Исследование одномерной схемы Йе на устойчивость

Гимназия №1562, МГУ им. М.В Ломоносова

Автор

Андрониченко Даниил Артёмович

Научные руководители

Домбровская Жанна Олеговна, аспирант физического факультета МГУ
Белов Александр Александрович, аспирант физического факультета МГУ
Мангура Полина Александровна, студент физического факультета МГУ
Хворостова Марина Вадимовна, учитель математики Гимназии №1562

14 апреля 2017 года

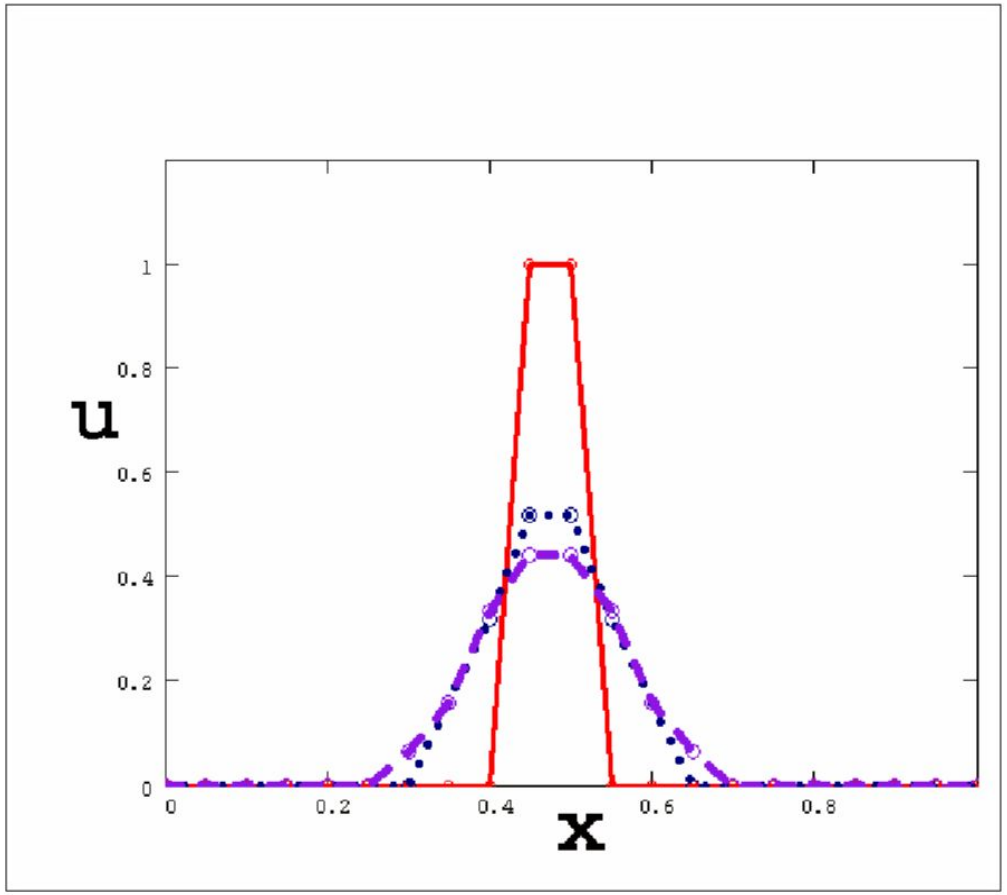
Проблемный вопрос

При произведении расчетов на разностных схемах, важен показатель устойчивости схемы, так-как при отсутствии устойчивости схемы, расчет не будет сводится к решению разностного уравнения, будет накапливаться большая ошибка в измерениях.

