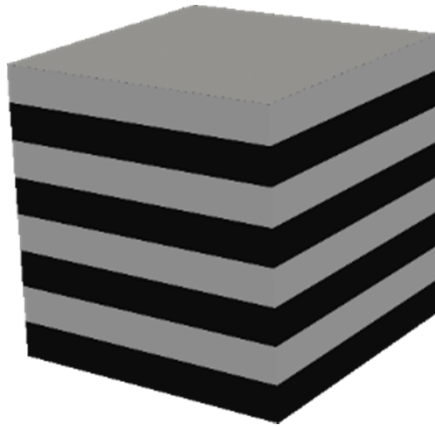


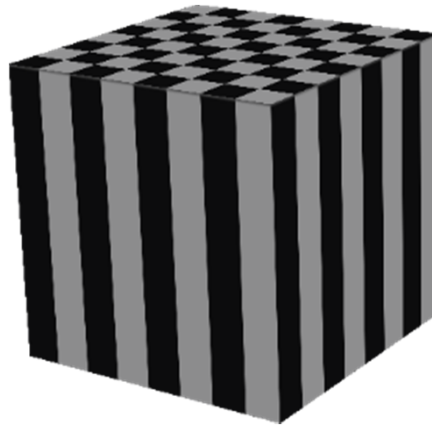
Использование метода FDTD для расчета электромагнитных полей в периодических структурах

выполнил студент 2-го курса
Султанов Виталий Дмитриевич

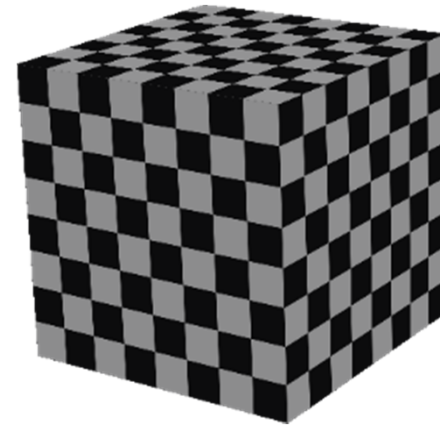
Фотонные кристаллы: размерности



1D



2D



3D

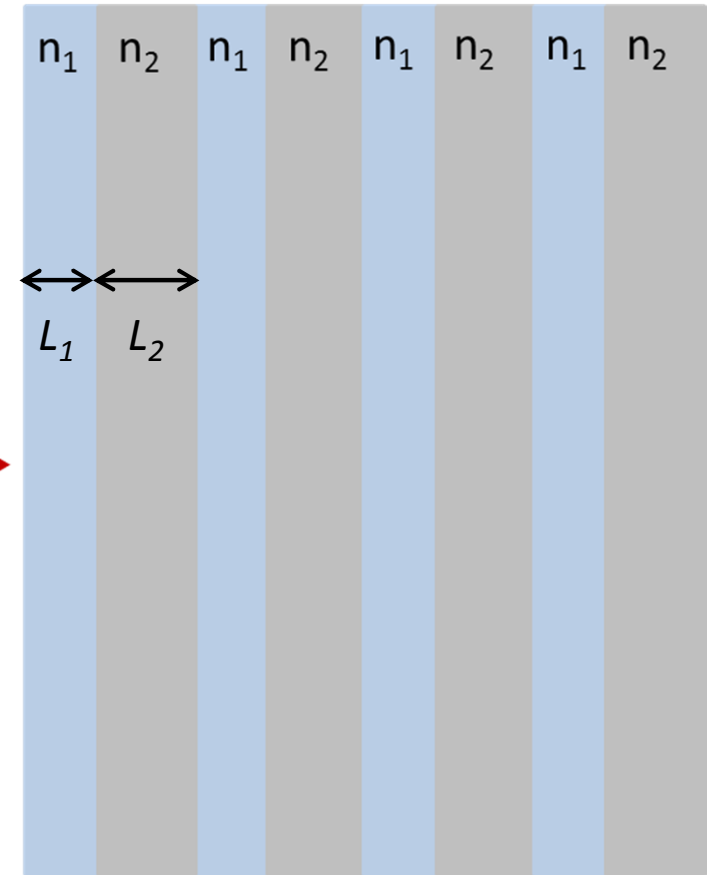
Виды ФК (по размерностям)

