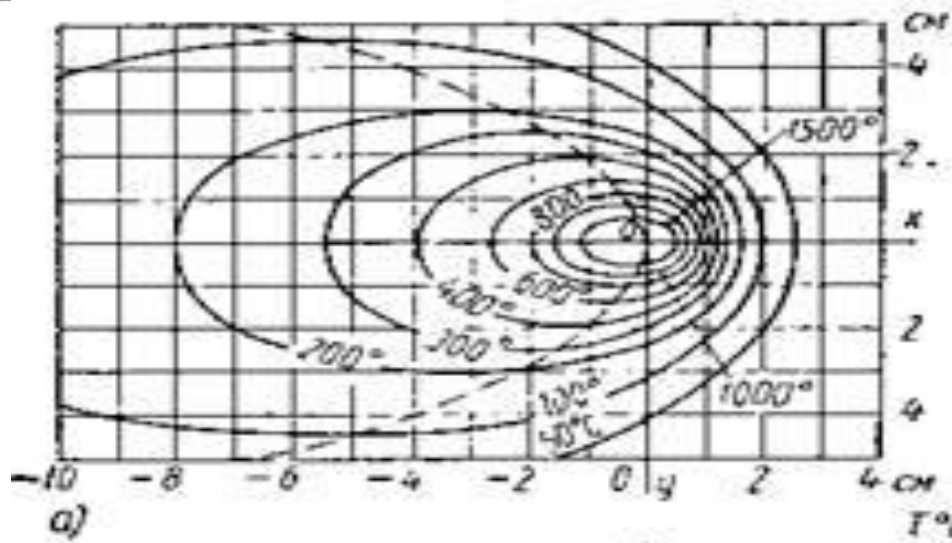
Термические циклы в ОШЗ



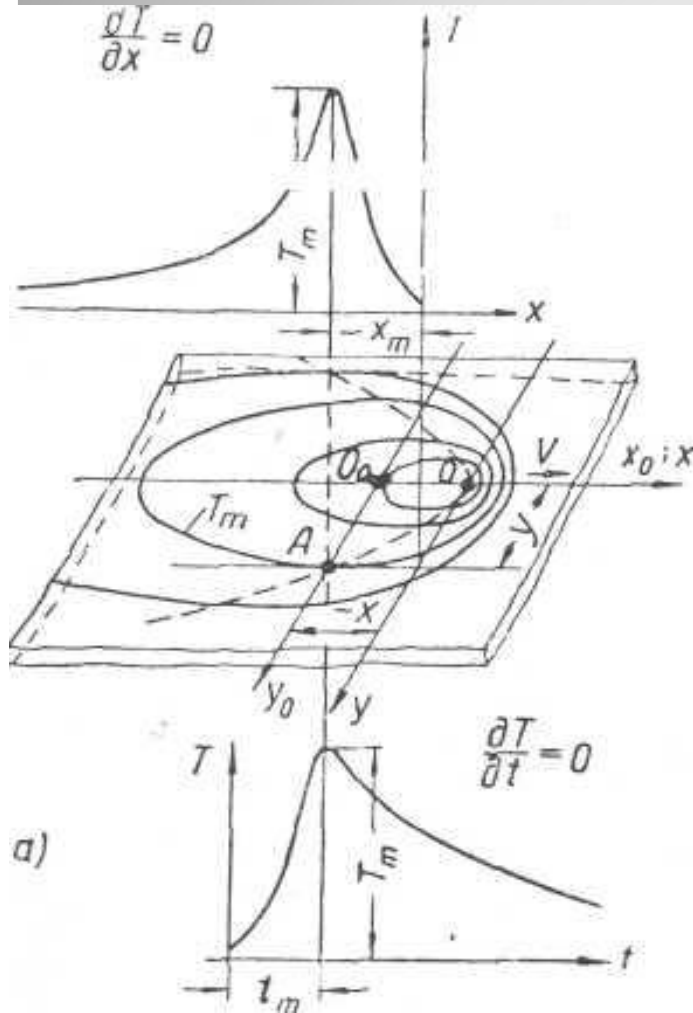


Термический цикл





Максимальные температуры в полубесконечном теле

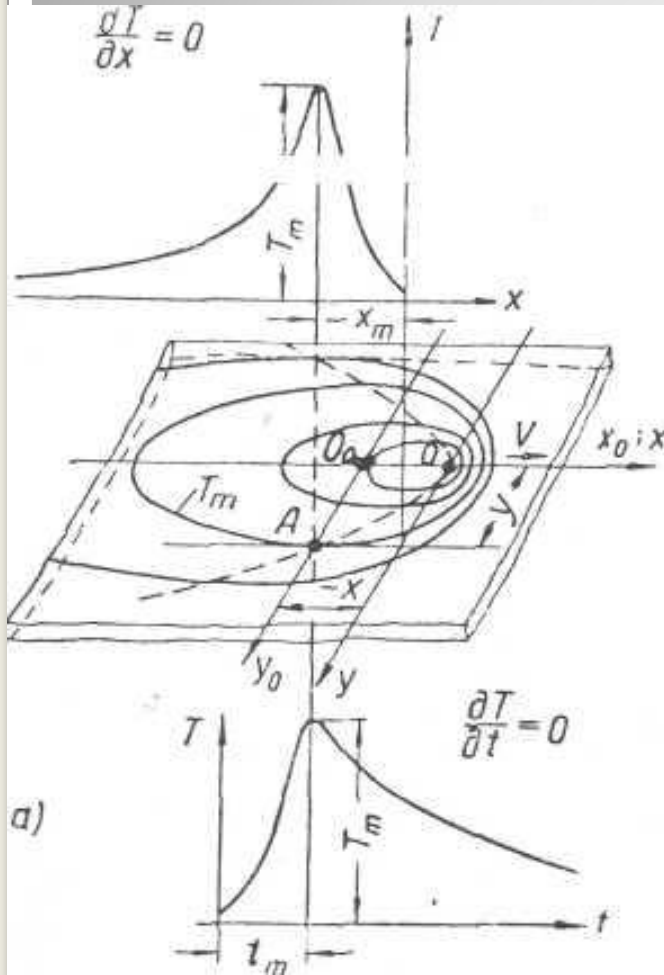


$$T = \frac{q}{2\pi\lambda\nu t} e^{-\frac{r^2}{4at}}$$

$$\ln T = \ln \frac{q}{2\pi\lambda\nu} - \ln t - \frac{r^2}{4at}$$

$$\frac{1}{T} \frac{\partial T(t)}{\partial t} = -\frac{1}{t} + \frac{r^2}{4at^2} = \frac{1}{t} \left(\frac{r^2}{4at} - 1 \right)$$

Максимальные температуры в полубесконечном теле



$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T}{t} \left(\frac{r^2}{4at} - 1 \right) = 0$$

$$t_{\max} = \frac{r^2}{4a}$$

$$T_m = \frac{q4a}{2\pi\lambda\nu r^2} e^{-1} = \frac{2q}{\pi e c \gamma \nu r^2}$$

$$T_{\max} - T_0 = \frac{2q}{\pi e c \gamma \nu r^2}$$

Максимальные температуры в бесконечной пластине

$$T = \frac{q}{v\delta\sqrt{4\pi\lambda c\gamma t}} e^{-\frac{y^2}{4at} - bt}$$

$$\ln T(t) = \ln\left(\frac{q}{v\delta\sqrt{4\pi\lambda c\gamma}}\right) - \frac{1}{2}\ln t - \frac{y_0^2}{4at} - bt$$

$$\frac{\partial T(t)}{\partial t} = T\left(-\frac{1}{2t_{\max}} + \frac{y_0^2}{4at_{\max}^2} - b\right) = 0$$

$$\frac{1}{T} \frac{\partial T(t)}{\partial t} = -\frac{1}{2t} + \frac{y_0^2}{4at^2} - b$$

