Поглощение на периодической границе водной поверхности

А. Б. Селунский (*ИКИ РАН*)
А. В. Кузьмин (*ИКИ РАН*)

Связь флуктуаций с диссипацией

$$\pm\overline{A(r_1)\,B^*\left(r_2^*\right)} = \frac{2}{\pi}\Theta Q_{0AB^*}\left(\vec r_1, \vec r_2\right)$$

$$\left|A(\vec r_1, \vec r_1)\right|^2 = \frac{2}{\pi}\Theta Q_{0A}(\vec r_1, \vec r_1)$$

Здесь A и B — некоторые компоненты (из шести) $\vec E$ и $\vec H$ теплового поля.

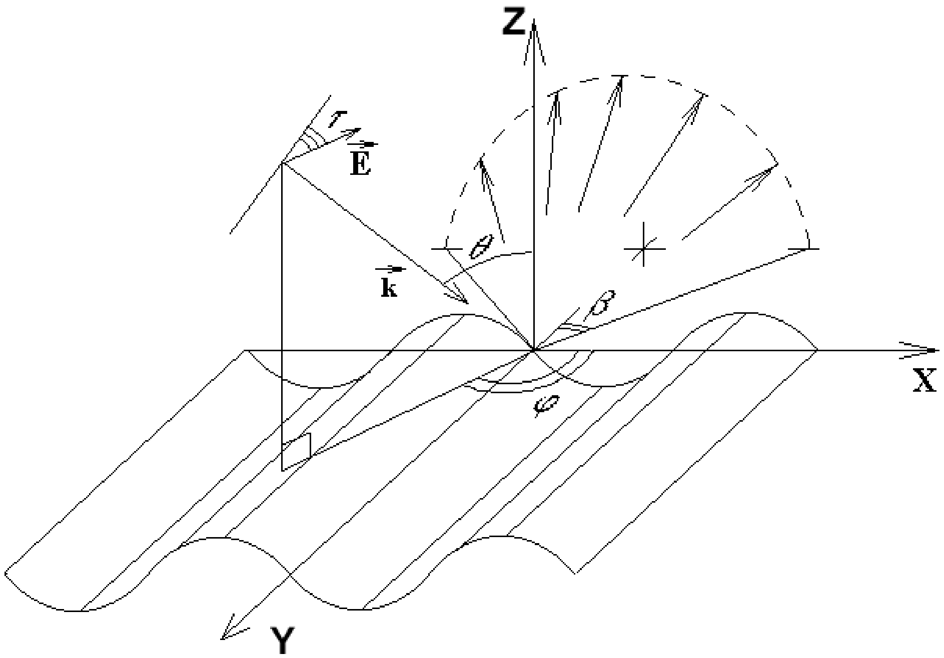
$$Q_0\left(\vec r_1\ \vec r_2\right) = Q_{0AA^*} + Q_{0AB^*} + Q_{0A^*B} + Q_{0BB^*}$$

Здесь точечные диполи берутся в точках $\vec r_1$ и $\vec r_2$

которые, в принципе, могут совпадать.