Фотонные кристаллы: РБО

$$R = \frac{n_0 - \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^{2m}}{n_0 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^{2m}}$$

$$\Delta_{\text{опт}} = \frac{\lambda}{4} = dn$$

$$d = \frac{\lambda}{4n}$$



$$L_1 = \frac{\lambda_b}{4n_1} \quad L_2 = \frac{\lambda_b}{4n_2}$$

Схема распределенного брегговского отражателя (РБО), или брегговского зеркала

Фотонные кристаллы: полосовой фильтр

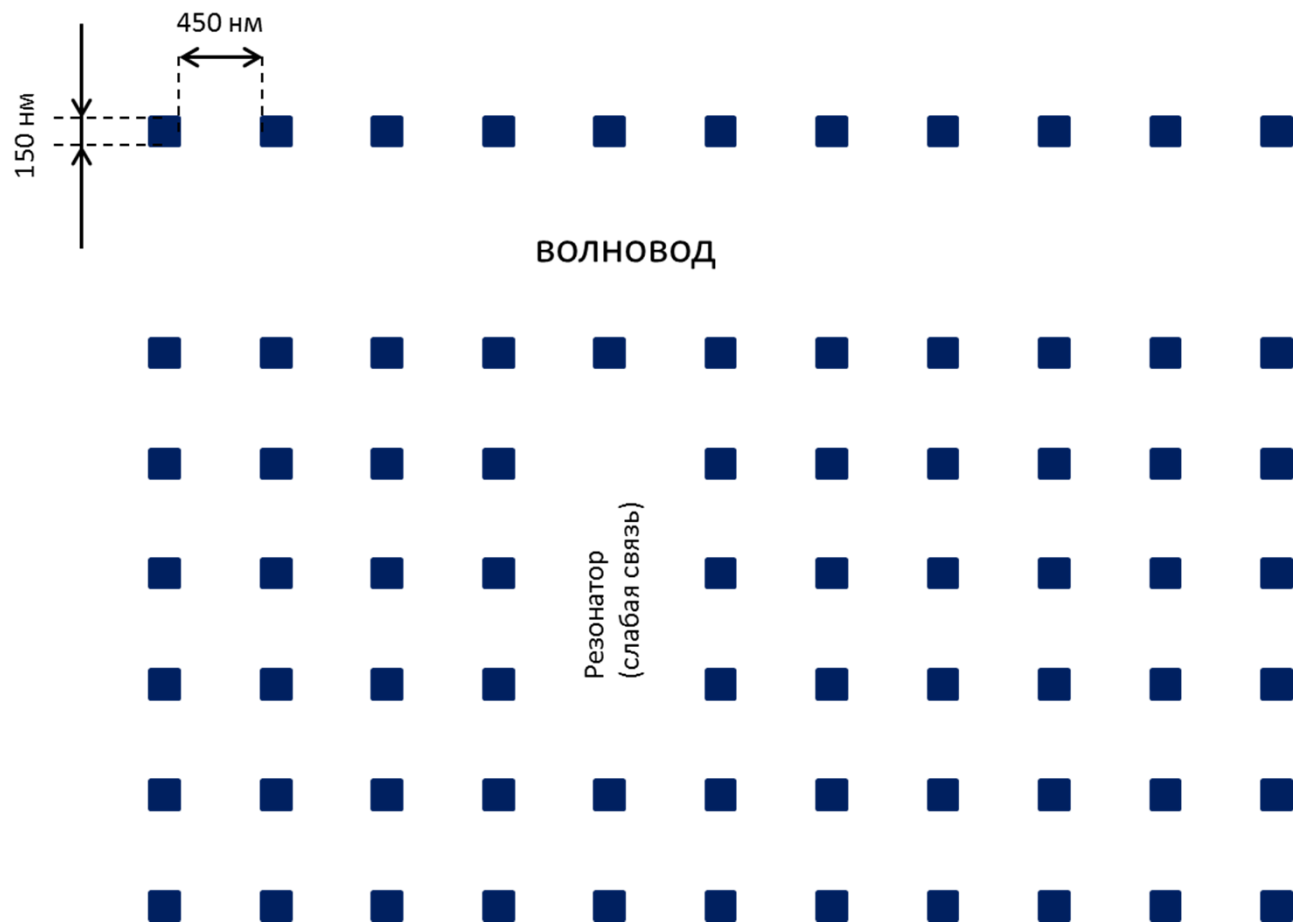


Схема полосового частотного фильтра на базе волновода и резонатора со слабой связью

