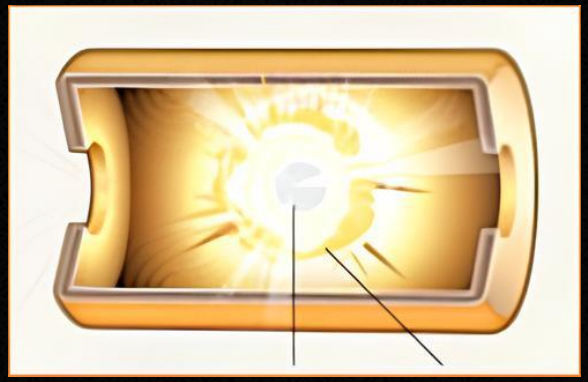
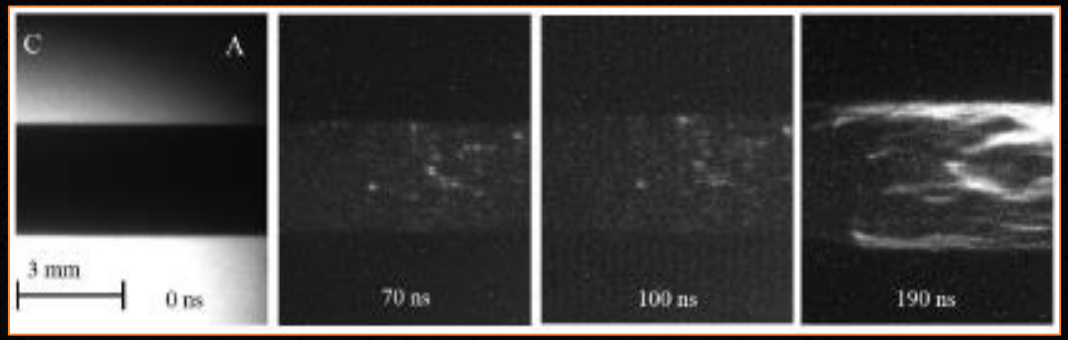
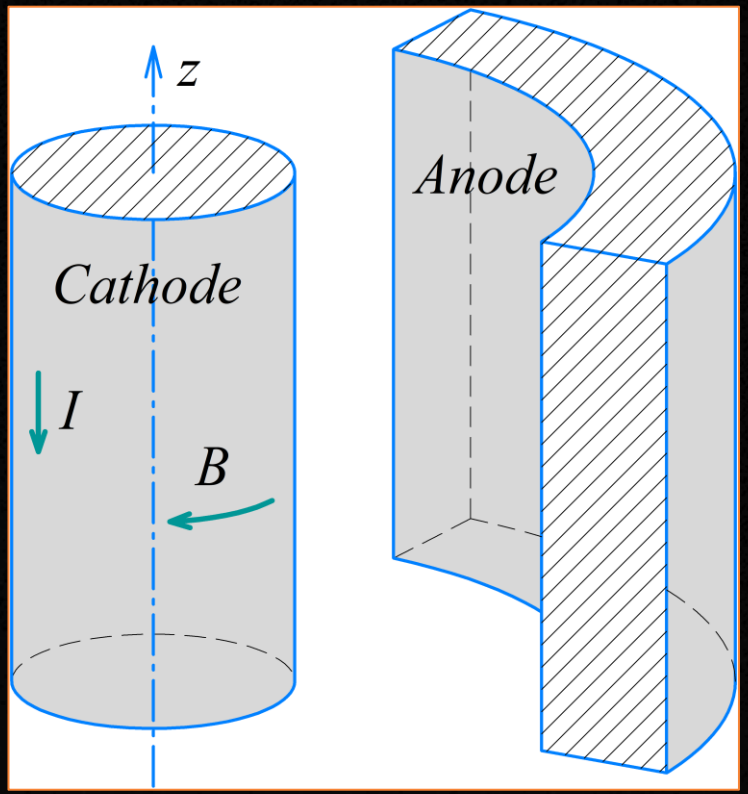
Усиление мощности тепловыделения на неровностях поверхности

П. А. Русских, Г. Ш. Болтачев

Введение







d = 3 мм, I_0 = 1,3 МА, $t_{нар}$=100 нс

Цель работы: выявить влияние **поверхностных неровностей** цилиндрического провода на **мощность тепловыделения** вблизи поверхности