Максимальные температуры в бесконечной пластине

$$\frac{y_0^2}{4at_{\max}} = \frac{1}{2} + bt_{\max} \quad bt_{\max} \ll \frac{1}{2} \quad \frac{y_0^2}{4at_{\max}^2} = -\frac{1}{2}$$

$$t_{\max} = \frac{y_0^2}{2a}$$

$$T_{\max} = \frac{q\sqrt{2a}}{\nu\delta y_0\sqrt{4\pi\lambda c\gamma}} e^{-\frac{1}{2}\frac{by_0^2}{2a}}$$

$$T_{\max} = \frac{q\sqrt{\frac{2}{\pi e}}}{2\nu\delta y_0 c\gamma} e^{-\frac{by_0^2}{2a}} = \frac{0.484q}{2\nu\delta c\gamma y_0} \left(1 - \frac{by_0^2}{2a}\right)$$

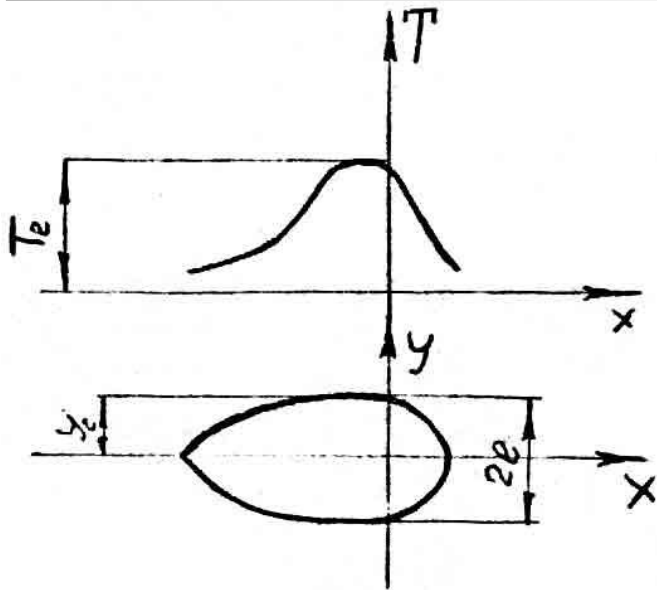
Ширина зоны нагрева

Полубесконечное тело.

$$T = \frac{q}{2\pi\lambda vt} e^{-\frac{y^2+z^2}{4at}}$$

$$y^2 = -4at$$

$$2l = \sqrt{\frac{8q}{\pi e \nu c \gamma T_e}}$$



Бесконечная пластина.

$$T = \frac{q}{\nu\delta\sqrt{4\pi\lambda c \gamma t}} e^{-\frac{y^2}{4at}}$$

$$t_{\max} = \frac{y_0^2}{2a}$$

$$2l = \frac{q\sqrt{\frac{2}{\pi e}}}{\nu c \gamma \delta T_e}$$

Мгновенная скорость охлаждения при данной температуре

наплавку валика на массивное тело

$$T(r, t) - T_0 = \frac{q}{2\pi\lambda vt} e^{-\frac{r^2}{4at}}$$

$$T(0, t) - T_0 = \frac{q}{2\pi\lambda vt}$$

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{q}{2\pi\lambda vt^2}$$

Мгновенная скорость охлаждения при данной температуре

наплавку валика на массивное тело

$$\frac{1}{t} = \frac{2\pi\lambda\nu(T - T_0)}{q}$$

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{q}{2\pi\lambda\nu} \cdot \frac{(2\pi\lambda\nu)^2 (T - T_0)^2}{q^2} = -\frac{2\pi\lambda\nu(T - T_0)^2}{q}$$

$$w = 2\pi\lambda \frac{(T - T_0)^2}{q / \nu}$$

Мгновенная скорость охлаждения при данной температуре

сварку тонких листов встык

$$T(y, t) - T_0 = \frac{q}{v\delta \sqrt{4\pi\lambda c\gamma t}} e^{\frac{y^2}{4at} - bt}$$

$$T(0, t) - T_0 = \frac{q}{v\delta \sqrt{4\pi\lambda c\gamma t}}$$

$$\frac{dT}{dt} = - \frac{q}{2v\delta \sqrt{4\pi\lambda c\gamma t^3}}$$

Мгновенная скорость охлаждения при данной температуре

сварку тонких листов встык

$$\frac{1}{\sqrt{t}} = \frac{v\delta \sqrt{4\pi\lambda c\gamma} (T - T_0)}{q}$$

$$\frac{dT}{dt} = - \frac{q}{2v\delta \sqrt{4\pi\lambda c\gamma}} \cdot \frac{v^3 \delta^3 (4\pi\lambda c\gamma)^{3/2} (T - T_0)^3}{q^3} = - \frac{2v^2 \delta^2 \pi\lambda c\gamma (T - T_0)^3}{q^2}$$