Метод FDTD: алгоритм Йи

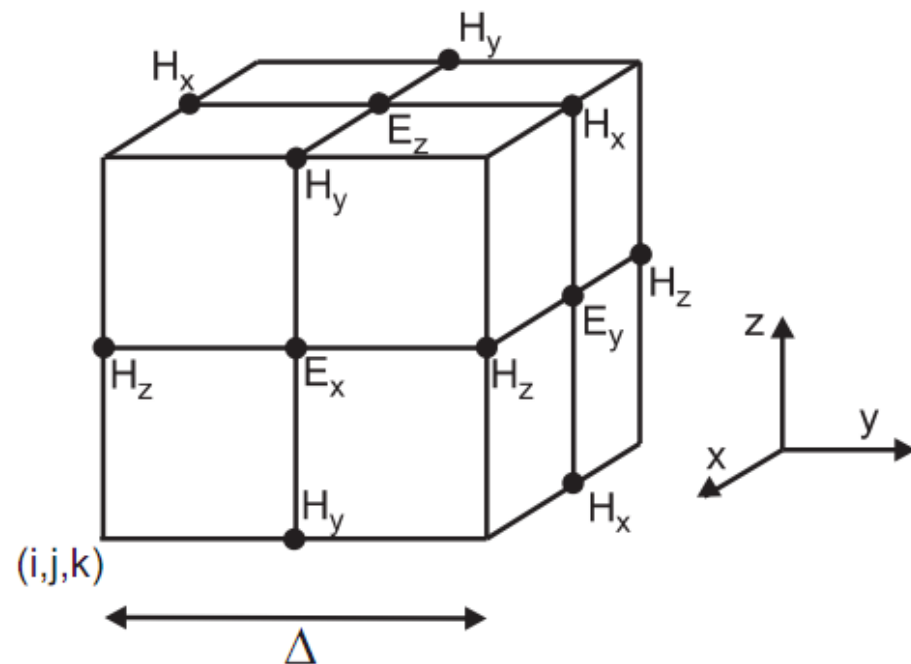


Схема ячейки счетной области в алгоритме Йи

$$\begin{cases} \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \vec{D} = \rho \\ \nabla \cdot \vec{B} = 0 \end{cases}$$

Уравнения Максвелла

Алгоритм Йи для 2D случая

$$\left\{ \begin{array}{l}
 H_x|_{i,k}^{n+\frac{1}{2}} = H_x|_{i,k}^{n-\frac{1}{2}} + \frac{\delta t}{\mu} \frac{E_y|_{i,k+1}^n - E_y|_{i,k}^n}{\delta z} \\
 H_y|_{i,k}^{n+\frac{1}{2}} = H_y|_{i,k}^{n-\frac{1}{2}} - \frac{\delta t}{\mu} \left(\frac{E_x|_{i,k+1}^n - E_x|_{i,k}^n}{\delta z} - \frac{E_z|_{i+1,k}^n - E_z|_{i,k}^n}{\delta x} \right) \\
 H_z|_{i,k}^{n+\frac{1}{2}} = H_z|_{i,k}^{n-\frac{1}{2}} - \frac{\delta t}{\mu} \frac{E_y|_{i+1,k}^n - E_y|_{i,k}^n}{\delta x} \\
 E_x|_{i,k}^{n+1} = E_x|_{i,k}^n + \frac{\delta t}{\varepsilon_{i,k}} \frac{H_y|_{i,k}^{n+\frac{1}{2}} - H_y|_{i,k-1}^{n+\frac{1}{2}}}{\delta z} \\
 E_y|_{i,k}^{n+1} = E_y|_{i,k}^n - \frac{\delta t}{\varepsilon_{i,k}} \left(\frac{H_x|_{i,k}^{n+\frac{1}{2}} - H_x|_{i,k-1}^{n+\frac{1}{2}}}{\delta z} - \frac{H_z|_{i,k}^{n+\frac{1}{2}} - H_z|_{i-1,k}^{n+\frac{1}{2}}}{\delta x} \right) \\
 E_z|_{i,k}^{n+1} = E_z|_{i,k}^n - \frac{\delta t}{\varepsilon_{i,k}} \frac{H_y|_{i,k}^{n+\frac{1}{2}} - H_y|_{i-1,k}^{n+\frac{1}{2}}}{\delta x}
 \end{array} \right.$$

