Курсовая работа
«Параллельное программирование»

Численное моделирование дифракции эл-маг волн методами **Finite Difference Time Domain**

Сергей Камалетдинов

215 группа

Краткий план презентации:

- Физическая постановка задачи
- Основы численного метода
- Описание программы
- Результаты

Физическая постановка задачи

Магнитное и электрическое поле в каждой точке связываются друг с другом через два вихревый ур.Максвелла:

$$\begin{cases} \mathrm{rot}\mathbf{H} = \dfrac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{j} \\ \mathrm{rot}\mathbf{E} = -\dfrac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \end{cases}$$

Вектора напряженности и индукции связываются через материальные уравнения:

$$\begin{cases} \mathbf{B} = \mu\mu_0\mathbf{H} \\ \mathbf{D} = \varepsilon\varepsilon_0\mathbf{E} \end{cases}$$

Рассматривается дифракция на диэлектриках ($\mu = 1$), форма объекта учитывается видом $\varepsilon = \varepsilon(x, y, z)$.

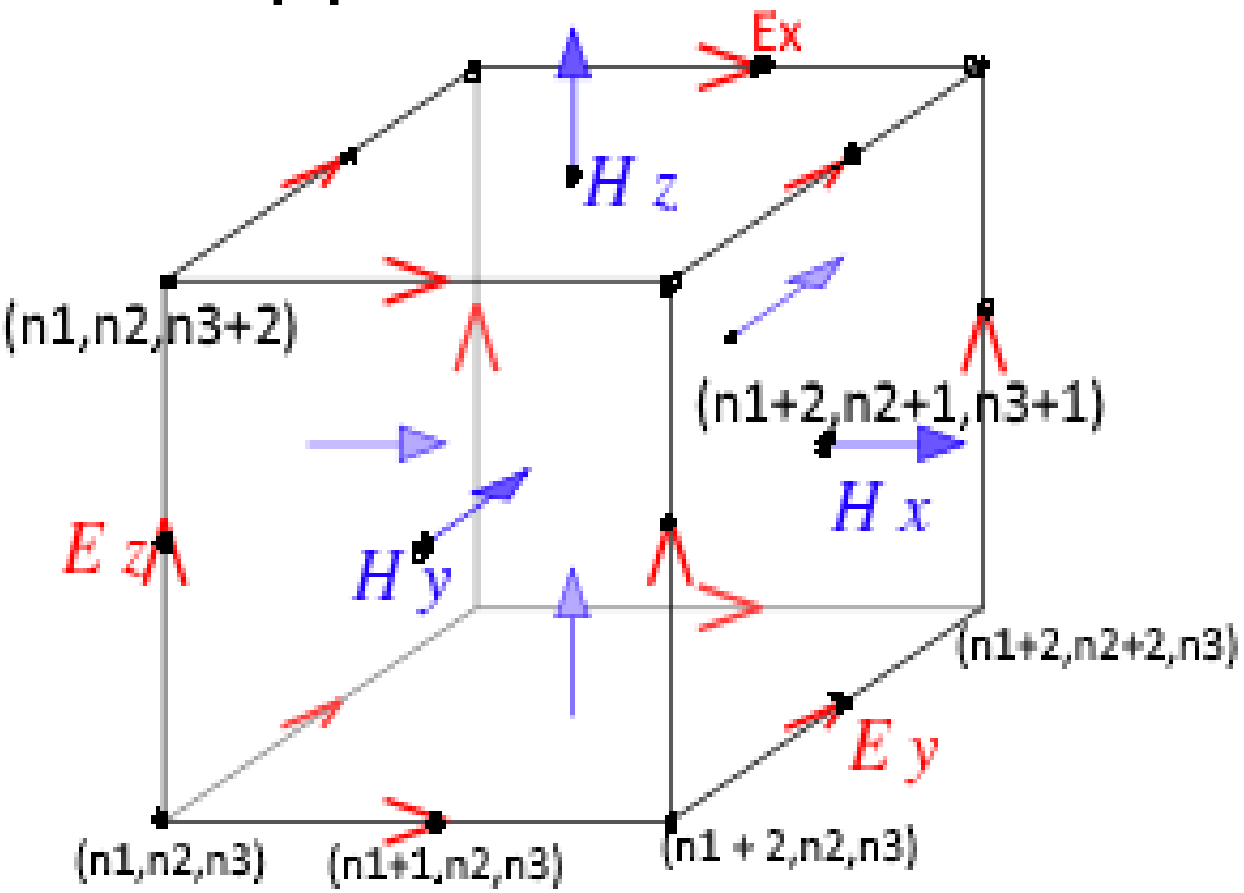
Физический результат представляет собой пространственно-временную эволюцию поля E,H