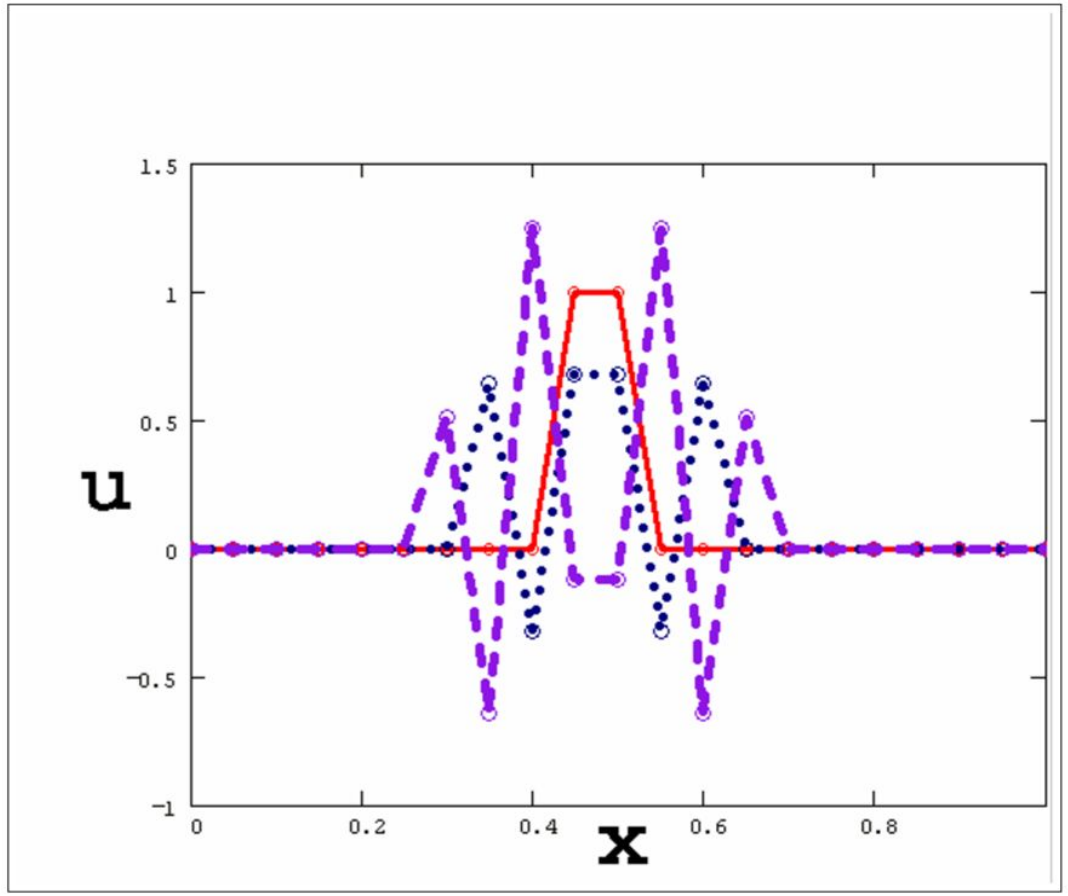
Метод FDTD(Конечных разностей во временной области) основывается на разностной схеме Йе, устойчивость которой обеспечивается за счёт выполнения условия (условия Куранта), для этого необходимо, чтобы множитель в его условии был меньше или равен единице.

В моей работе, передо мной стоит задача доказать путем численных экспериментов, влияние множителя на распространение электромагнитной волны в пространстве.