$$w = 2\pi\lambda c\gamma \frac{(T - T_0)^3}{(q / v\delta)^2}$$

Длительность пребывания металла выше заданной температуры

наплавки металла на массивное тело

$$\frac{T - T_0}{T_m - T_0} = \frac{\frac{q}{2\pi\lambda vt} e^{-\frac{r^2}{4at}}}{\frac{2q}{\pi v c \gamma r^2}} = \frac{e c \gamma r^2}{4\lambda t} e^{-\frac{r^2}{4at}} = \frac{r^2}{4at} e^{1 - \frac{r^2}{4at}}$$

$$\tau_{3H} = \frac{4at}{r^2}$$

$$\frac{T - T_0}{T_m - T_0} = \frac{1}{\tau_{3H}} e^{1 - \frac{1}{\tau_{3H}}}$$

$$\theta = \frac{T - T_0}{T_m - T_0}$$

Длительность пребывания металла выше заданной температуры

линейный источник в пластине

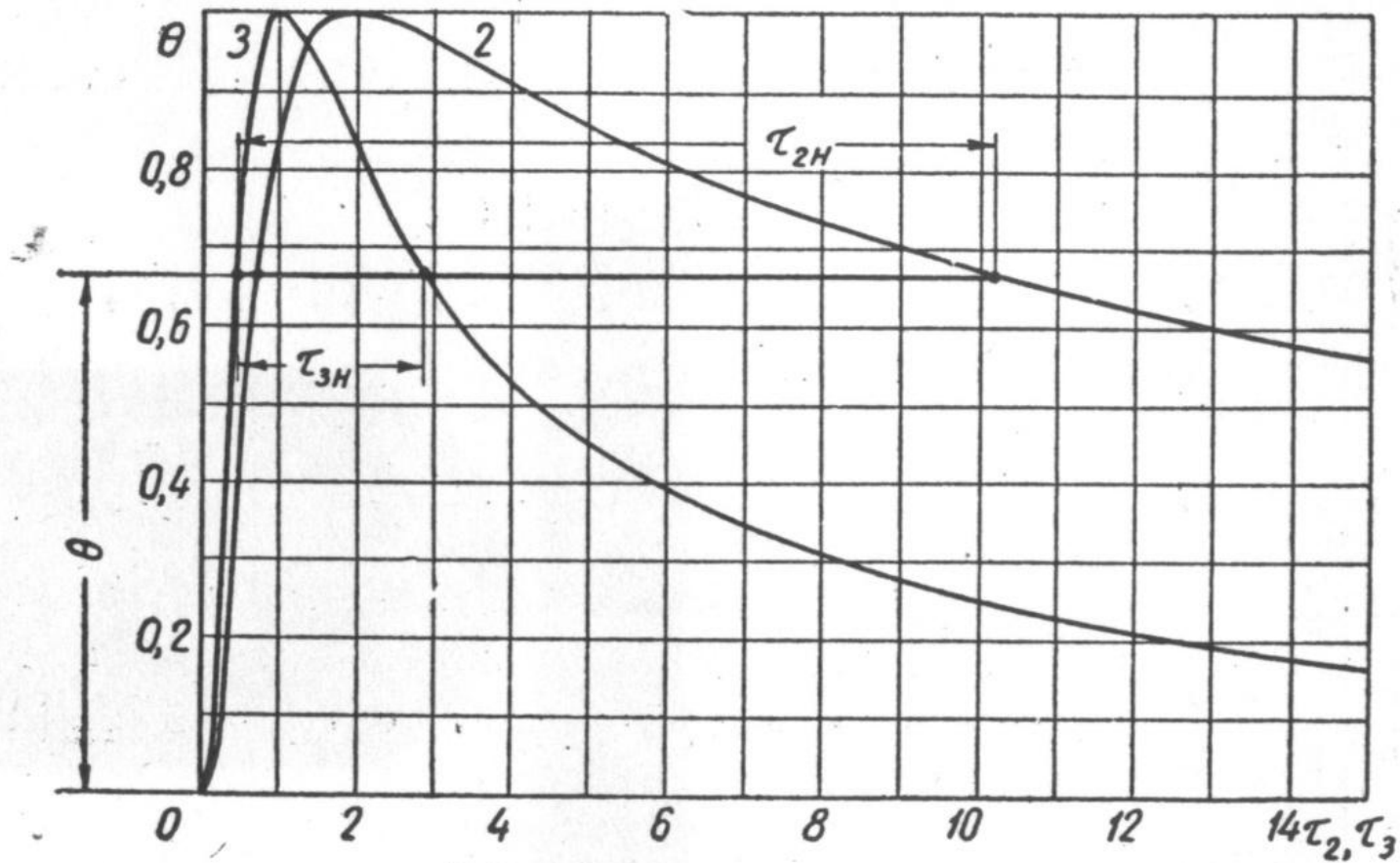
$$\frac{T - T_0}{T_m - T_0} = \frac{\frac{q}{v\delta\sqrt{4\pi\lambda c\gamma t}} e^{-\frac{y^2}{4at}}}{\frac{q}{v\delta\sqrt{2\pi e}} \gamma c \gamma} = \sqrt{2} e^{-\frac{y^2}{4at}} \frac{\gamma c \gamma}{\sqrt{4\lambda c \gamma t}}$$