Total Field / Scattered Field

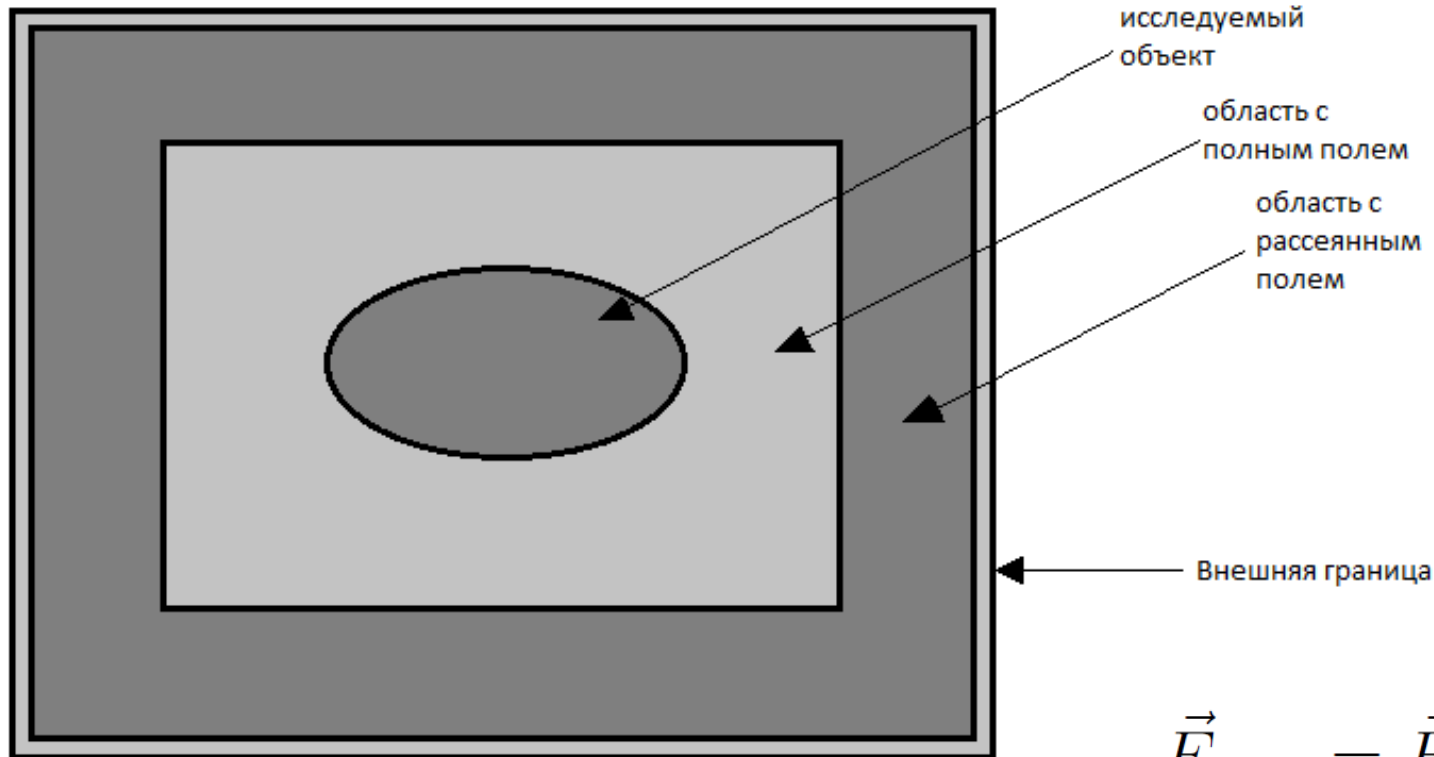
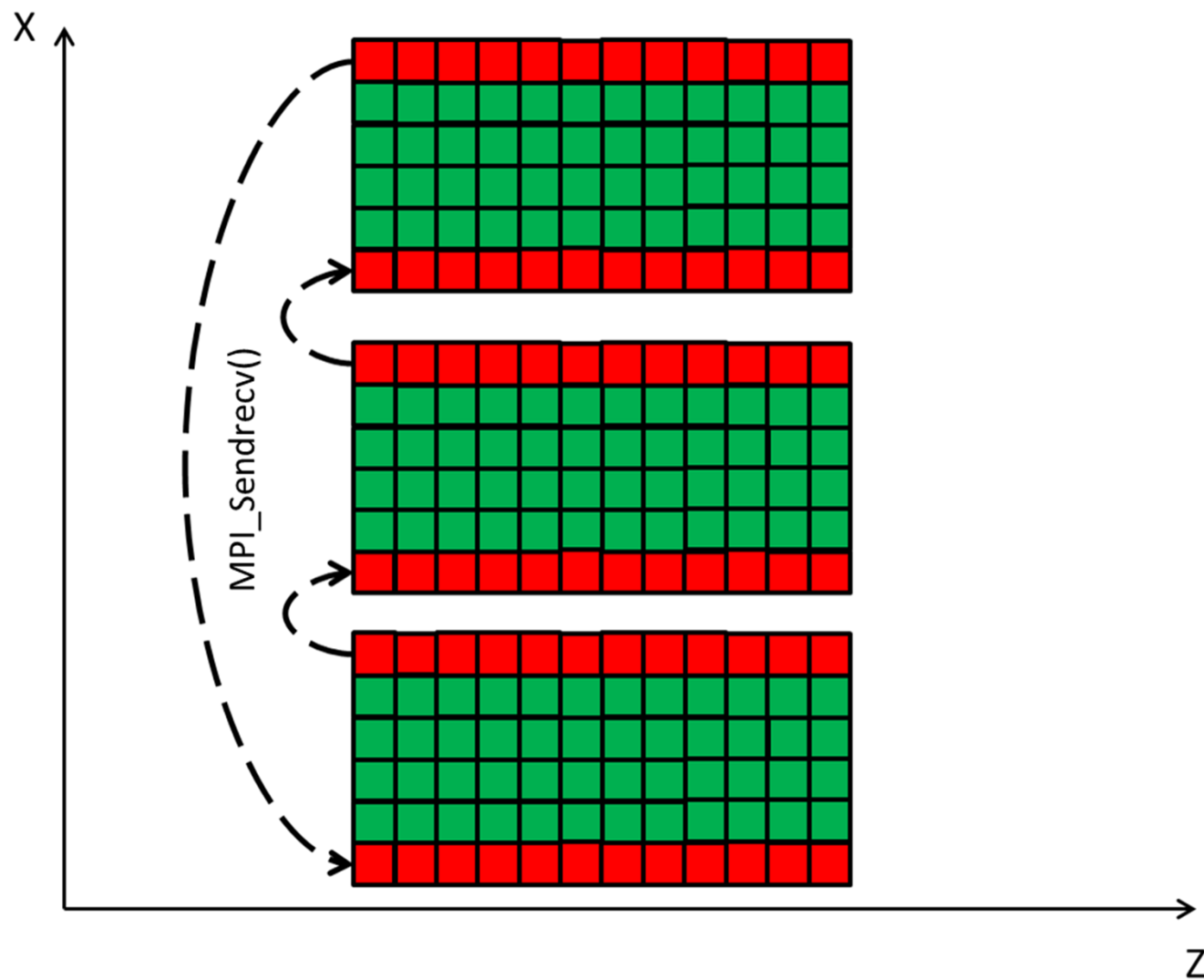