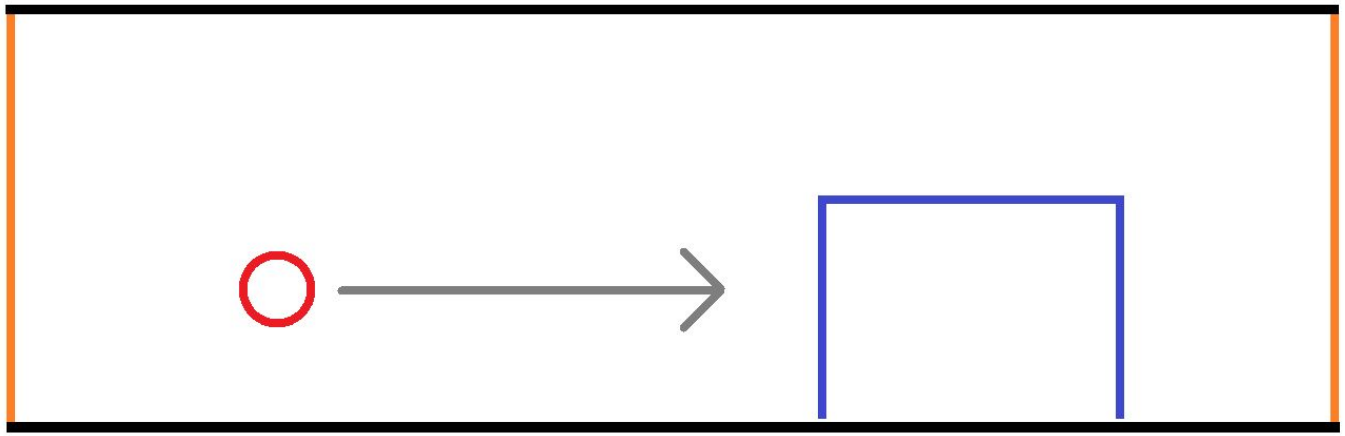
Понятие устойчивости. Условие Куранта



$$\tau \leq \frac{h}{c_0}$$



Метод конечной разности во временной области



– PML

– материальный оъект

– источник

– волна

$$\frac{\partial E_x}{\partial t} = -\frac{1}{\varepsilon_0} * \frac{\partial H_y}{\partial z}$$

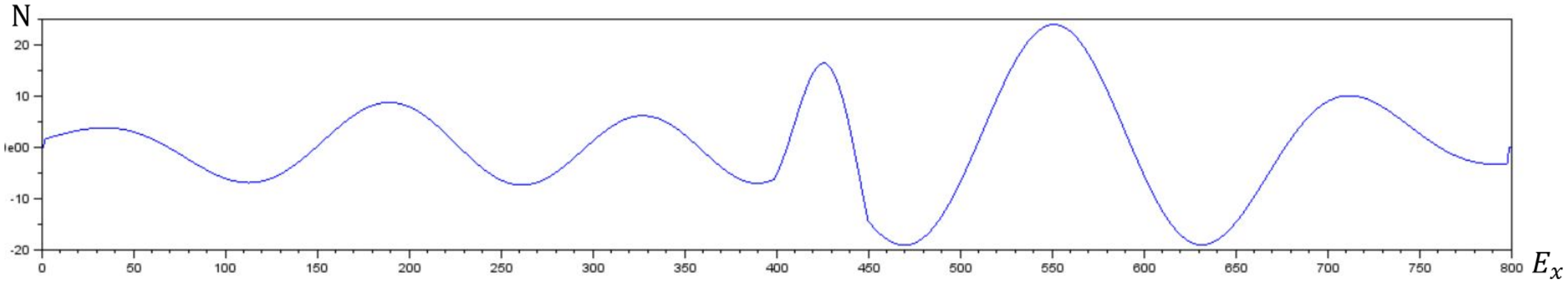
$$\frac{\partial H_y}{\partial t} = -\frac{1}{\mu_0} * \frac{\partial E_x}{\partial z}$$