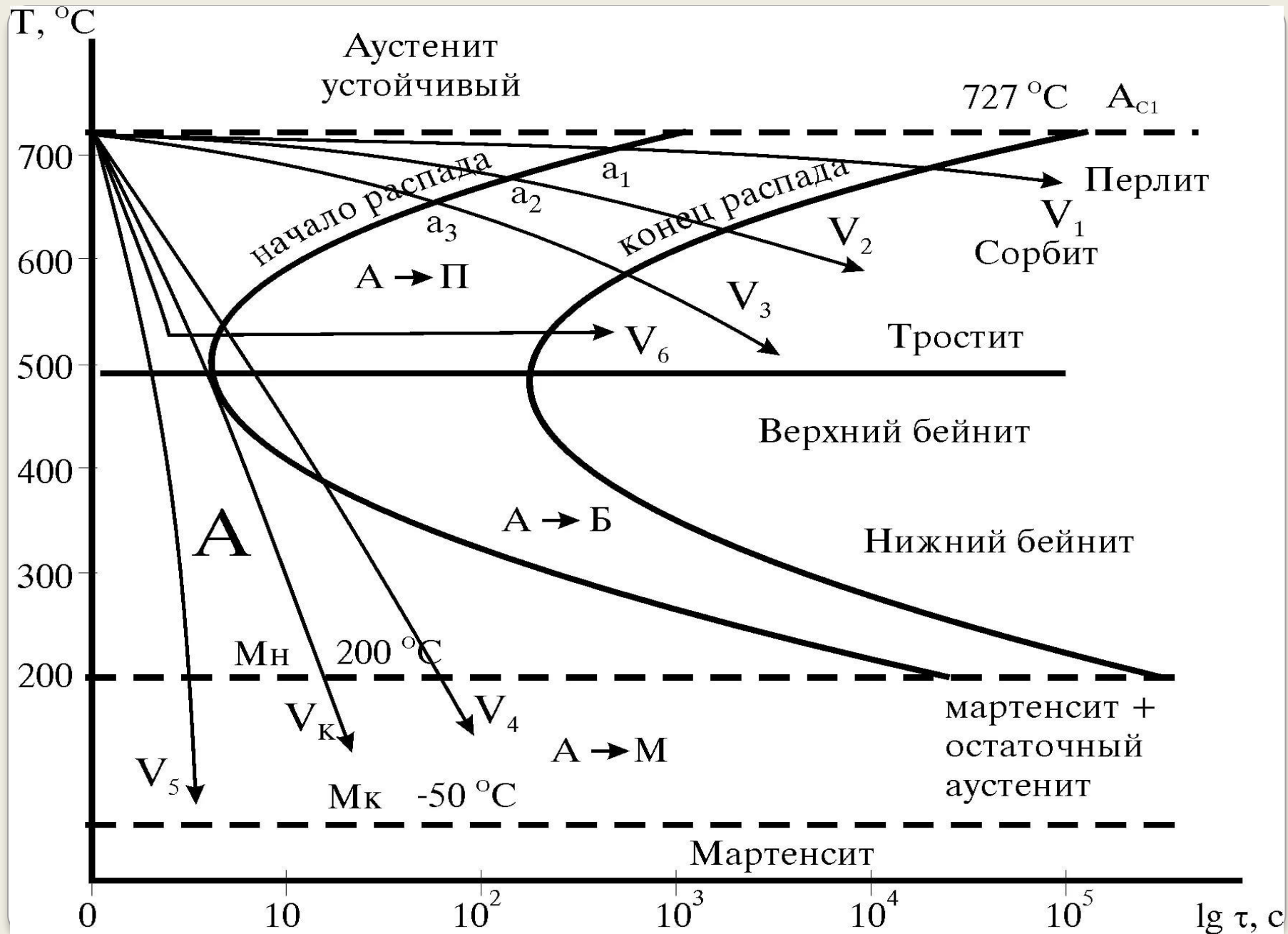
$$\frac{T - T_0}{T_m - T_0} = \sqrt{2} e^{-\frac{y^2}{4at}} \frac{y}{\sqrt{4at}} = \sqrt{2} e^{-\frac{1}{\tau_{2H}}} e^{-\frac{1}{\tau_{2H}}}$$