Основы численного метода

Вся область разбивается трехмерной сеткой

Компоненты полей E и H разнесены в пространстве и времени на пол шага дискретизации.

Значение поля H выражает через ротор поля E на предыдущем шаге по времени:



$$H[t+2][x+1][y+1][z+2] = H[t][x+1][y+1][z+2]$$

$$\frac{\Delta t}{\mu_0 \Delta l}(-E[t+1][x+1][y][z+2] + E[t+1][x+1][y+2][z+2]$$

$$-E[t+1][n_1+2][n_2+1][n_3+2] + E[t+1][x][y+1][z+2]$$

Условия на параметры системы

- Условие стабильности схемы: $$\boxed{\Delta t < \frac{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}}{c}}$$

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$ брались одинаковыми.

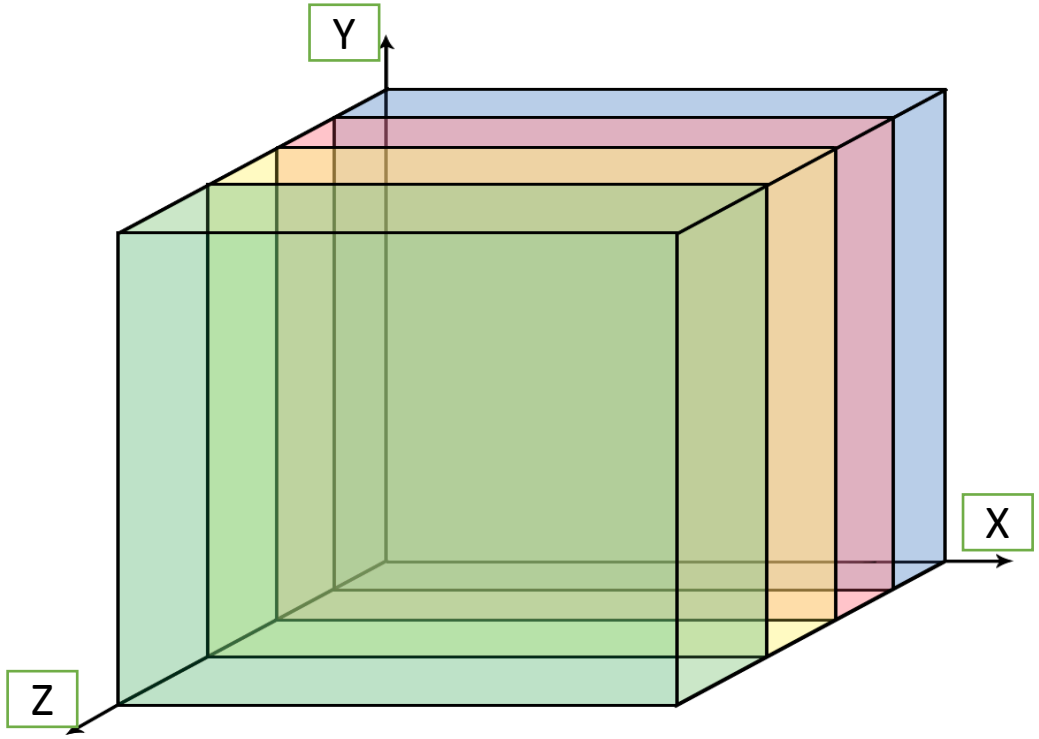
- Граничные условия: **отсутствуют**, размер области подбирался так, чтобы возмущение не успевало добраться до границы

