

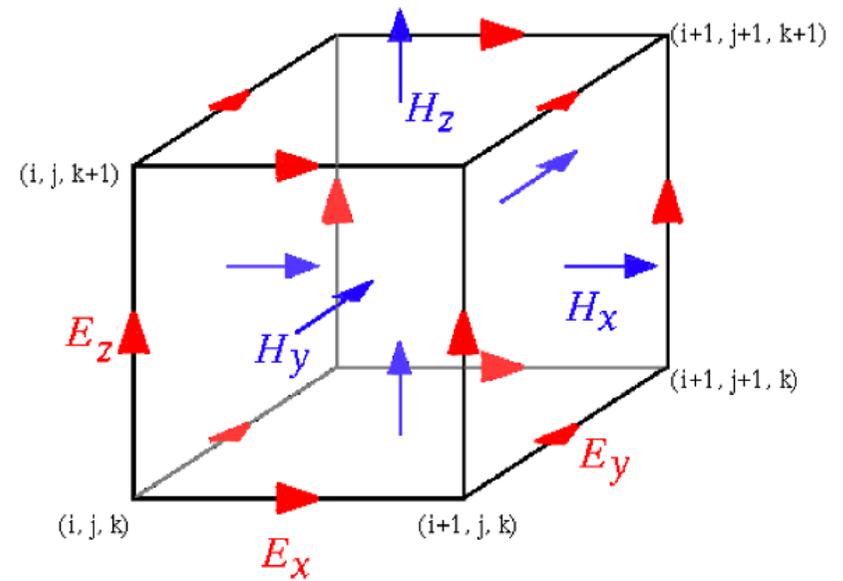
Курсовая работа по дисциплине
"параллельное программирование"

**Моделирование распространения электромагнитной волны
в среде с диэлектриком методом конечных разностей во
временной области.**

Выполнил студент 214 группы
Жолковский Евгений Константинович

Метод FDTD

$$\begin{cases} \operatorname{div} \vec{D} = \rho \\ \operatorname{div} \vec{H} = 0 \\ \operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \end{cases}$$



Численные методы

Производная по координате:

$$\frac{\partial \vec{E}_{i,j,k}^n}{\partial x} = \frac{\vec{E}_{i+1/2,j,k}^n - \vec{E}_{i-1/2,j,k}^n}{\Delta x} + O[(\Delta x)^2].$$

$$\frac{\partial \vec{H}_{i,j,k}^n}{\partial x} = \frac{\vec{H}_{i+1/2,j,k}^n - \vec{H}_{i-1/2,j,k}^n}{\Delta x} + O[(\Delta x)^2].$$

Производная по времени:

$$\frac{\vec{E}_{i,j,k}^{n+1} - \vec{E}_{i,j,k}^n}{\Delta t} = \frac{\partial \vec{E}_{i,j,k}^{n+1/2}}{\partial t} = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon_{i,j,k}} \left(\text{rot } \vec{H}_{i,j,k}^{n+1/2} - \vec{j}_{i,j,k}^n \right)$$

$$\frac{\vec{H}_{i,j,k}^{n+1} - \vec{H}_{i,j,k}^n}{\Delta t} = \frac{\partial \vec{H}_{i,j,k}^{n+1/2}}{\partial t} = \frac{-1}{\mu_0 \mu_{i,j,k}} \text{rot } \vec{E}_{i,j,k}^{n+1/2}$$

Численные методы

Вычисление нового значения:

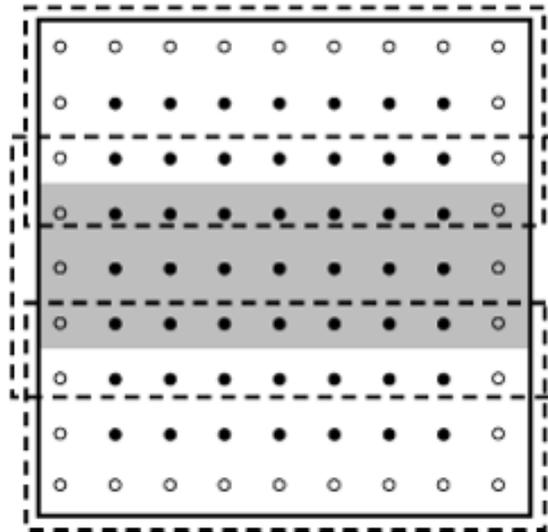
$$\vec{E}_{i,j,k}^{n+1} = \vec{E}_{i,j,k}^n + \frac{\Delta t}{\epsilon_0 \epsilon_{i,j,k}} \left(\text{rot } \vec{H}_{i,j,k}^{n+1/2} - \vec{j}_{i,j,k}^n \right)$$

$$\vec{H}_{i,j,k}^{n+1} = \vec{H}_{i,j,k}^n + \frac{-\Delta t}{\mu_0 \mu_{i,j,k}} \text{rot } \vec{E}_{i,j,k}^{n+1/2}$$

Условие Куранта:

$$\Delta t < \frac{1}{c \sqrt{\frac{1}{(\Delta x)^2} + \frac{1}{(\Delta y)^2} + \frac{1}{(\Delta z)^2}}},$$