$$\tau_{2H} = \frac{4at}{y^2}$$

$$\theta = \frac{T - T_0}{T_m - T_0}$$

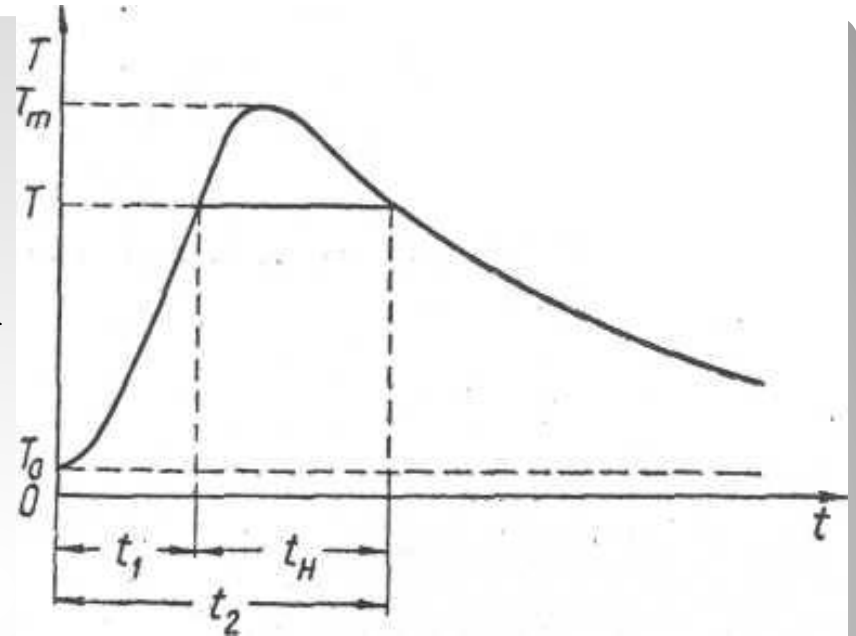
Длительность пребывания металла выше заданной температуры





$$\frac{1}{2\pi\lambda} = 0,67 - 5 \cdot 10^{-4} T_A$$

$$\delta_k = \sqrt{\frac{a}{2\lambda} q_n \frac{N_2^2}{N_3} \left(\frac{1}{500 - T_A} + \frac{1}{800 - T_A} \right)}$$



$$t_{8/5} = \frac{q_n}{2\pi\lambda} N_3 \left(\frac{1}{500 - T_A} - \frac{1}{800 - T_A} \right) \frac{a}{4\pi\lambda^2} = 0,043 - 4,3 \cdot 10^{-5} T_A$$

$$t_{8/5} = \frac{a}{4\pi\lambda^2 \delta^2} q_n^2 N_2 \left(\frac{1}{(500 - T_A)^2} - \frac{1}{(800 - T_A)^2} \right)$$

ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

Полная тепловая мощность сварочной дуги равна эквиваленту ее электрической мощности.

$$Q = U \cdot I_{CB}, \text{ Дж/с}$$

Тепловой баланс: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$,

где

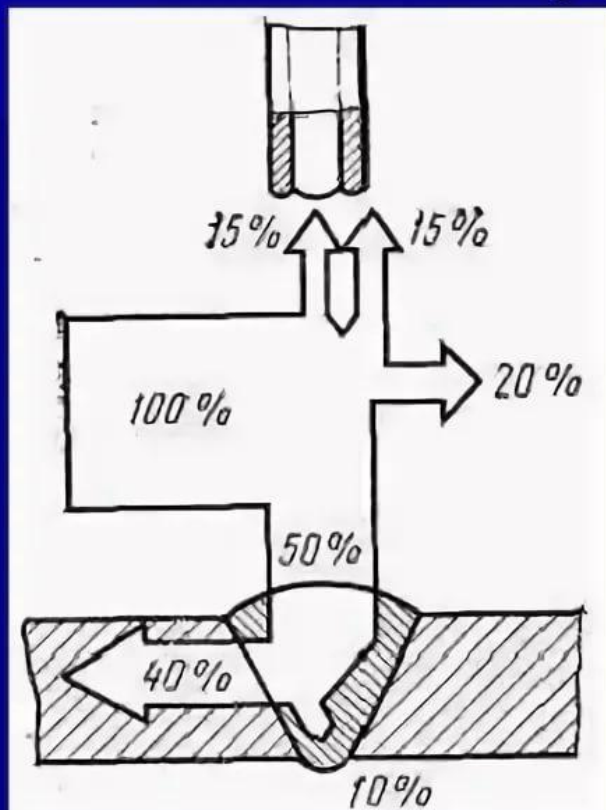
Q_1 – 55% - поглощение основного металла;

Q_2 – 25% - перенос с каплями расплавленного металла;

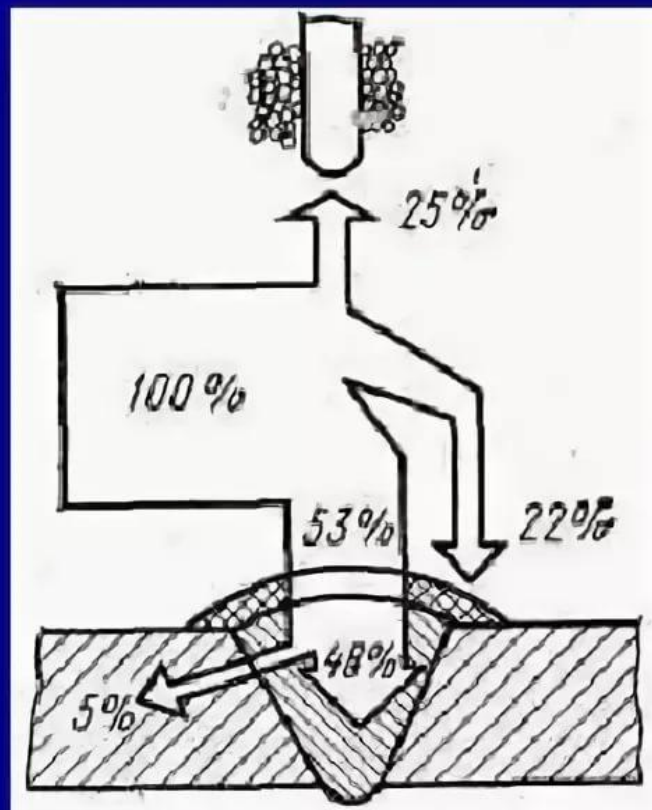
Q_3 – 15% - плавление флюса (обмазки);

Q_4 – 5% - потеря на разбрызгивание.