Постановка задачи

$$\vec{E}_{\perp} = \vec{A}_0 e^{-\omega_0 t + i \vec{k}_0 \vec{r}}$$



Граничные условия

$$E_t = E_{1t}$$

при

$$Z = a \bullet Sin(\Lambda \bullet x)$$

Граничные условия

$$H_t = H_{1t}$$

при

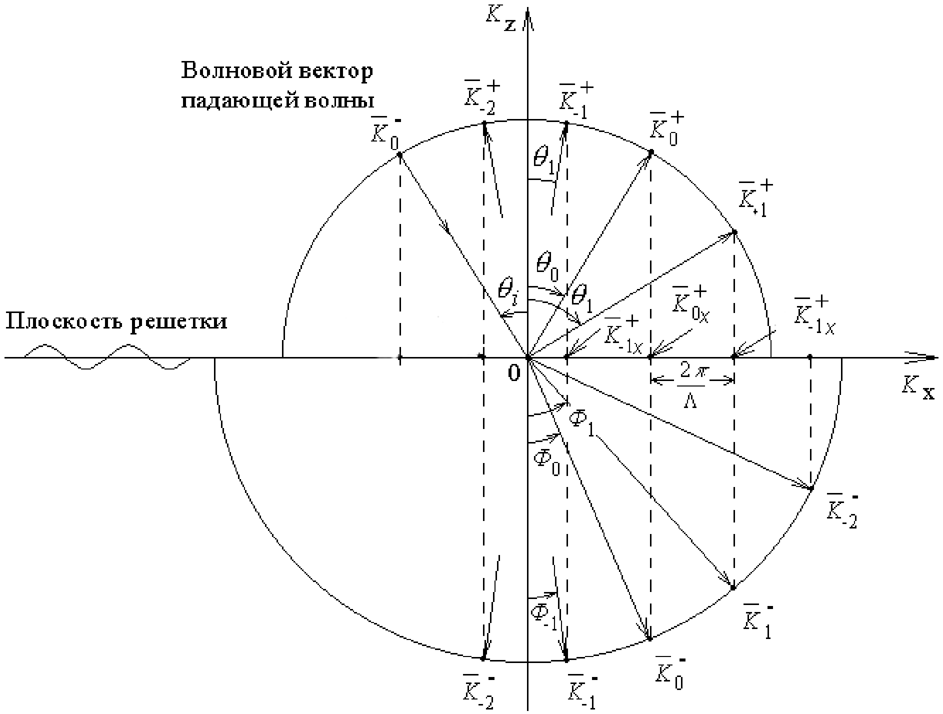
$$Z = a \bullet Sin(\Lambda \bullet x)$$

Физический метод решения

$$k_{n_x} = kx_0 + n\Lambda$$

$$E_{\text{отр.}} = \sum B_n e^{+ik_{n_x}x + ik_{n_z}z}$$

$$E_{прош} = \sum C_n e^{ik_{n_x}x - ik_{n_z}z}$$



при $Z = a \bullet Sin(\Lambda \bullet x)$

$$\exp\{iaSin\Lambda x\} = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} J_n(a) \bullet \exp\{i\Lambda x\}$$

Горизонтальная поляризация:

- приравниваем коэффициенты при $e^{i\Lambda p x}$

$$A_0\delta_{0p}+\sum_{n=-\infty}^{\infty}B_nY_{-n+p}\left[\left(k_{0z}+k_{0z_n}\right)\right]=\sum_{n=-\infty}^{\infty}C_nY_{-n+p}\left[\left(k_{0z}-k_{0z_n}\right)a\right]$$

$$+A_0\cos\vartheta\delta_{0p}+A_0\sin\vartheta(a\Lambda)\frac{\delta_{-1p}+\delta_{1p}}{2}+$$

$$+\sum_{n=-\infty}^{\infty}B_n\left\{Y_{-n+p}\left[\left(k_{z_0}+k_{zn_0}\right)a\right]-\frac{k_{zn_0}}{k_0}+\right.$$

$$\left.+(a\Lambda)\frac{k_{xn_0}}{2k_0}\left\{Y_{-n-1+p}\left[\left(k_{z_0}+k_{zn_0}\right)a\right]+Y_{-n+1+p}\left[\left(k_{z_0}+k_{zn_0}\right)a\right]\right\}\right\}=$$

$$=\sum_{n=-\infty}^{\infty}C_n\left\{+\frac{k_{1nz}}{k_0}Y_{-n+p}\left[\left(k_{z_0}-k_{1z_n}\right)a\right]+\right.$$

$$\left.+\frac{k_{1y_n}}{2k_0}(a\Lambda)\left\{Y_{-n+1+p}\left[\left(k_{z_0}-k_{zn_n}\right)a\right]+Y_{-n-1+p}\left[\left(k_{z_0}-k_{zn_n}\right)a\right]\right\}\right\}$$