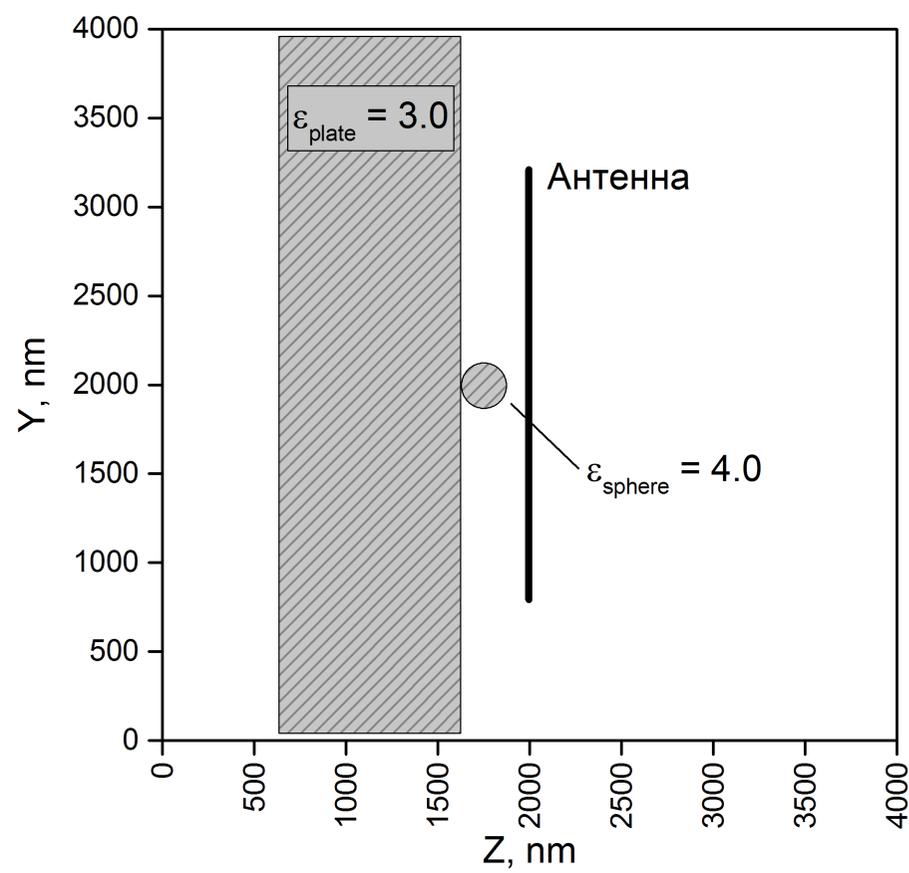
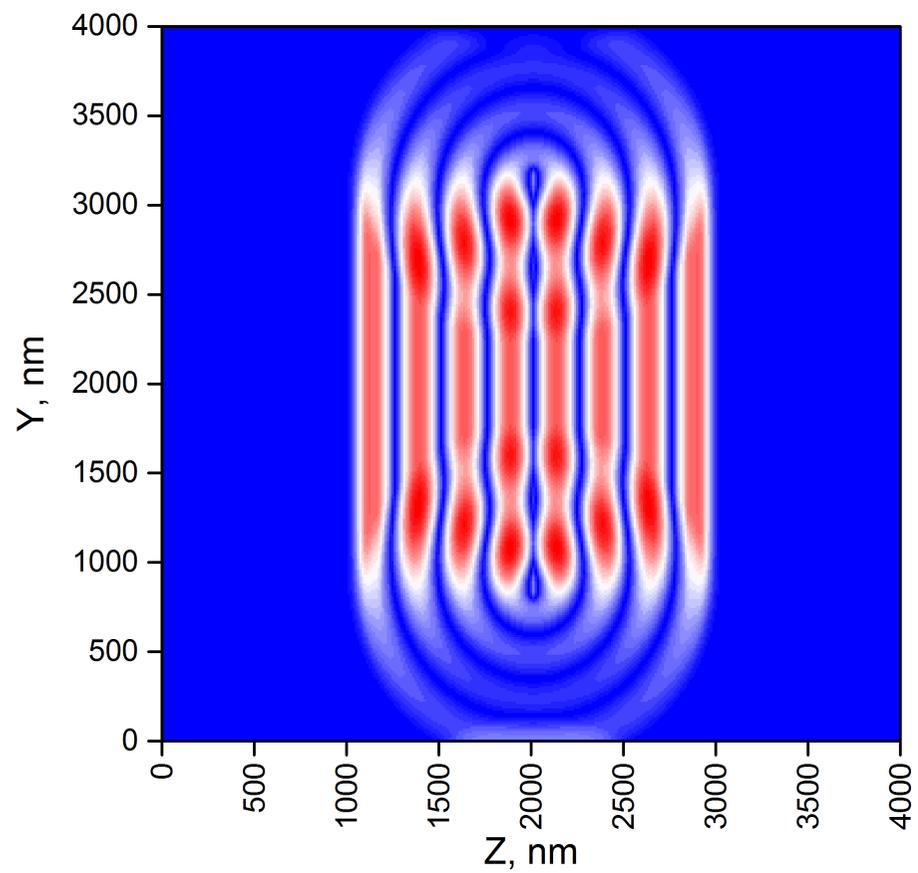
Параллелизация