Схема разделения счетной области TF/SF

$$\vec{E}_{sum} = \vec{E}_{in} + \vec{E}_{sc}$$

$$\vec{H}_{sum} = \vec{H}_{in} + \vec{H}_{sc}$$

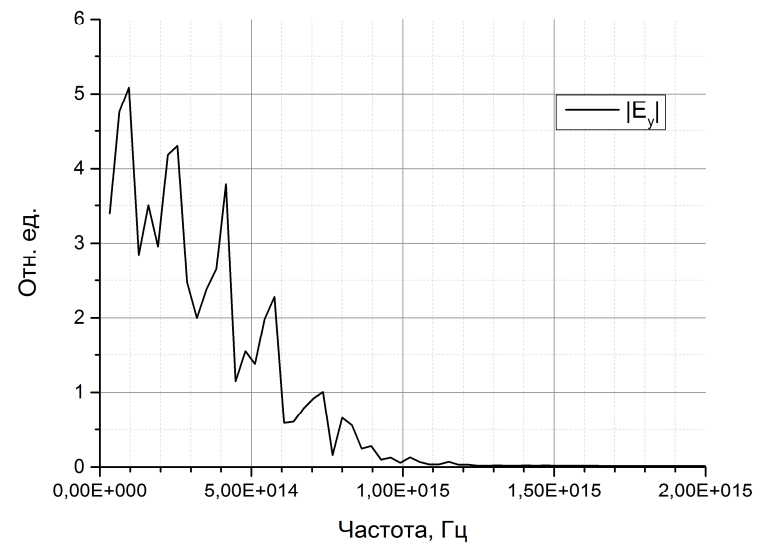
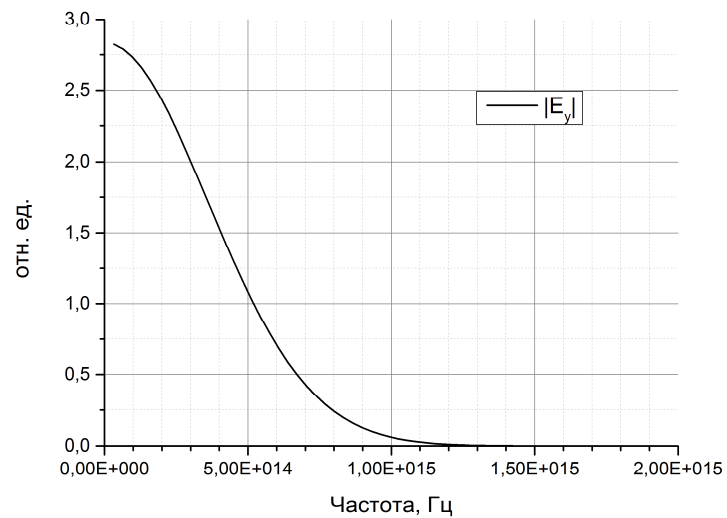
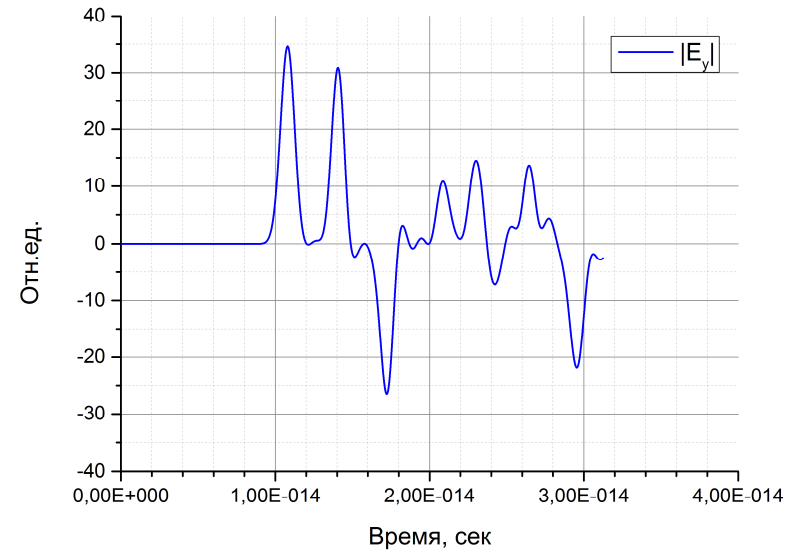
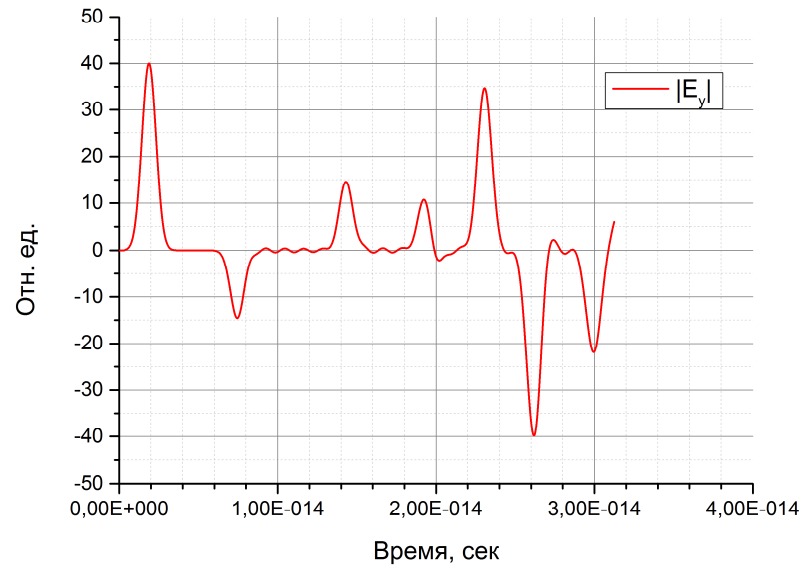
Распараллеливание алгоритма