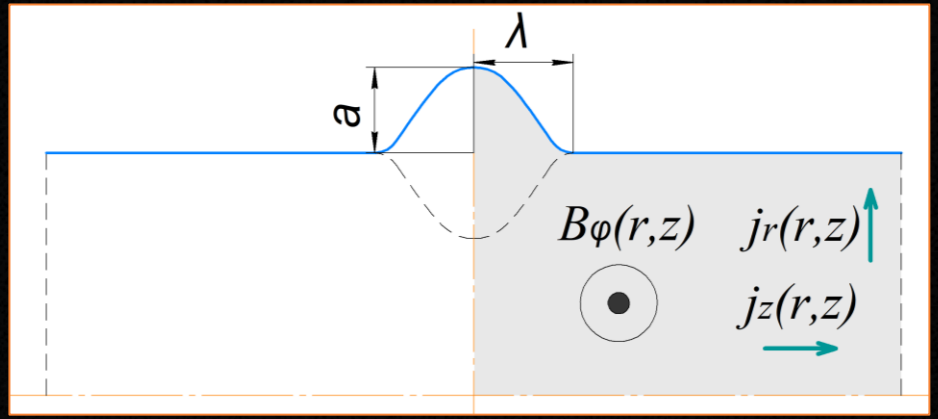
Физика модели

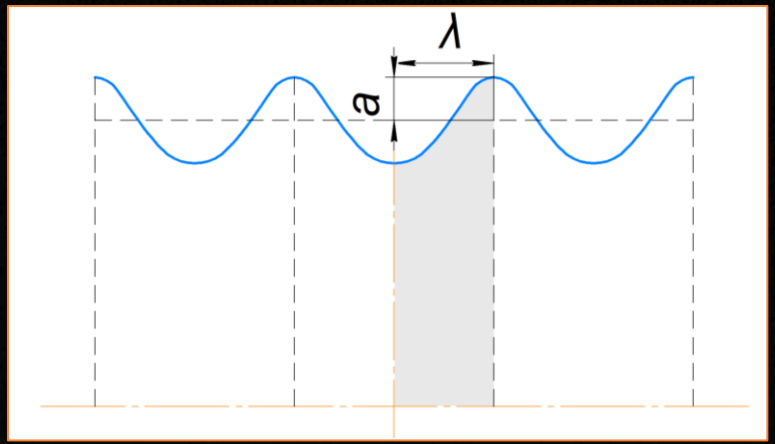
Г.У. $B_{bond} = \frac{I_0 \mu_0}{2\pi R(z)} sin(wt)$

$$\frac{\partial^2 B}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial B}{\partial r} - \frac{B}{r^2} + \frac{\partial^2 B}{\partial z^2} = \frac{\mu_0}{\rho}\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$j_r = -\frac{1}{\mu_0}\frac{\partial B}{\partial z} \qquad j_z = \frac{1}{\mu_0}\left(\frac{B}{r} + \frac{\partial B}{\partial r}\right)$$

$$\Omega(r,z) = \frac{1}{T}\int_0^T \rho_e \left(j_r^2 + j_z^2\right) dt$$





Способ 1

$$B = B_c(r,z)cos(\mathrm{w}t) + B_s(r,z)sin(\mathrm{w}t)$$

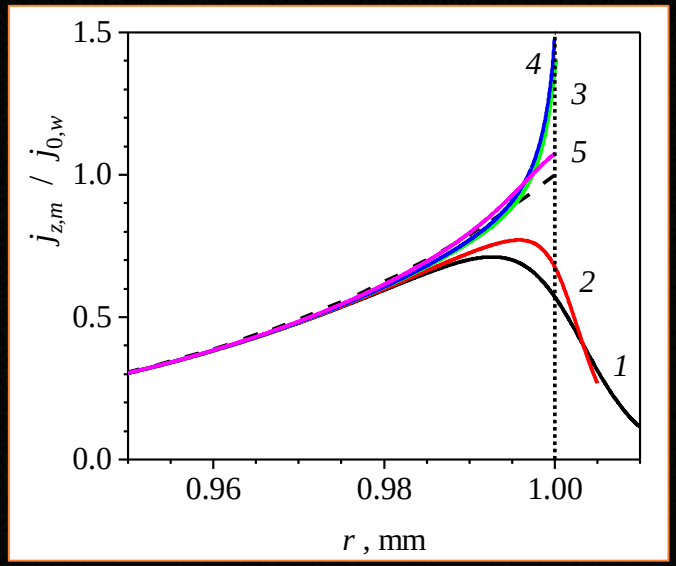
$$\begin{cases} B_c{}''_{rr} + \dfrac{B_c{}'_r}{r} - \dfrac{B_c}{r^2} + B_c{}''_{zz} = \mathrm{w}B_s \\ B_s{}''_{rr} + \dfrac{B_s{}'_r}{r} - \dfrac{B_s}{r^2} + B_s{}''_{zz} = -\mathrm{w}B_c \end{cases}$$