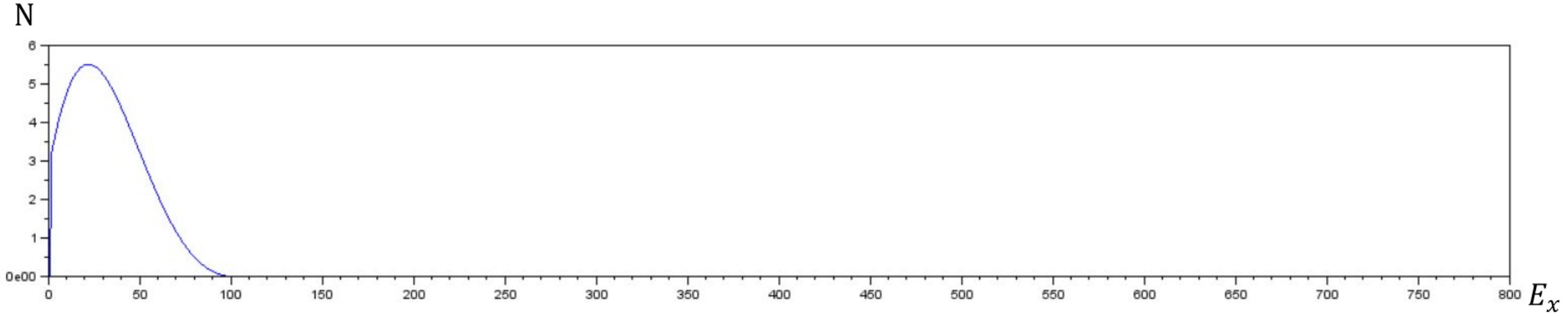
Цель

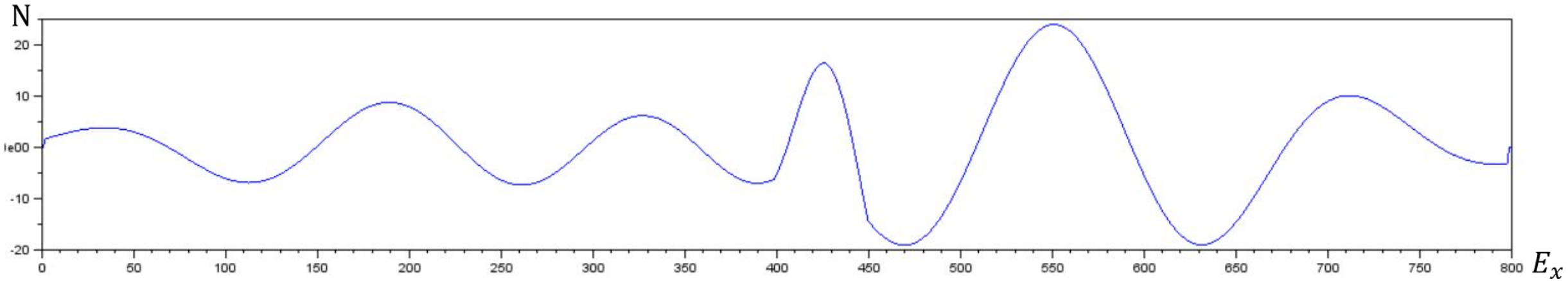
Провести численное исследование устойчивости одномерной схемы Йе