$$\mathbf{dl = 2 * 10^{-3}\ м} \qquad \mathbf{dT = 2 * 10^{-12} c}$$

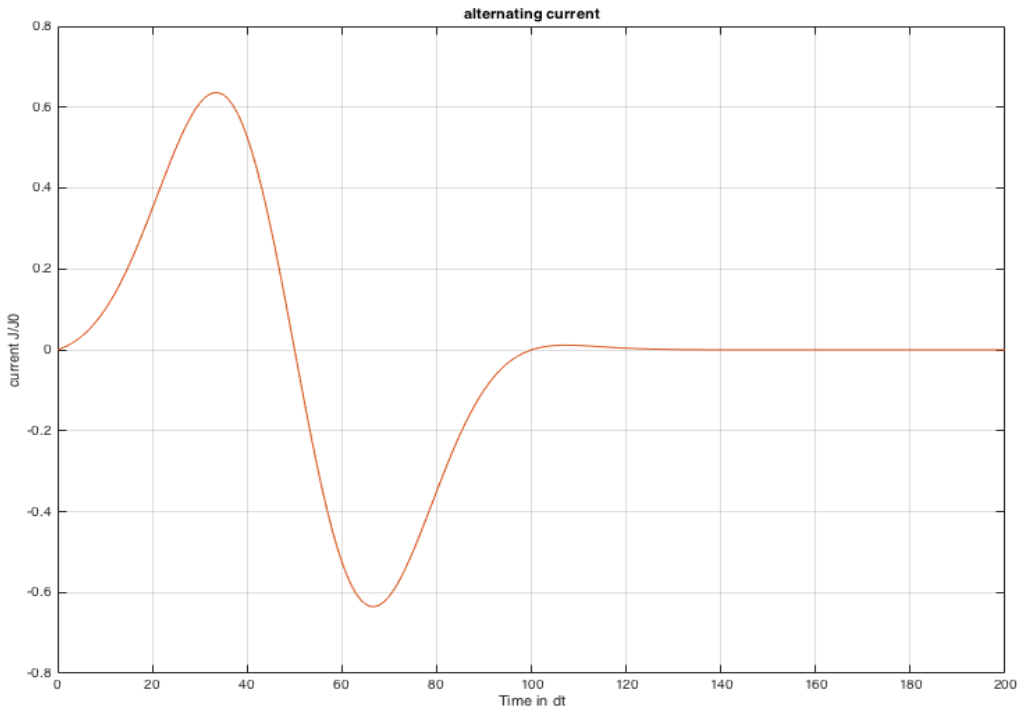
Источник поля – ток jz(t) в центре области.

Параллельный алгоритм и особенности генерации поля:

Область разбивалась на слои по оси Oz, треды обменивались данными в пограничных областях.