Способ 2

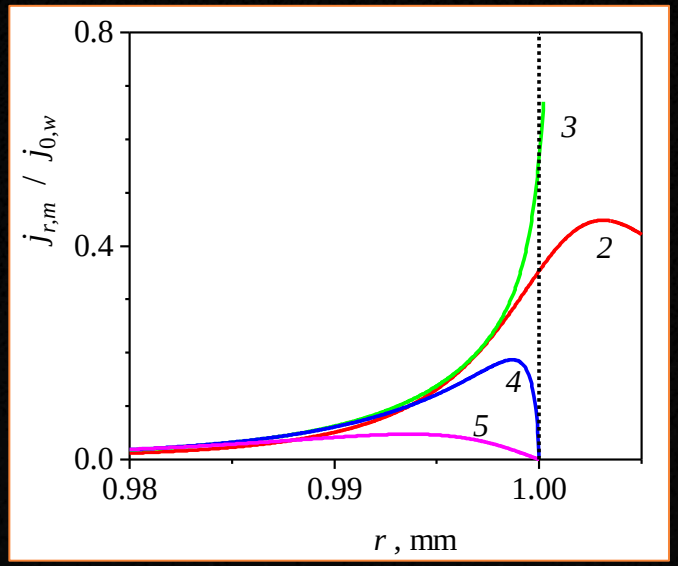
$$t \to \infty$$

$$B''_{rr} + \frac{B'_r}{r} - \frac{B}{r^2} + B''_{zz} = \frac{\mu_0}{\rho} B'_t$$