Результаты моделирования: РБО

ВИДЕО

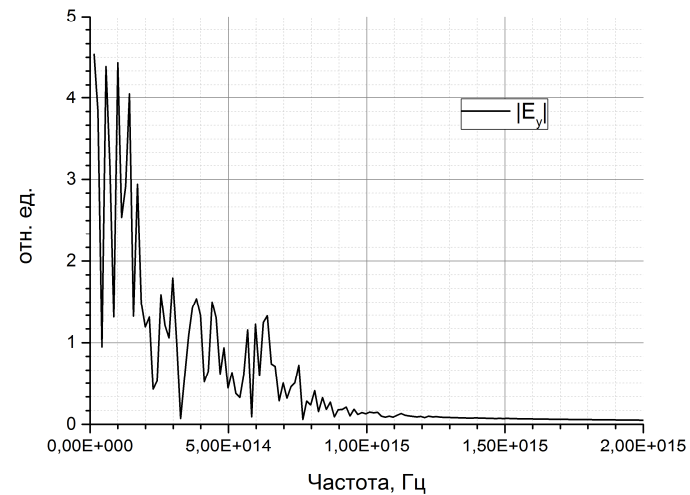
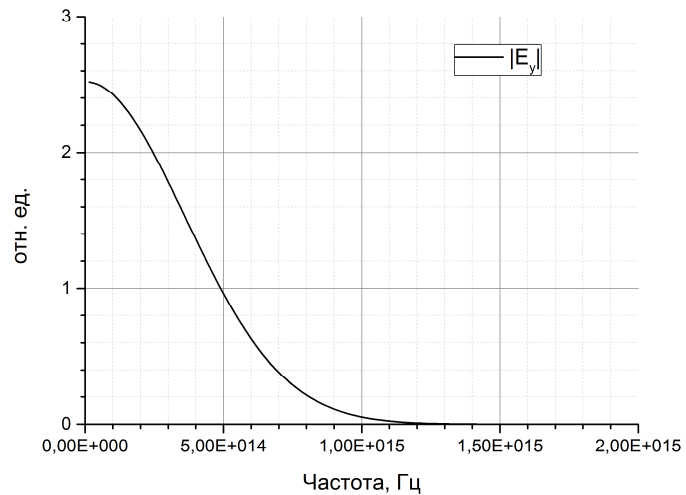
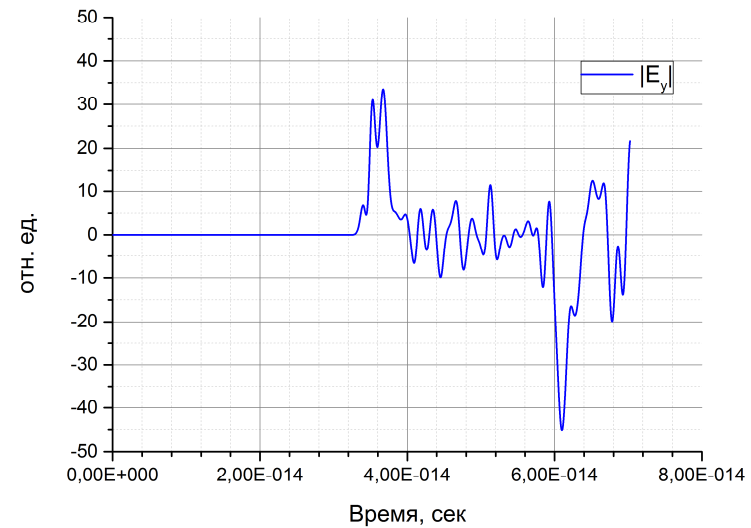
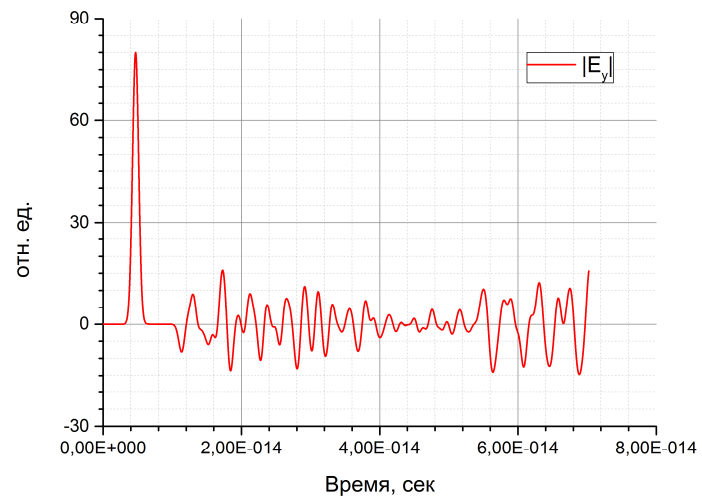
Результаты моделирования: РБО