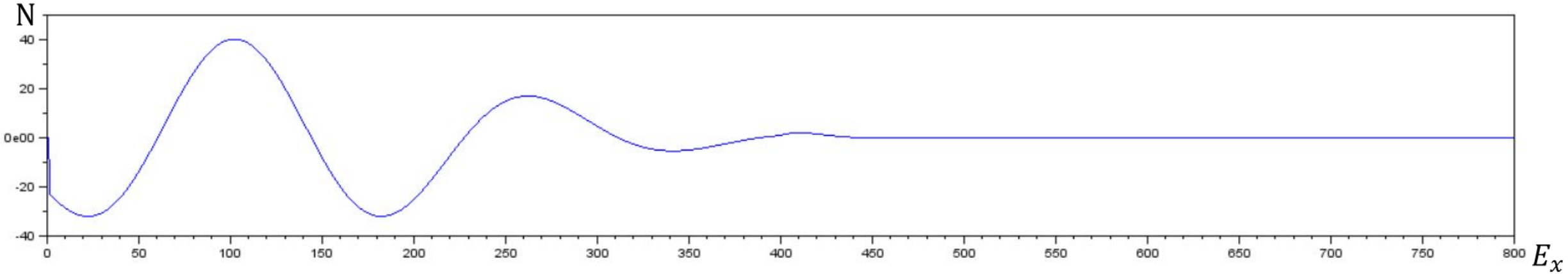
Содержание проекта

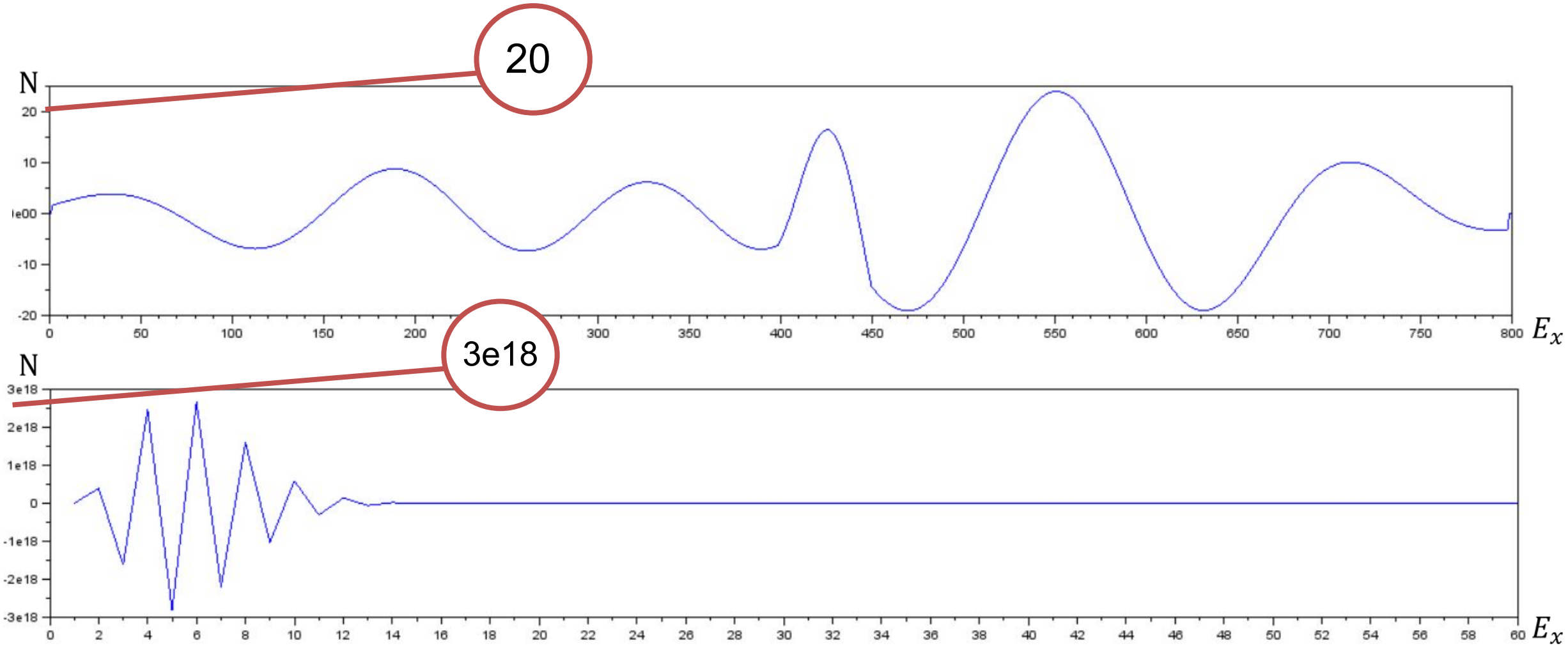
1. Математическая постановка задачи о распространении электромагнитного импульса в свободном пространстве
2. Применение метода конечной разности во временной области (FDTD)
3. Численные эксперименты с разными множителями в условии Куранта
4. Результаты и их обсуждения


N
20
10
1e00
-10
-20
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
E_x


N
6
5
4
3
2
1
0e00
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
E_x


N
20
10
1e00
-10
-20
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
E_x


N
40
20
0e00
-20
-40
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
E_x


20
N
20
10
1e00
-10
-20
0
50
100
150
200
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
E_x
3e18
N
3e18
2e18
1e18
0
-1e18
-2e18
-3e18
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40
42
44
46
48
50
52
54
56
58
60
E_x