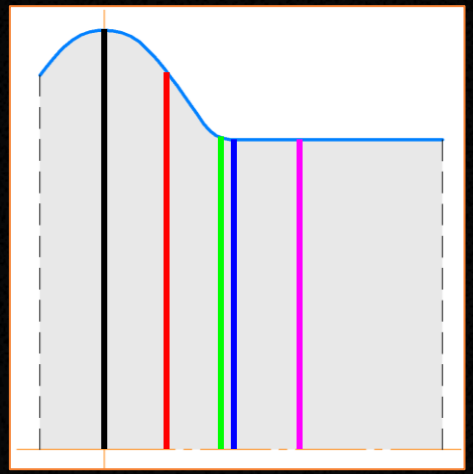
Амплитуда плотности тока на расширении



$j_z(r)$

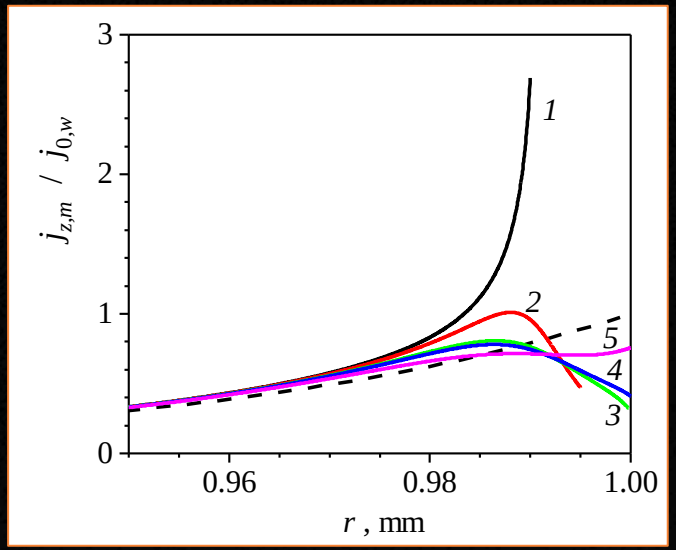


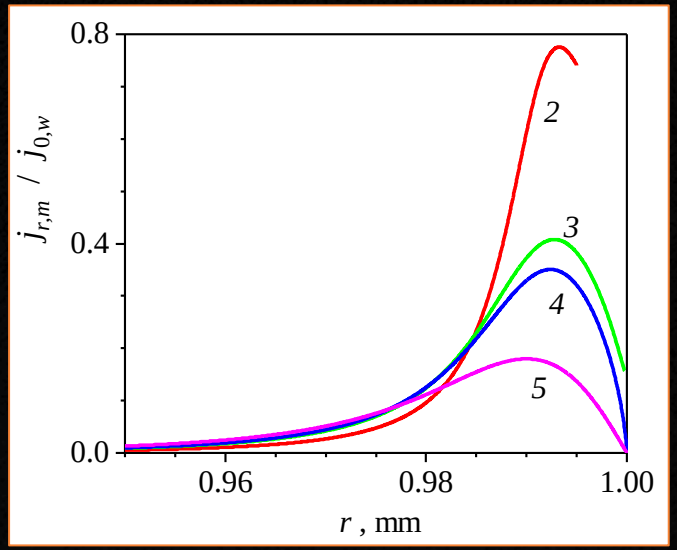
$j_r(r)$

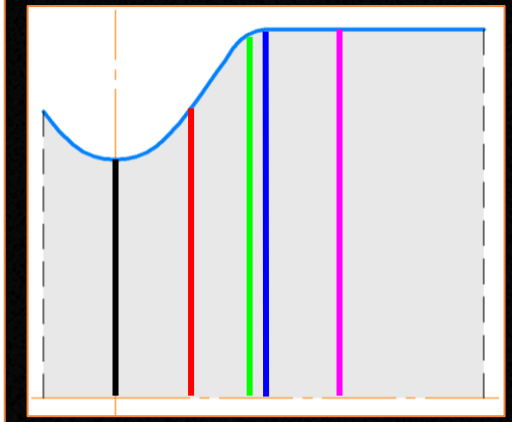


R = 1 mm, T = 0.4 μs
$a = \lambda$ = 10 μm

Амплитуда плотности тока на сужении







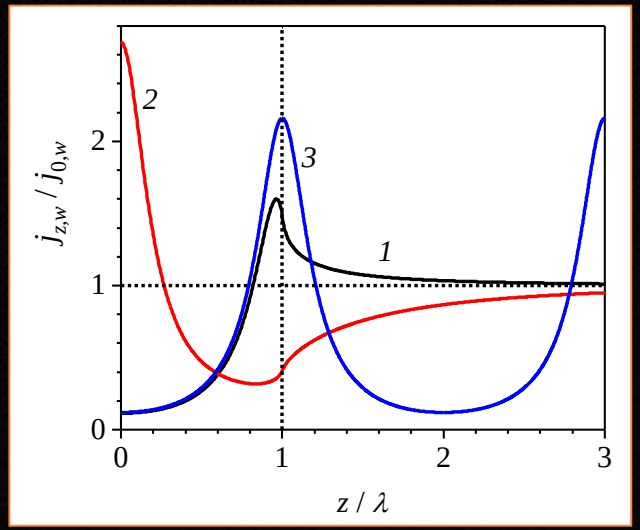
R = 1 mm, T = 0.4 μs
$a = \lambda$ = 10 μm