$p=0,\pm1,\pm2$ где Y – функции Бесселя,

Вертикальная поляризация:

- Для вертикальной поляризации надо сделать замену:

$$k_0 \to -\frac{\omega_0}{c}\varepsilon_{0,1}$$

$$A_0\delta_{0p} + \sum_{n=-\infty}^{\infty} B_n Y_{-n+p}\left[\left(k_{0z} + k_{0z_n}\right)\right] = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n Y_{-n+p}\left[\left(k_{0z} - k_{0z_n}\right)a\right]$$

$$+A_0\cos\vartheta\delta_{0p} + A_0\sin\vartheta(a\Lambda)\frac{\delta_{-1p}+\delta_{1p}}{2} +$$

$$+\sum_{n=-\infty}^{\infty} B_n\left\{Y_{-n+p}\left[\left(k_{z_0} + k_{zn_0}\right)a\right] - \frac{k_{zn_0}}{k_0} +\right.$$

$$\left. +(a\Lambda)\frac{k_{xn_0}}{2k_0}\left\{Y_{-n-1+p}\left[\left(k_{z_0} + k_{zn_0}\right)a\right] + Y_{-n+1+p}\left[\left(k_{z_0} + k_{zn_0}\right)a\right]\right\}\right\} =$$

$$= \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n\left\{+\frac{k_{1nz}}{k_0\varepsilon_1}Y_{-n+p}\left[\left(k_{z_0} - k_{1z_n}\right)a\right] +\right.$$

$$\left. +\frac{k_{1y_n}}{2k_0\varepsilon_1}(a\Lambda)\left\{Y_{-n+1+p}\left[\left(k_{z_0} - k_{zn_n}\right)a\right] + Y_{-n-1+p}\left[\left(k_{z_0} - k_{zn_n}\right)a\right]\right\}\right\}$$

$$p = 0, \pm 1, \pm 2$$

Расчетные формулы (приближение Леонтовича)

$$f_{Vertical} = \frac{\sqrt{\varepsilon^0} \bullet \sin(\psi) - 1}{J_0(2 \bullet k_0 \bullet \sin(\psi) \bullet a) \bullet (\sqrt{\varepsilon^0} \bullet \sin(\psi) + 1)}$$

$$f^{-1}_{verttical} = -\frac{(1+\sqrt{\varepsilon^0} * \sin(\psi)) * \cos(\psi) * J_{-1}(2 * k_0 * \sin(\psi) * a)}{(1+\sqrt{\varepsilon^0} * \sin(\psi^{-1}) * \cos(\psi^{-1}) * J_0((k_{0z} + k_z^{-1}) * a)} * f_{Vertical}$$

$$f^{+1}_{verttical} = -\frac{(1+\sqrt{\varepsilon^0} * \sin(\psi)) * \cos(\psi) * J_{+1}(2 * k_0 * \sin(\psi) * a)}{(1+\sqrt{\varepsilon^0} * \sin(\psi^{+1}) * \cos(\psi^{+1}) * J_0((k_{0z} + k_z^{+1}) * a)} * f_{Vertical}$$

где Ψ - угол скольжения

Строгое математическое решение

1 Решается бесконечномерная система линейных уравнений в комплексных числах.

2 Используется итерационная схема заданной точности с выбором главного диагонального элемента