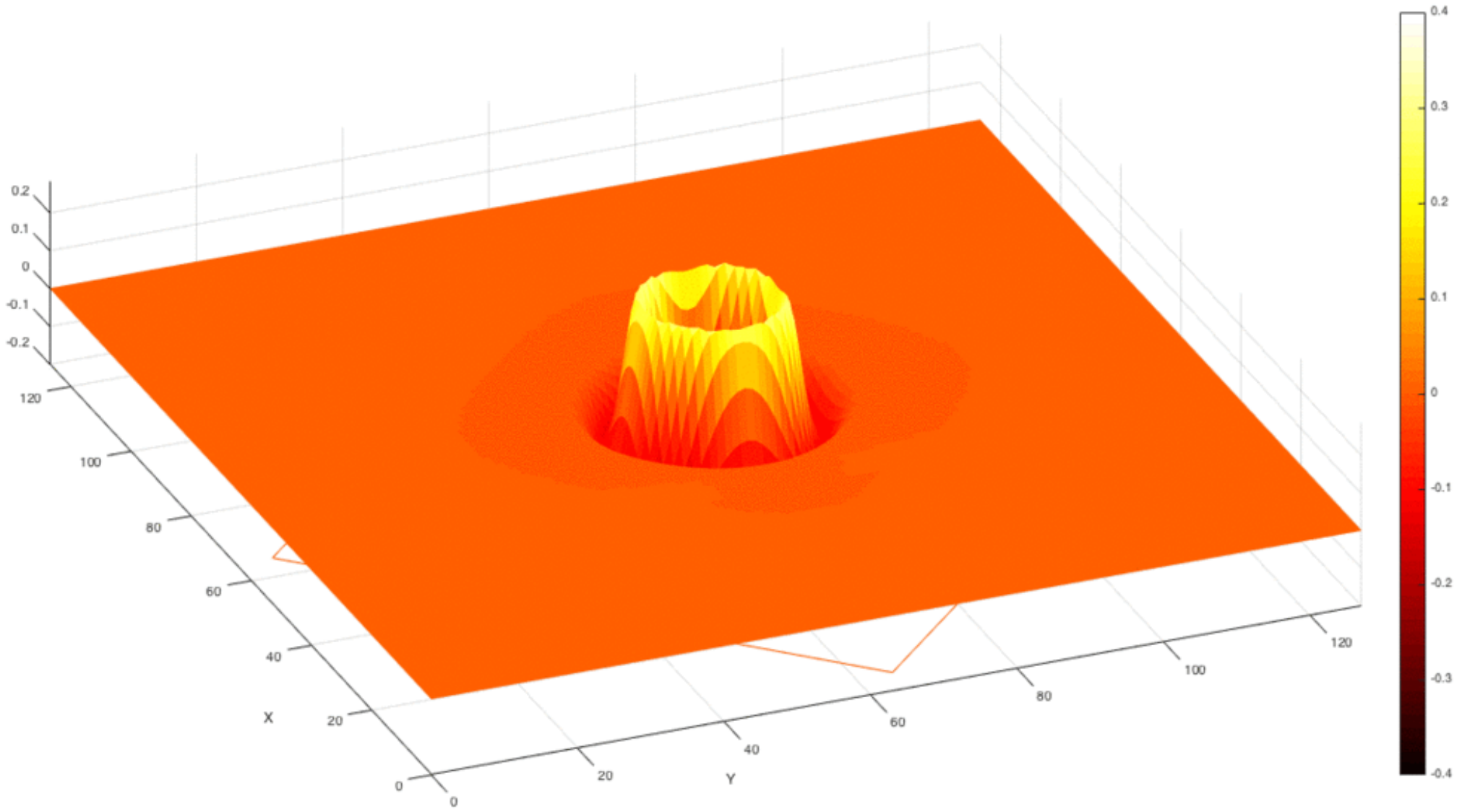


Во избежание нефизических сингулярностей, ток плавно выводился из нулевого значения