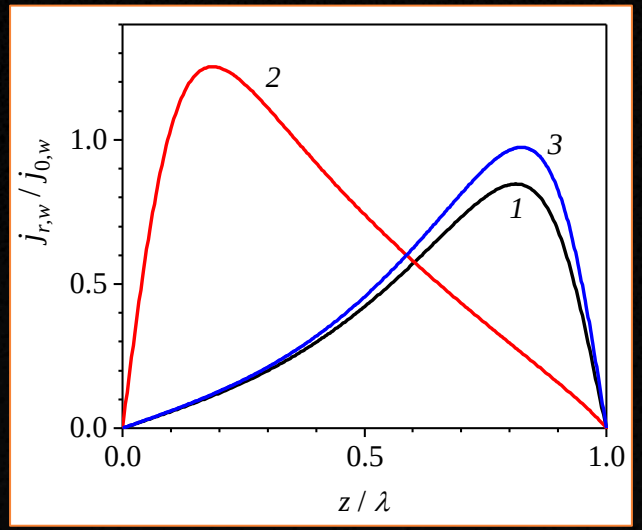
$j_z(r)$

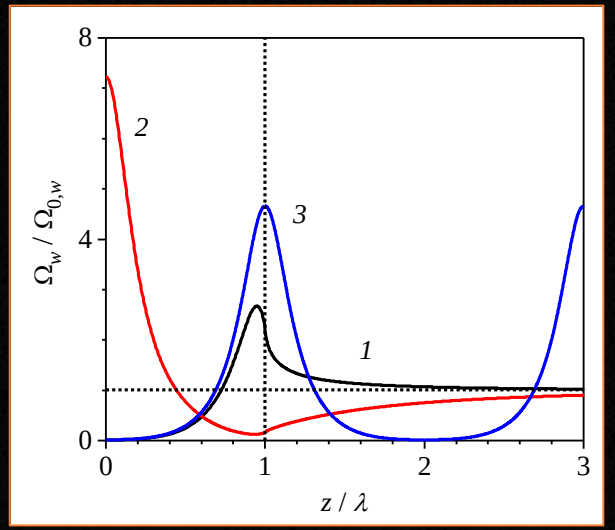
$j_r(r)$

Амплитуды плотностей тока вдоль поверхности

Мощность тепловыделени





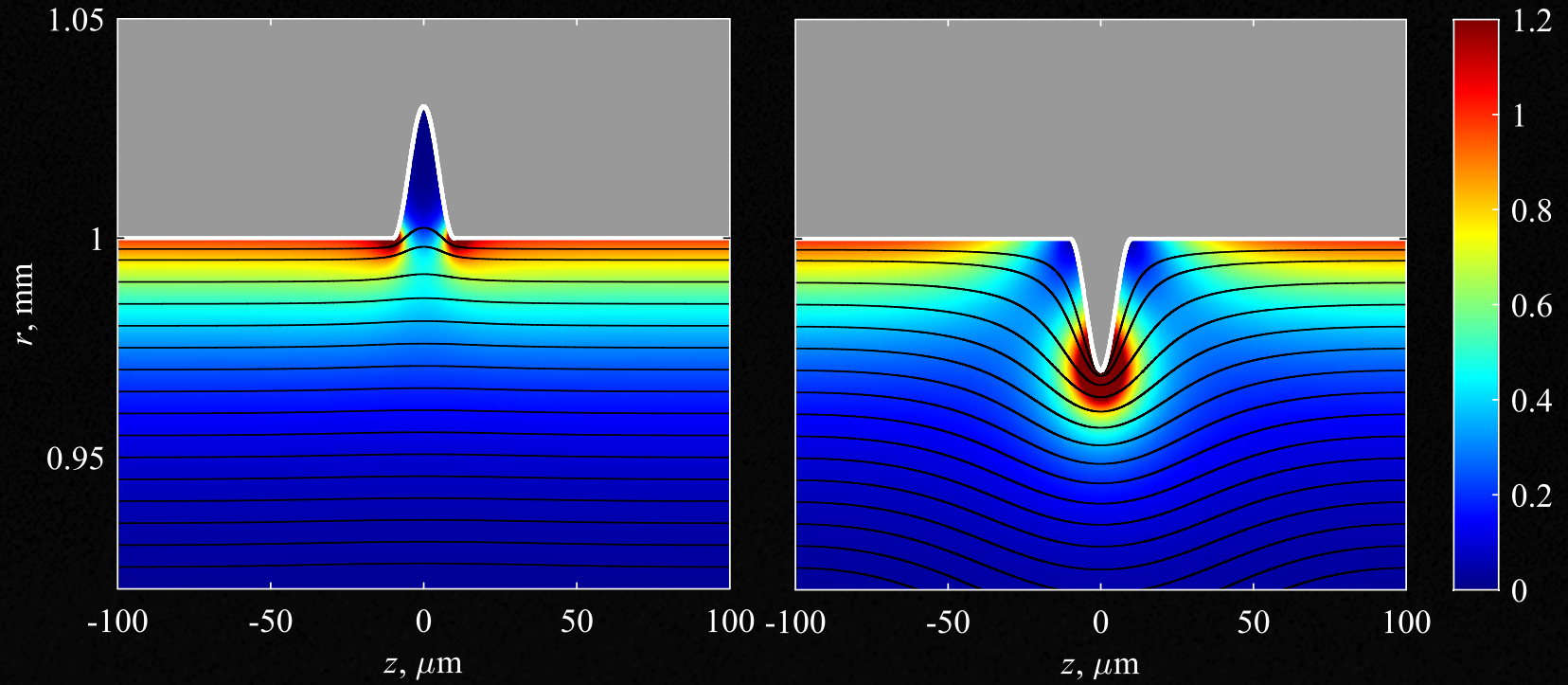


$j_z(r)$

$j_r(r)$

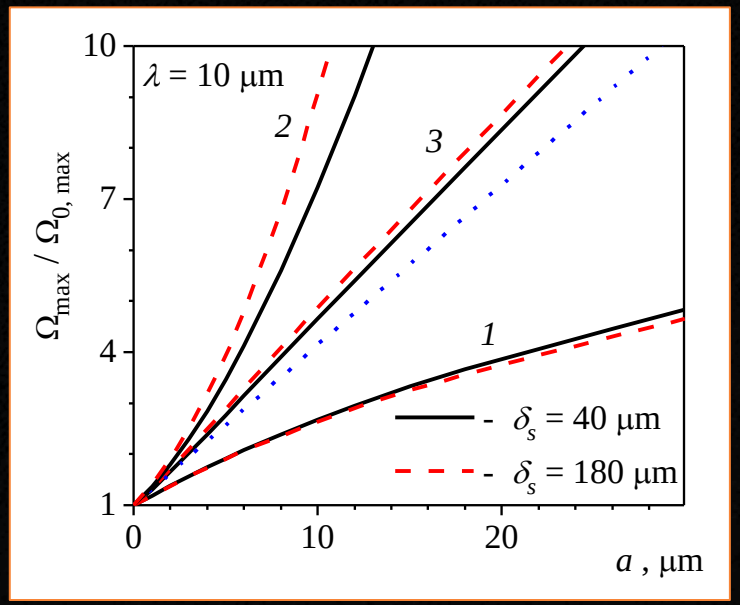
$$\Omega(r,z) = \frac{1}{T}\int_0^T \rho_e \left(j_r^2 + j_z^2 \right) dt$$

Усредненная за период мощность тепловыделения

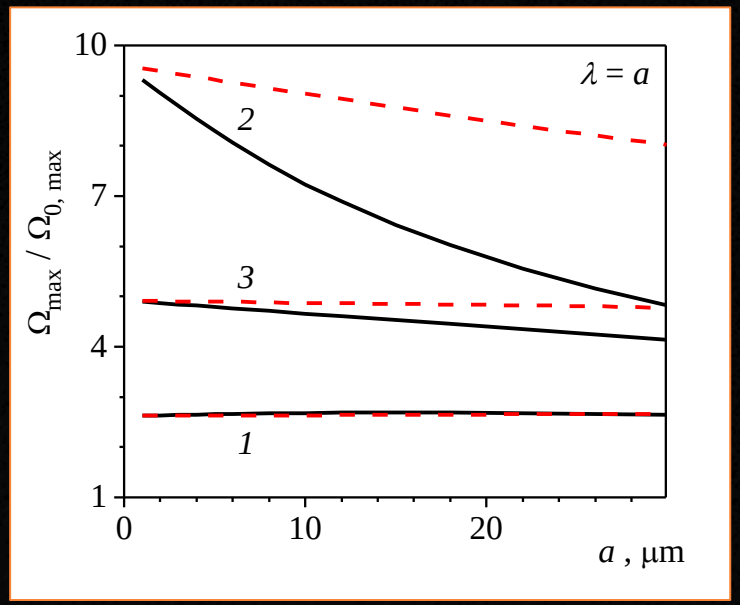


R = 1 mm, T = 0.4 μs, a = 30 μm, λ = 10 μm

Зависимость максимальной за период мощности тепловыделения от размера неровности



$\lambda = 10$ μm



$\lambda = a$

Заключение

1. Неровности на поверхности проводника значительно усиливают мощность тепловыделения. В случае отсутствия впадин, опасными местами оказываются окрестности выступов

2. При сохранении отношения амплитуды неровности к ширине с уменьшением размеров неоднородности не снижается мощность тепловыделения