Тепловой баланс сварочной дуги



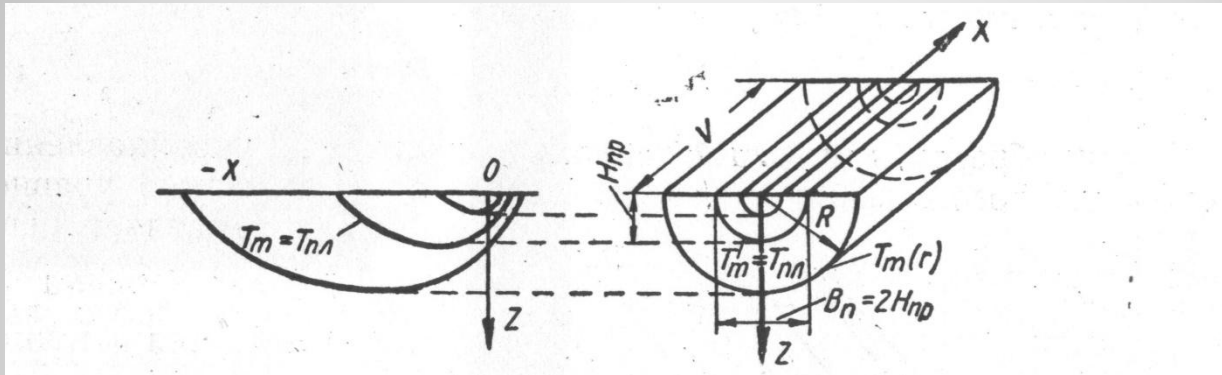
Сварка
покрытым
электродом



Автоматическая
сварка под
флюсом

Термический к.п.д.

Наплавка валика на массивное изделие мощной быстродвижущейся дугой

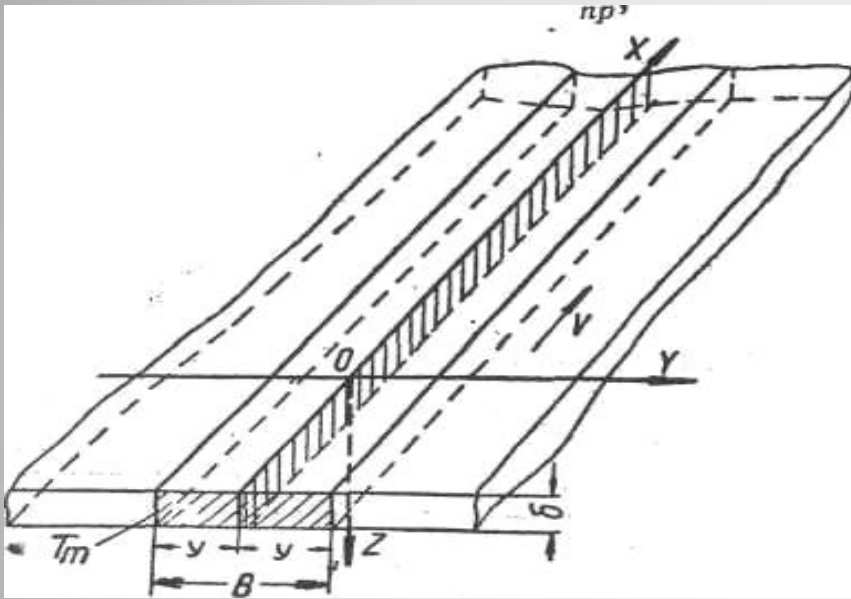


$$T_m(r) = \frac{1}{e} \cdot \frac{q}{v c \gamma \frac{\pi r^2}{2}} \quad v \frac{\pi}{2} H_{np}^2 c \gamma T_{nl} = \frac{1}{e} q$$

$$\eta_t = \frac{v \frac{\pi}{2} H_{np}^2 c \gamma T_{nl}}{q} = \frac{1}{e} = 0,368$$

Термический к.п.д.

Сварка листов встык мощной быстродвижущейся дугой



$$T_m(y) = \sqrt{\frac{2}{\pi e}} \cdot \frac{q}{v\gamma\delta \cdot 2y}$$

$$v\delta B\gamma T_{пл} = \sqrt{\frac{2}{\pi e}} q$$

$$\eta_t = \frac{v\delta B\gamma T_{пл}}{q} = \sqrt{\frac{2}{\pi e}} = 0,484$$