Вывод

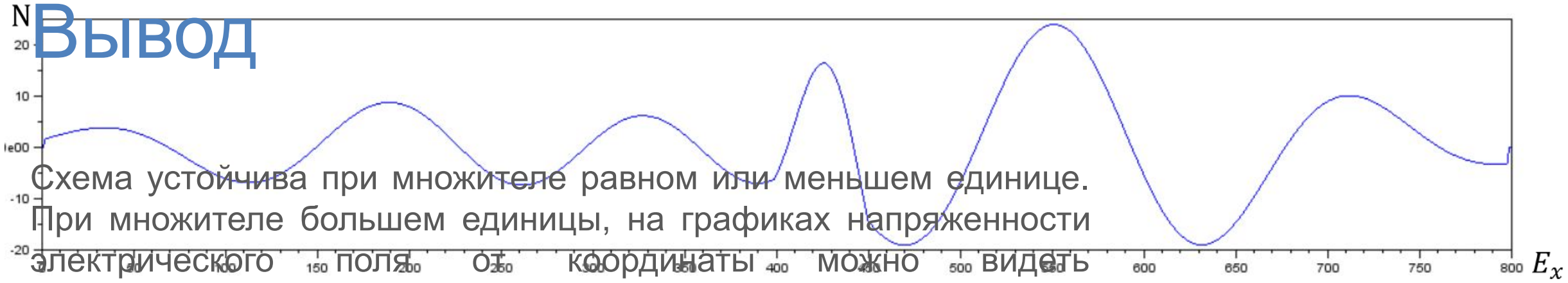
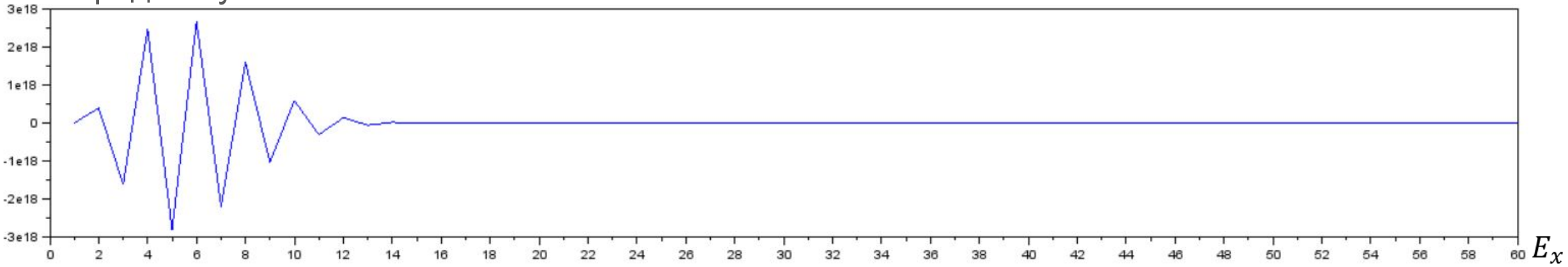


Схема устойчива при множителе равном или меньшем единице. При множителе большем единицы, на графиках напряженности электрического поля от координаты можно видеть непредсказуемые колебания



Итоги работы

- Изучилось влияние множителя, входящего в условие Куранта, на устойчивость разностной схемы
- Были изучены свойства разностной схемы
- Был реализован метод конечных разностей во временной области
- Была изучена научная литература
- Были проведены расчеты
- Были построены графики
- Были численно решены уравнения Максвелла

Спасибо за внимание!

Список литературы

- Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Е. А. Рудченко
- Electromagnetic simulation using the FDTD method / Dennis M. Sullivan.
- L*Максвелл Дж. К.* Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. — М.: ГИТТЛ, 1952. — 687 с. — 4000 экз.
- *Баранов А. М., Овчинников С. Г., Золотов О. А., Паклин Н. Н., Титов Л. С.* Теоретическая физика: Электродинамика. Электродинамика сплошных сред. Учебное пособие по курсу «Электродинамика и основы электродинамики сплошных сред». — Красноярск: СФУ, 2008. — 198 с.
- *Шапиро И. С.* К истории открытия уравнений Максвелла // УФН. — 1972. — Т. 108, № 2. — С. 319-333.
- *Баскаков С. И.* Основы электродинамики. — М.: Советское радио, 1973. — 248 с.