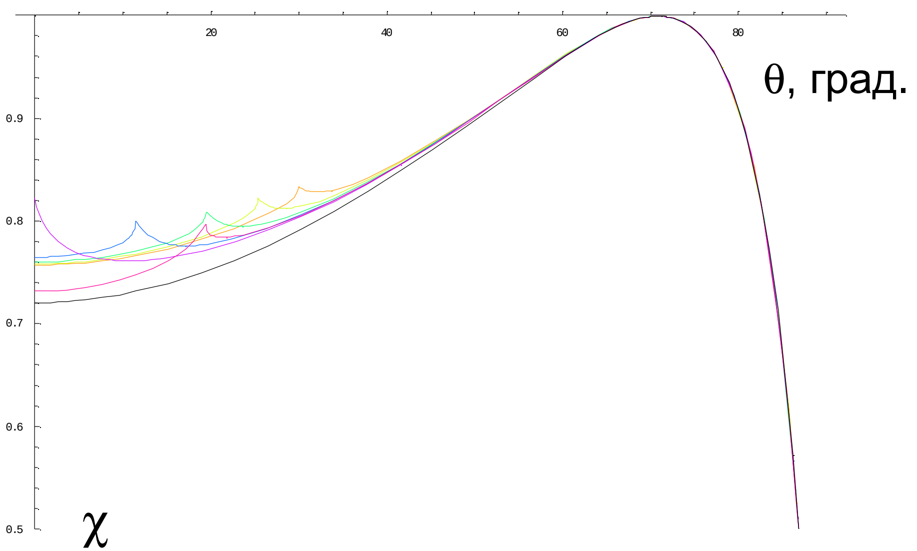
3 Число уравнений N выбирается исходя из заданной точности