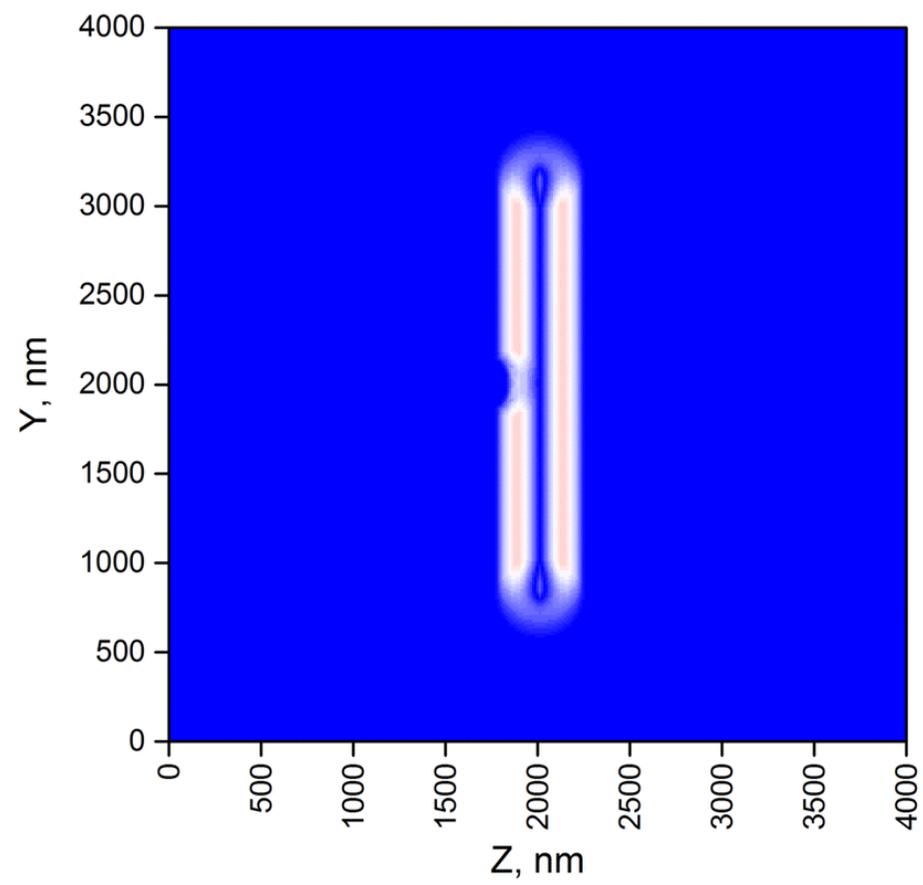
Моделирование задачи с диэлектриком

Параметры системы:

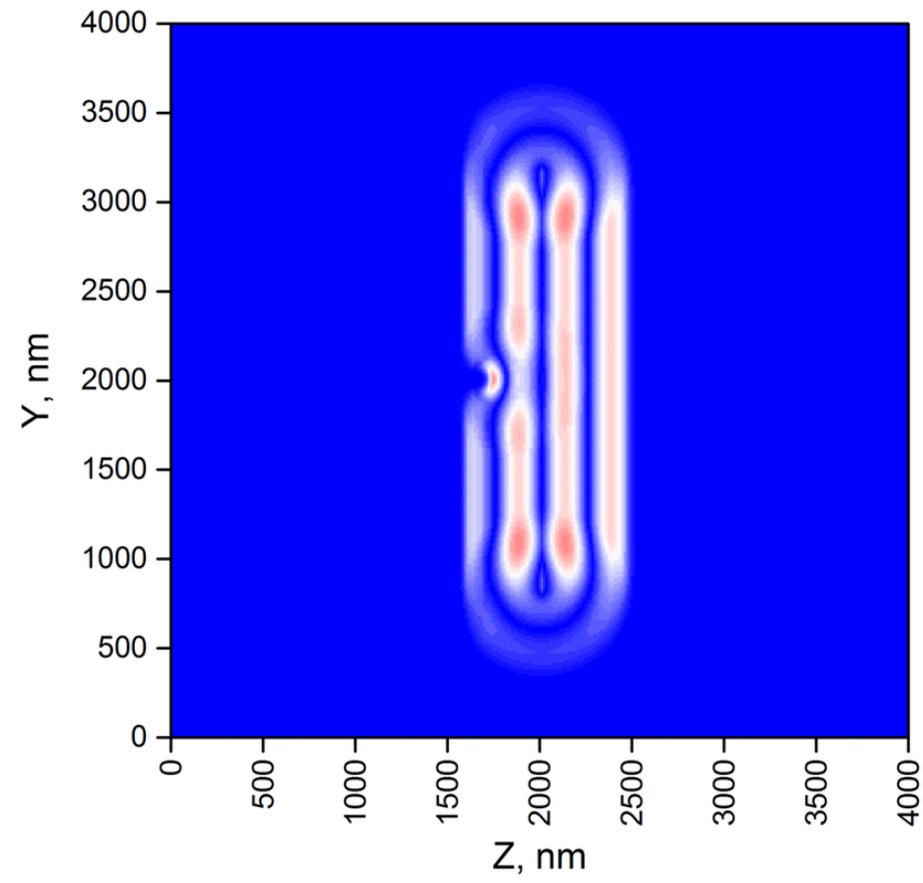
длина волны	$\lambda = 500, nm$
период колебания	$T = \lambda/c = 1.67 \cdot 10^{-15}, c$
частота колебаний	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 3.76 \cdot 10^{15}, c^{-1}$
радиус шарика	$R = \lambda/4 = 125, nm$
диэлектрическая проницаемость шарика	$\varepsilon_{sphere} = 4.0$
толщина пластины	$d = 2\lambda = 1000, nm$
диэлектрическая проницаемость пластины	$\varepsilon_{plate} = 3.0$