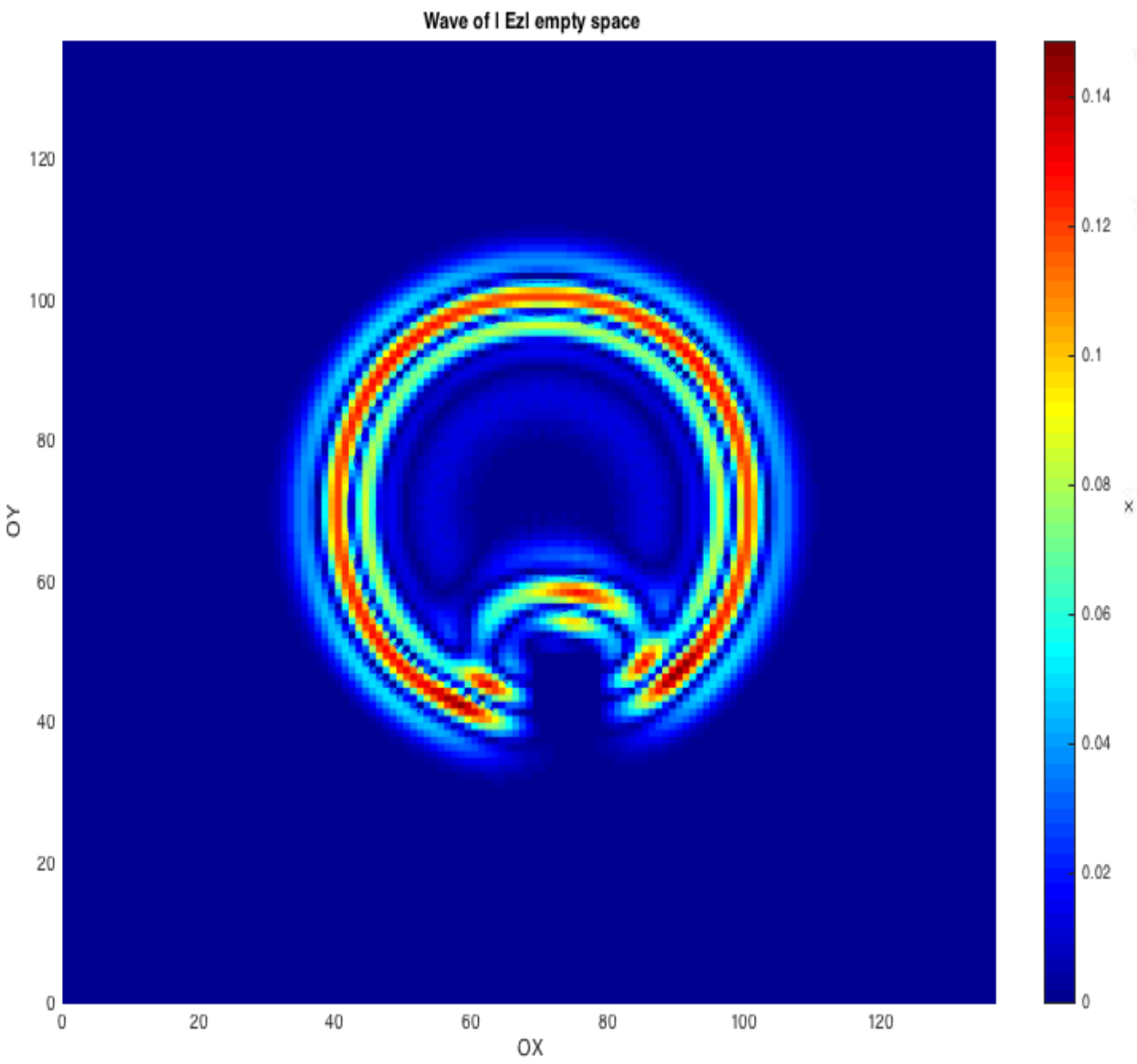


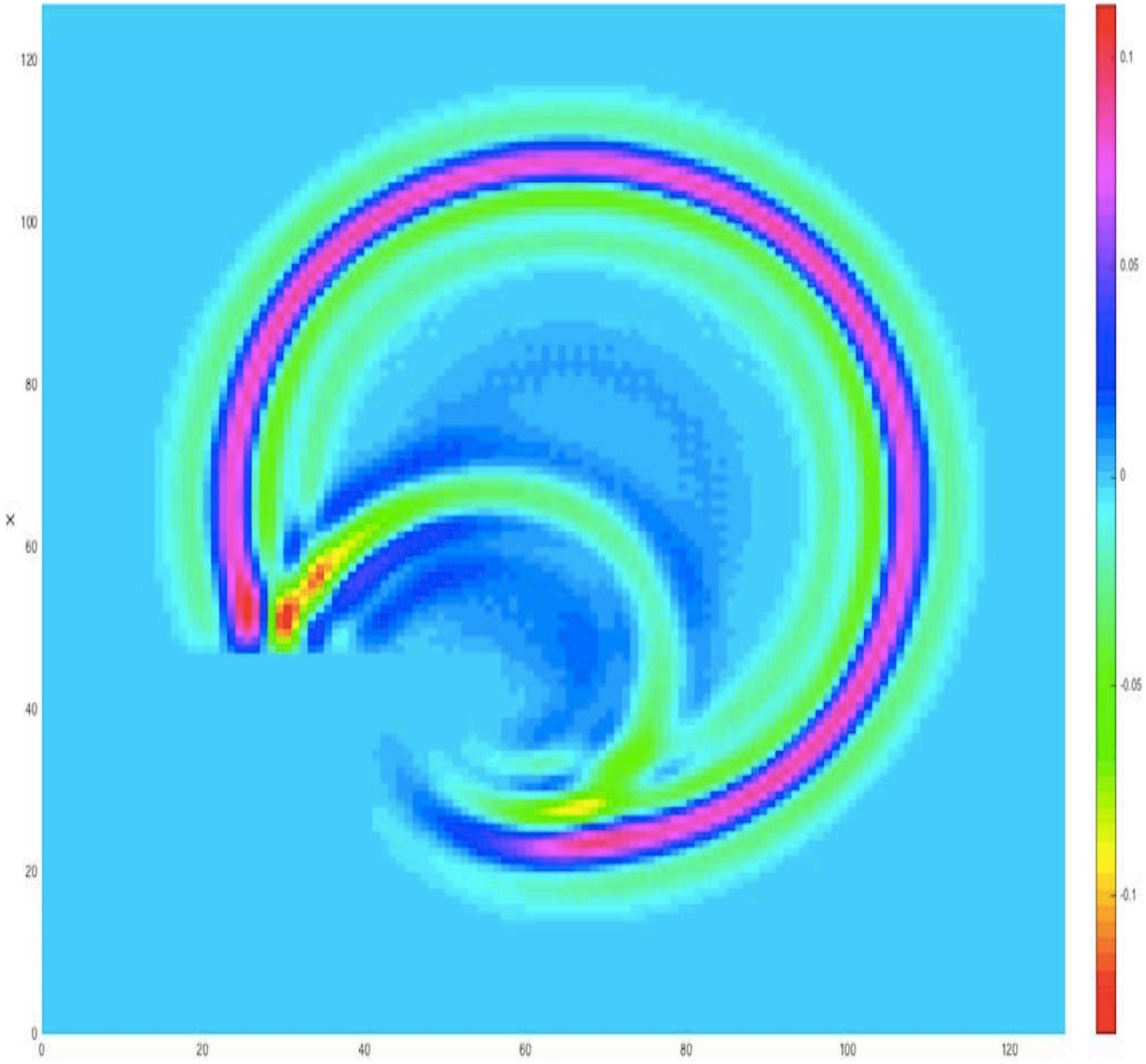
$$J_z = J_0 sin\left(2\pi\frac{t}{100}\right) exp\left(-\frac{(t-50)^2}{900}\right)$$

Результат: дифракция поля Ez на щели



Дифракция Ez на кубике и полуплоскости





Распределение |Ez| в плоскости z = N/2

Результат распараллеливания:

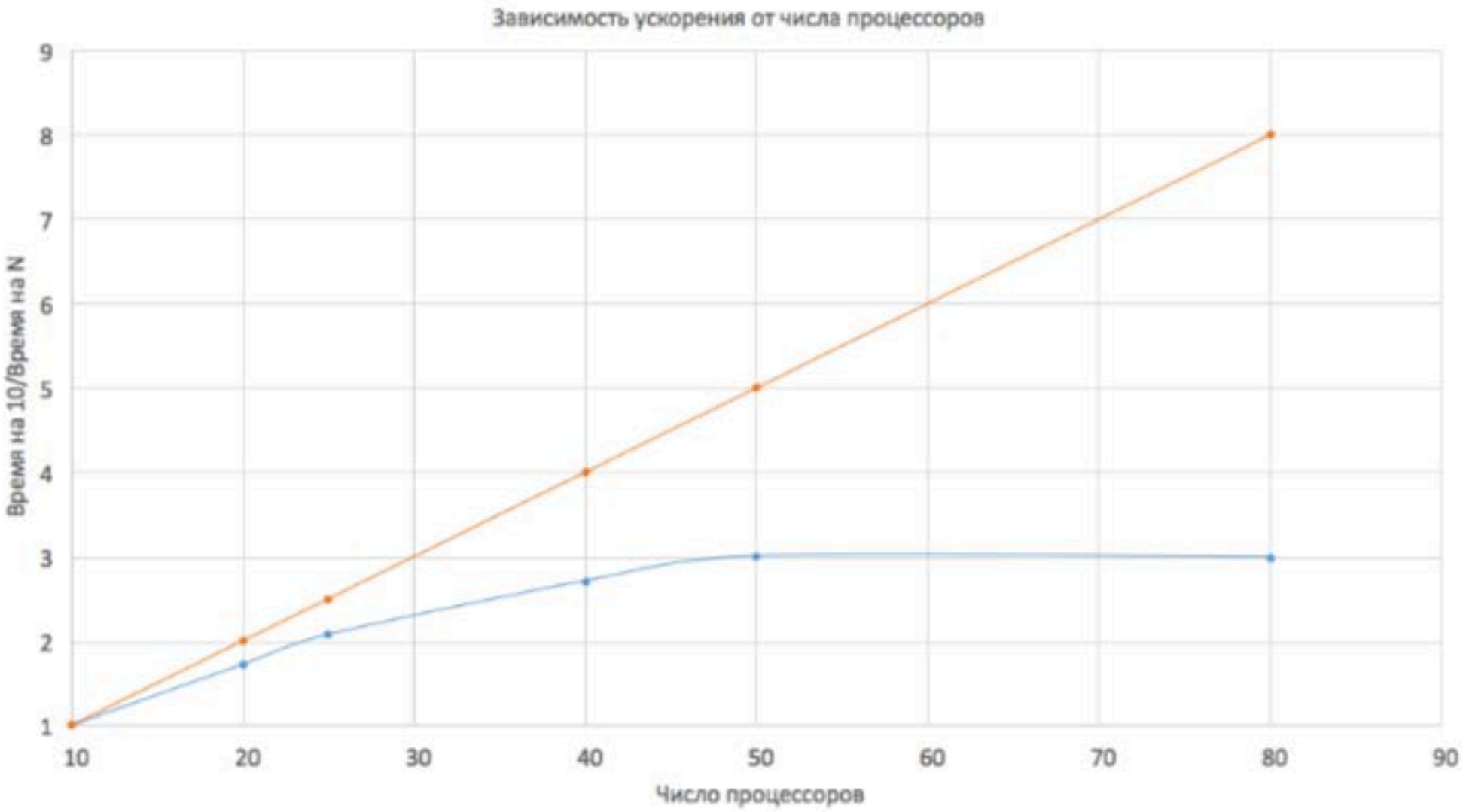


Рис. 2: Ускорение относительно 10 процессоров, время выполнения последовательной программы > 60 мин, время на 50 процессорах 29 секунд

Выводы

- Освоен метод FDTD решения уравнений Максвелла
- Смоделирована дифракция эл-маг волн на ряде объектов
- Полученный результат проверен на физическую осмысленность
- Придуман и реализован параллельный алгоритм
- Измерено ускорение