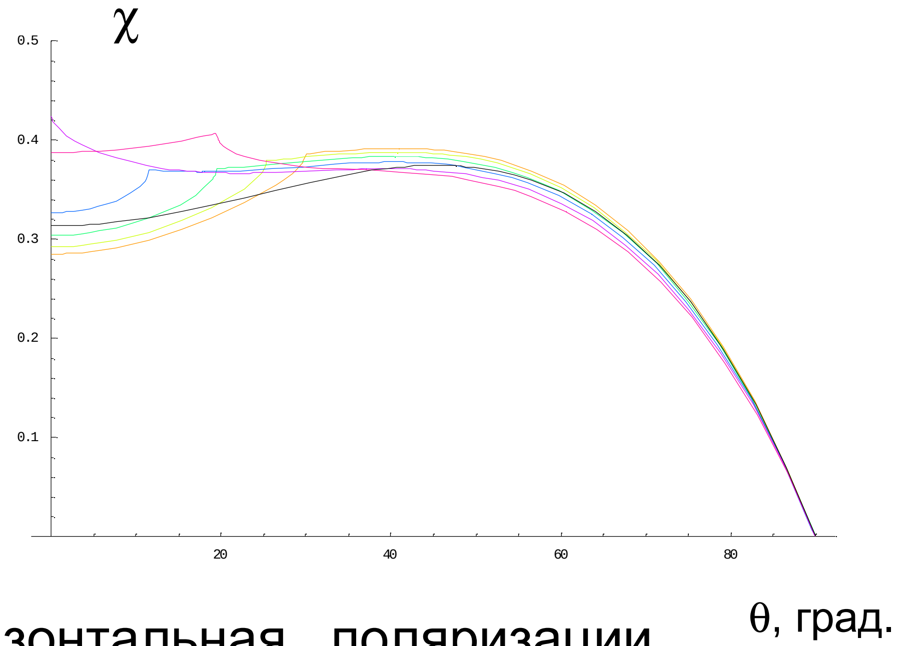
Результаты расчетов

λ = 8 мм

a = 0.5 мм

Λ = 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 мм





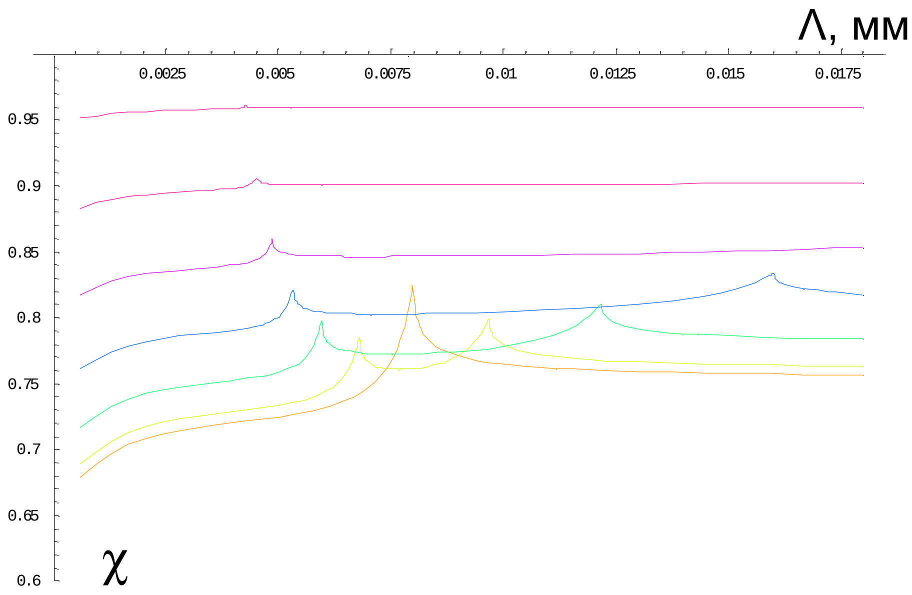
Вертикальная Горизонтальная поляризации

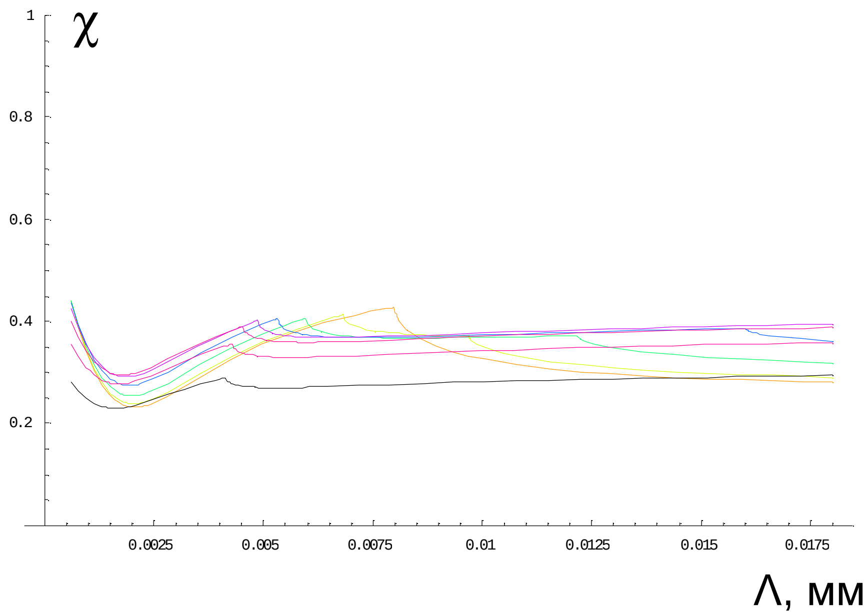
Результаты расчетов

λ = 8 мм

a = 0.5 мм

θ = 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 град.