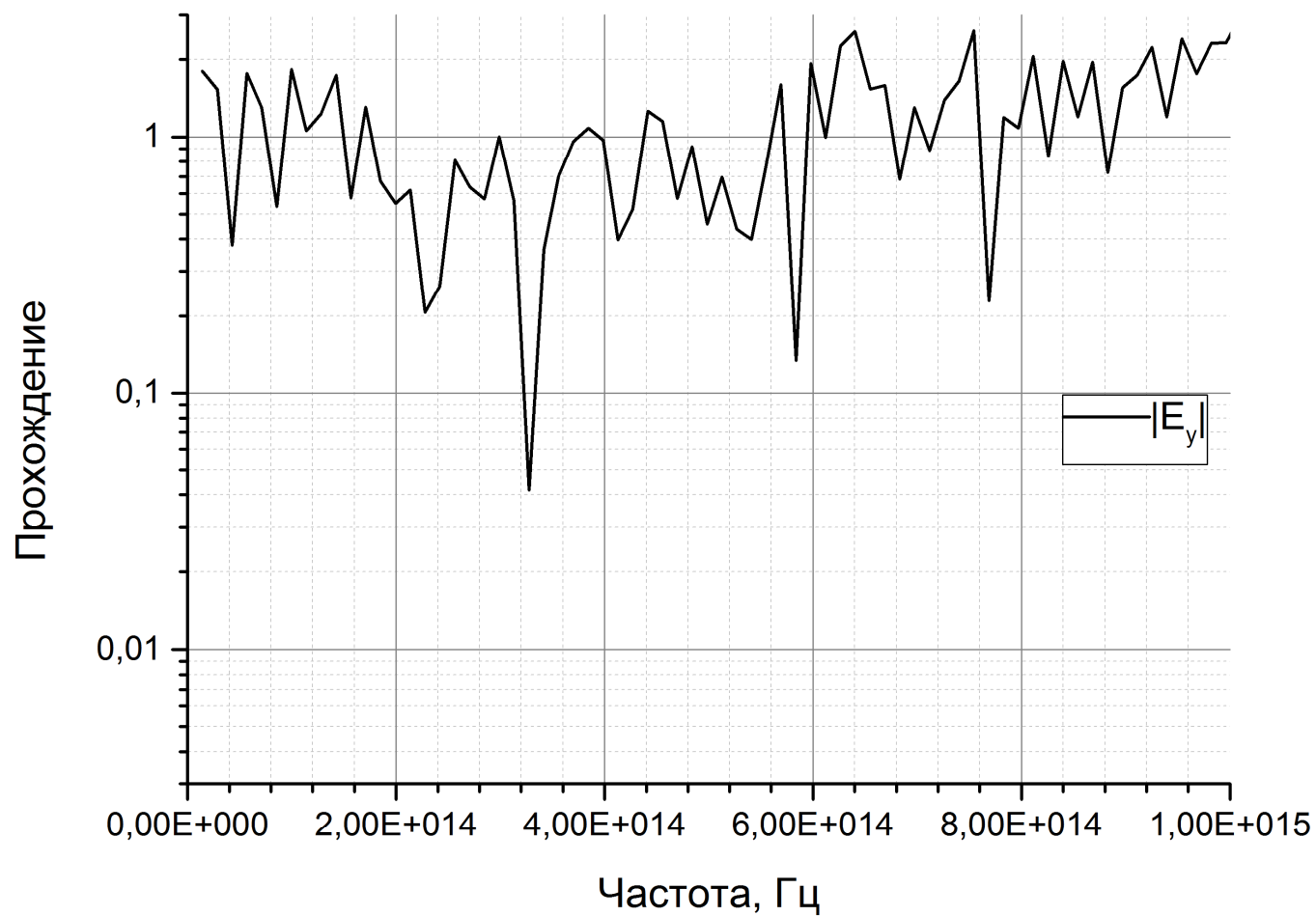
Результаты моделирования: полосовой фильтр