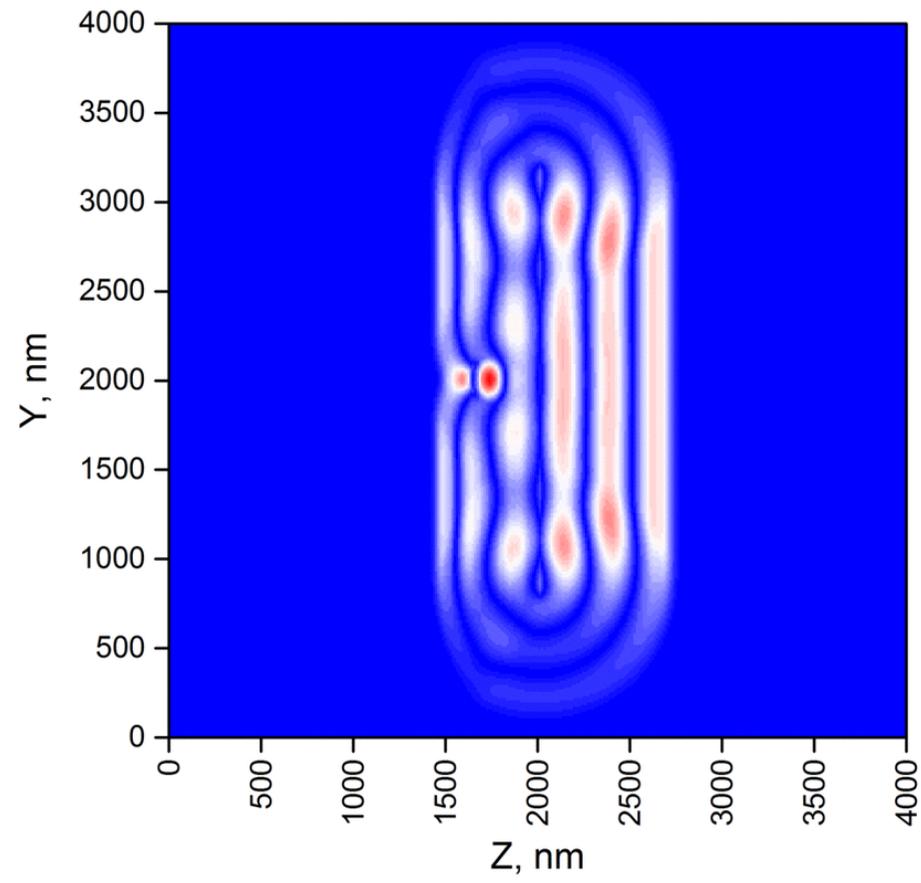
$$t = 0.5T$$



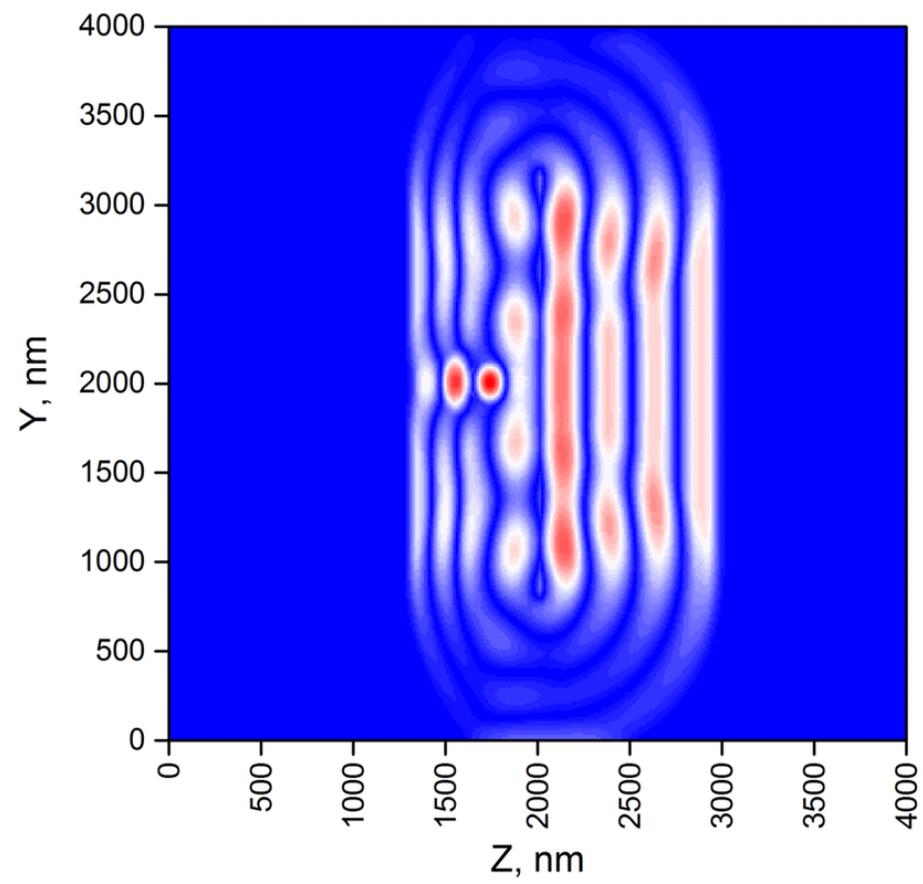
$$t = T$$