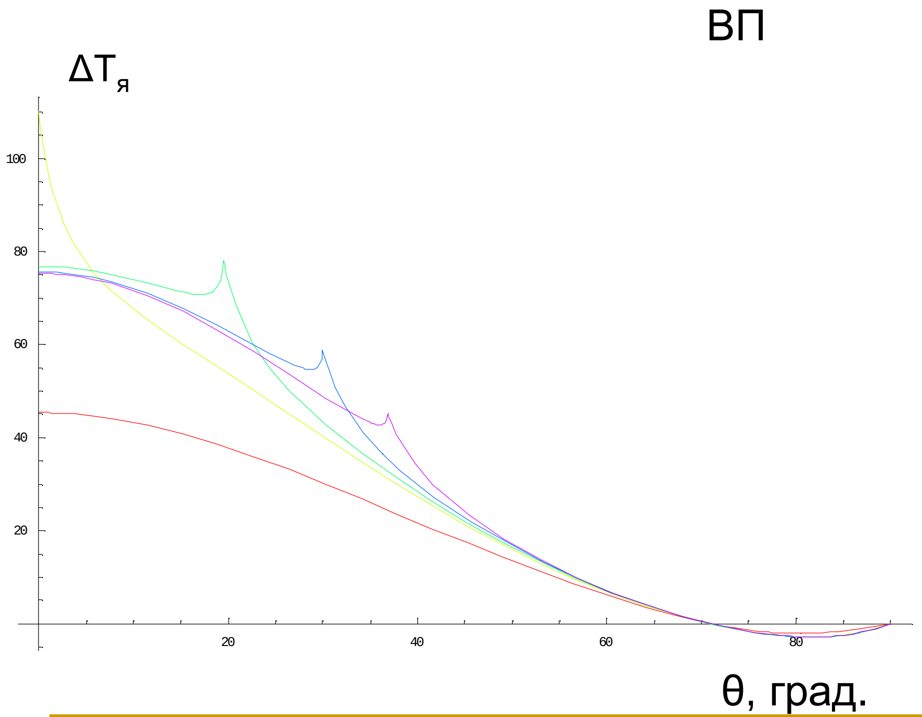
Вертикальная Горизонтальная поляризации

Результаты расчетов

λ = 8 мм

a = 0.7 мм