ВИДЕО

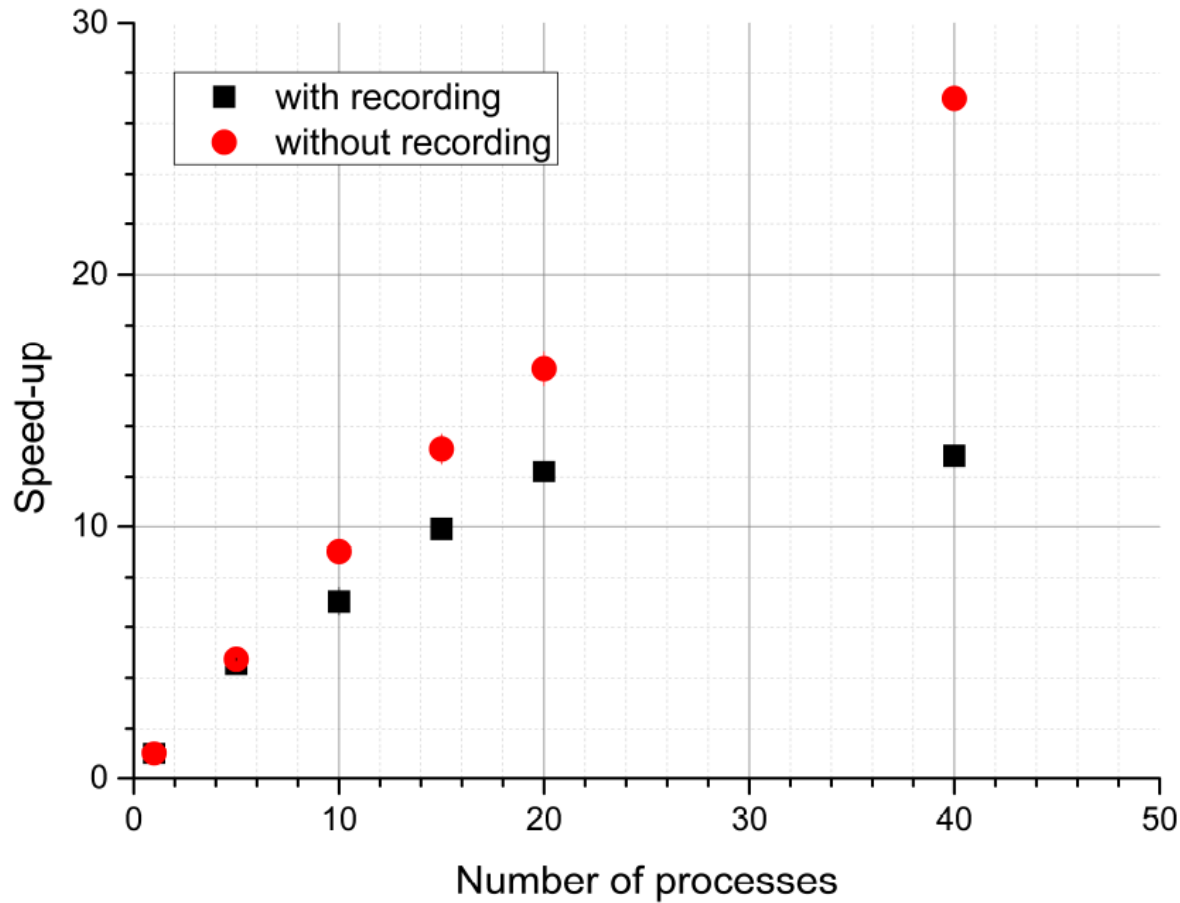
Результаты моделирования: полосовой фильтр



Результаты моделирования: полосовой фильтр



Степень ускорения. Закон Амдала



$$\alpha = 0.012 \pm 0.001,$$

$$S_{p,max} = 82.3 \pm 4.3$$

$$\alpha = 0.039 \pm 0.011,$$

$$S_{p,max} = 27.3 \pm 3.7$$

$$S_p = \frac{1}{\alpha + \frac{1-\alpha}{p}}$$

$$S_{p,max} = \frac{1}{\alpha}$$