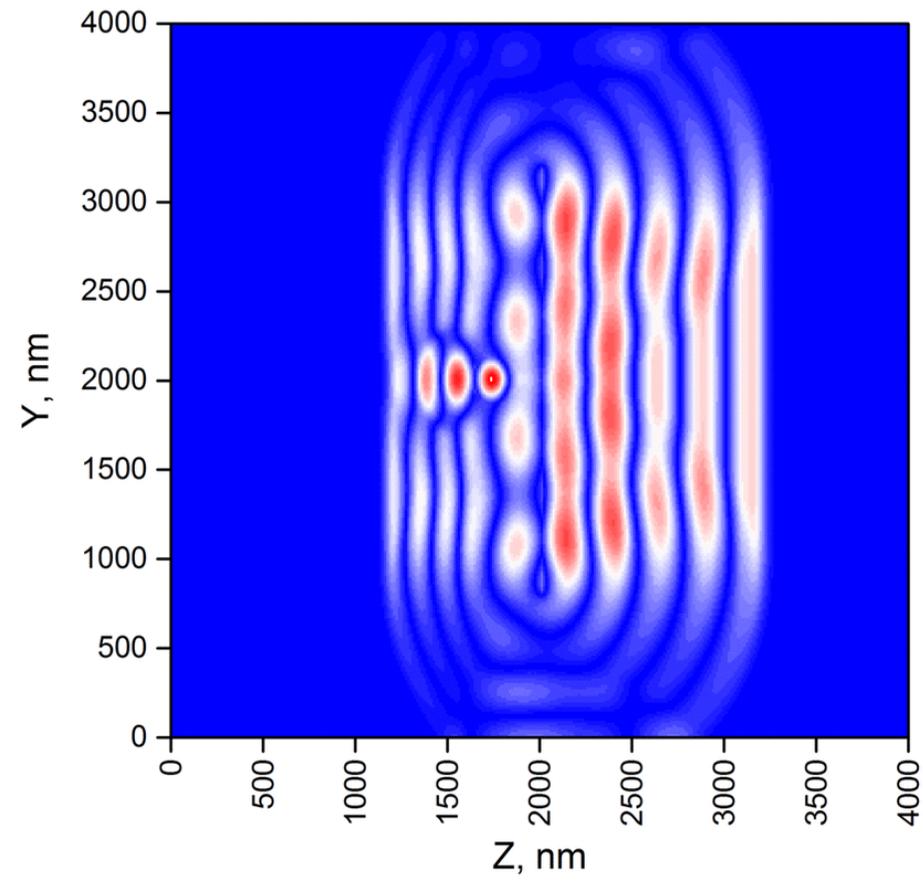
$$t = 1.5T$$



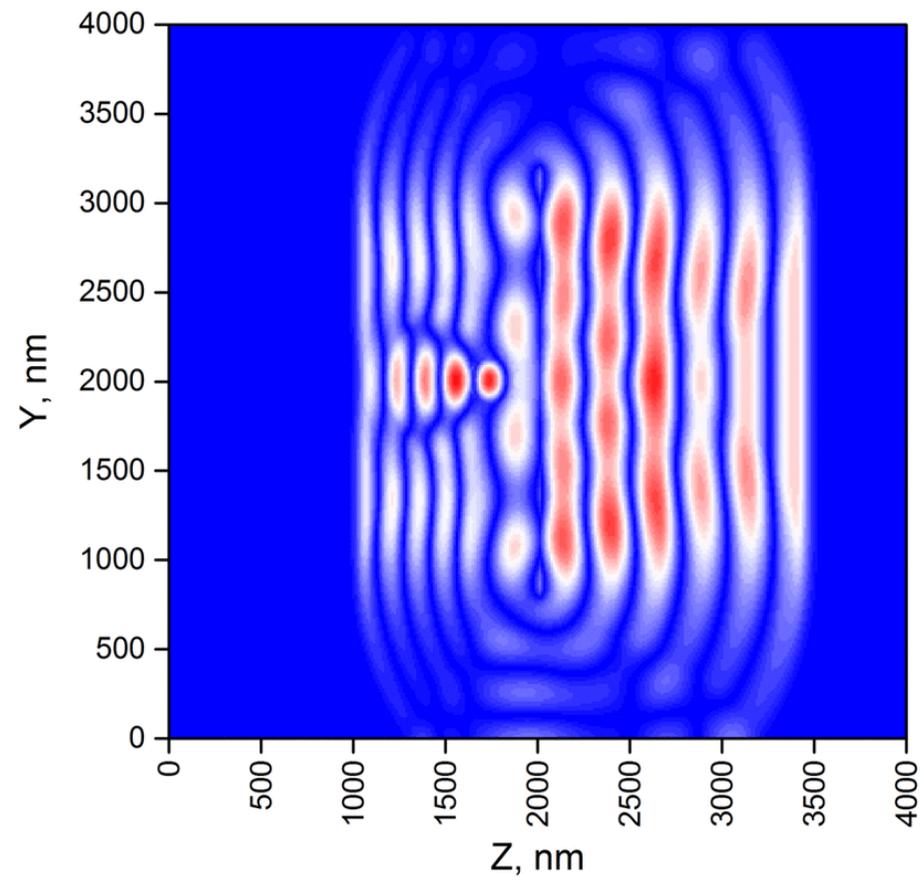
$$t = 2T$$



$$t = 2.5T$$