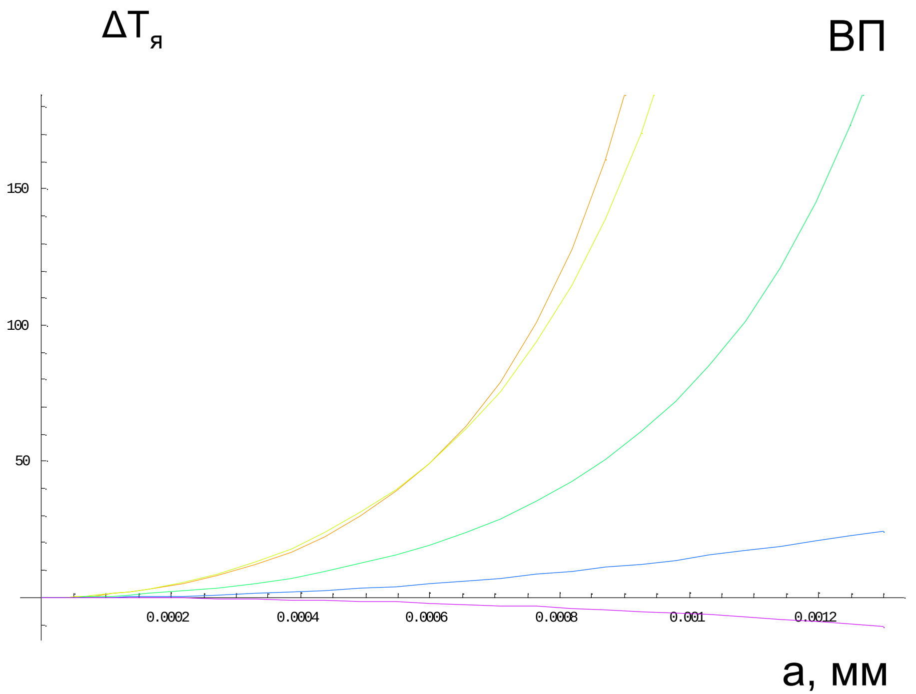
Λ = 4, 8, 12, 16, 20 мм



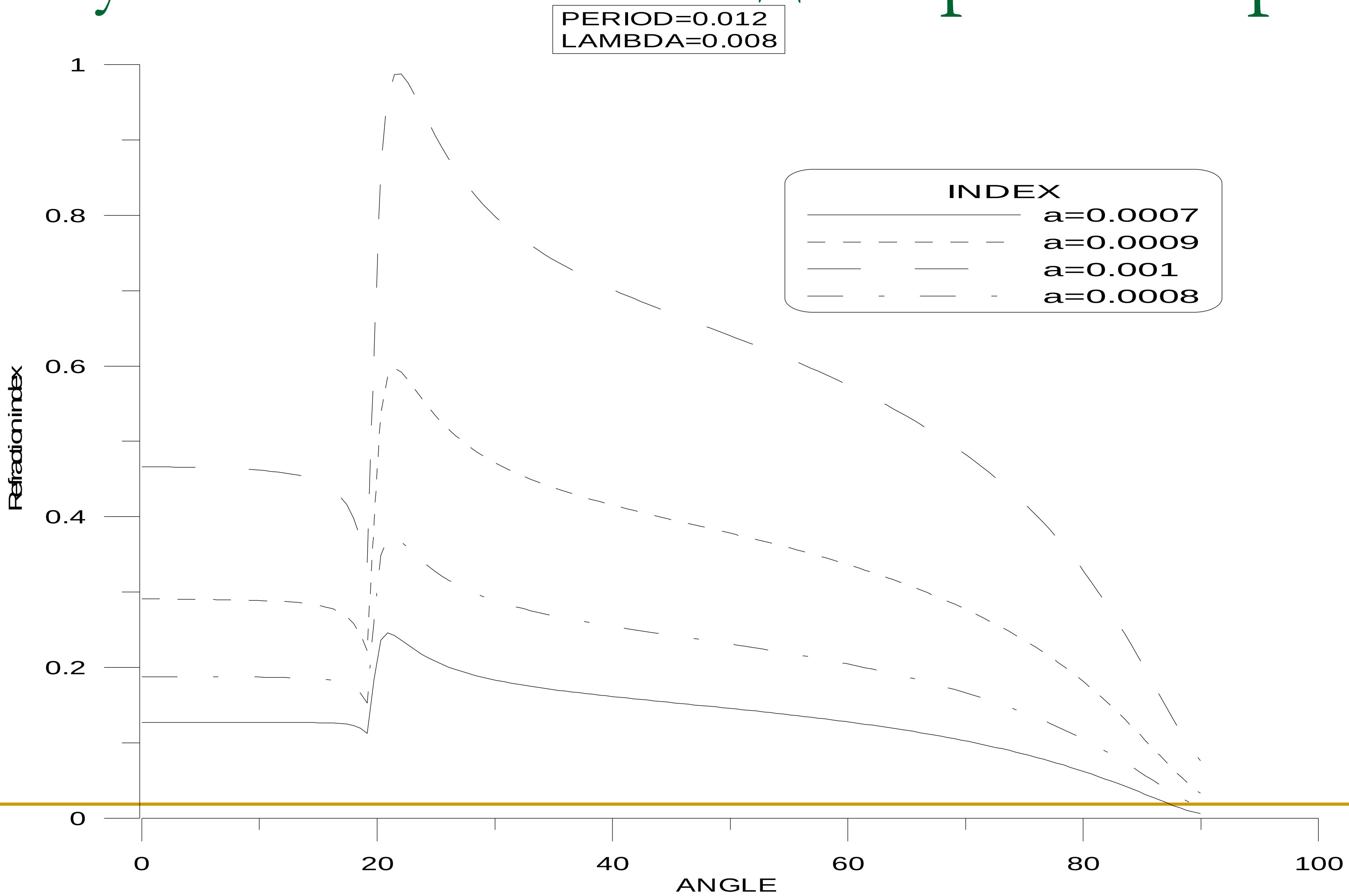
λ = 8 мм

θ = 0, 20, 40, 60, 80 град.

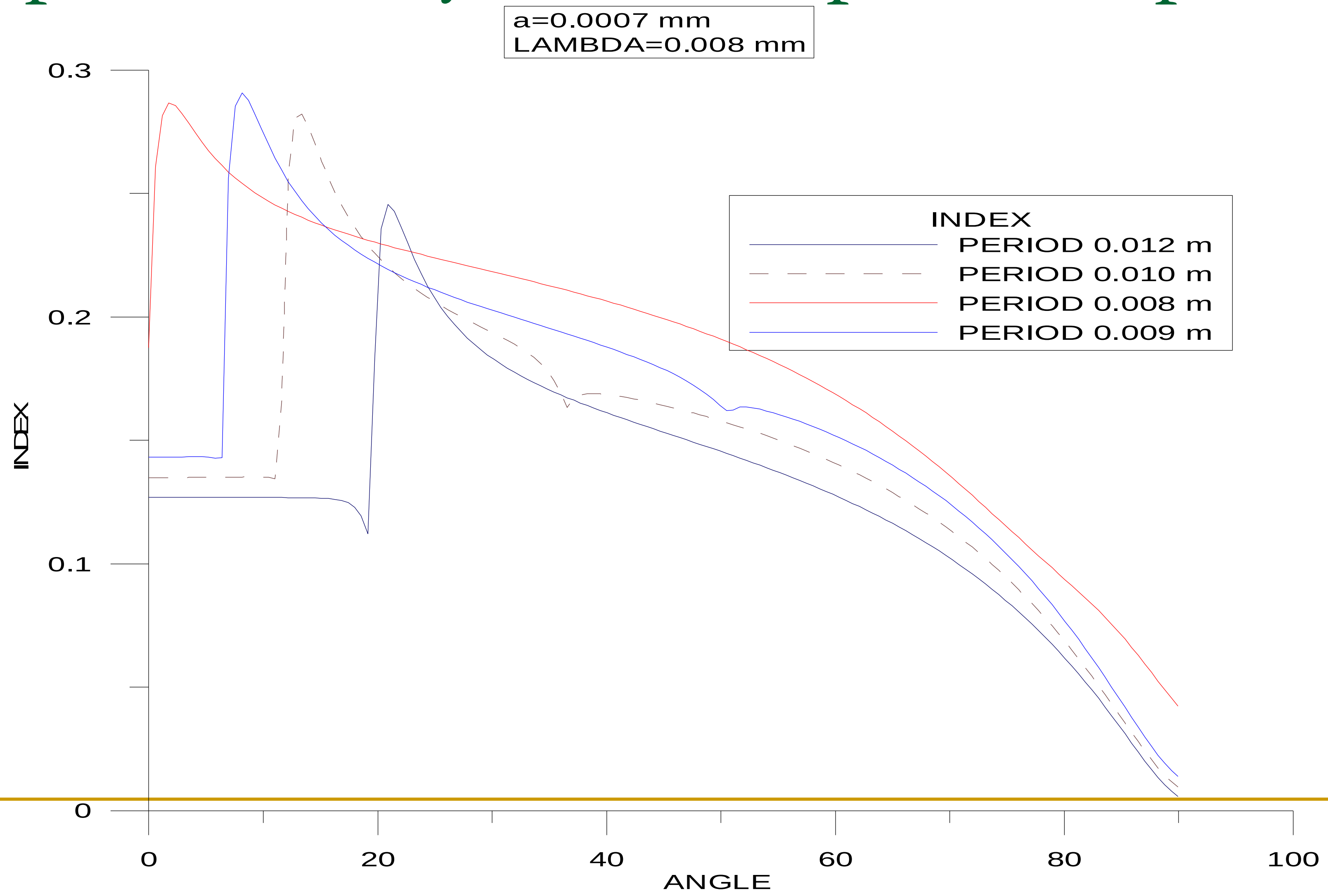
Λ = 12 мм



Зависимость показателя поглощения от угла.Разная гл. мод. Верт. поляриз.



Зав. пок. поглощ. от угла. Разные периоды модуляции.Верт. Поляриз.



Выводы

1 Предлагается метод решения строгой задачи дифракции дипольного излучения на произвольной периодической границе

2 Доказана принципиальная возможность разрешения задачи

3 Получены системы уравнений общего вида для спектральных компонент разложения сферической дипольной волны для случаев обобщённой вертикальной и горизонтальной поляризаций

4 Теория проиллюстрирована решением частного случая распределения падающего излучения по углу места

5 Графически исследованы 2 потенциально возможных новых эффекта:

   1 Аномальный аналог эффекта Брюстера

   2 Эффект ослабления контраста. Сделана попытка его кинематического объяснения