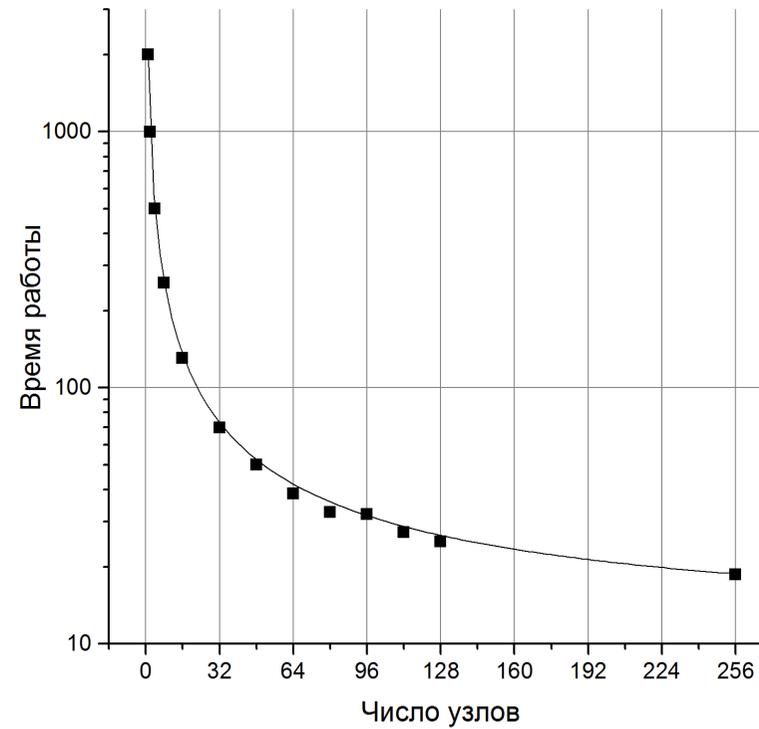
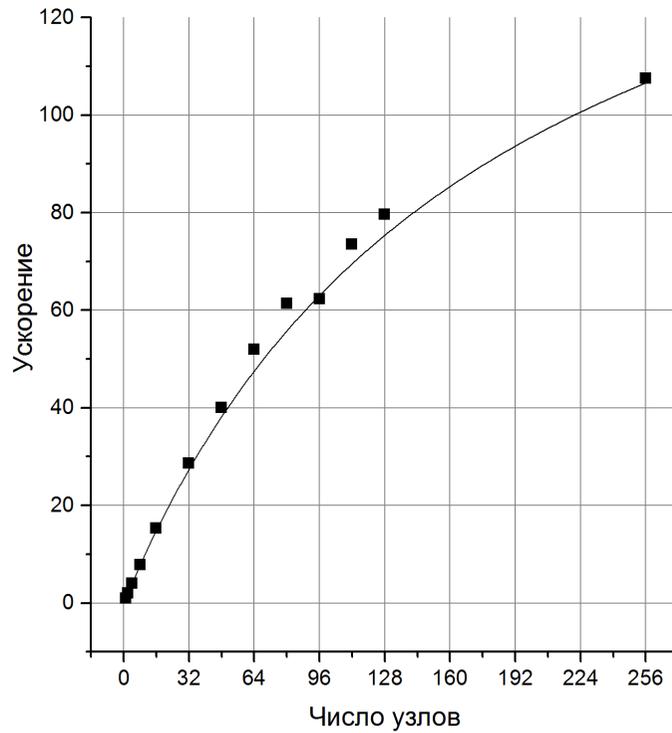


$$t = 3T$$



Эффективность параллельных вычислений

Закон Амдала: $S_p = \frac{1}{\alpha + \frac{1-\alpha}{p}}$, $1 - \alpha = 99.5\%$



Спасибо за внимание!