**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**"Уфимский университет науки и технологий"**

**Кафедра** Высокопроизводительных вычислительных технологий и систем

**Дисциплина:** Математическое моделирование

**Отчет по лабораторной работе № 3**

**Тема:** «Моделирование распространения электромагнитных волн в плоском волноводе»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Группа ПМ-453 | Фамилия И.О. | Подпись | Дата | Оценка |
| Студент | Миянов М.Р. |  |  |  |
| Принял | Лукащук В.О. |  |  |  |

**Уфа 2023**

**Цель работы:** получить навык моделирования распространения электромагнитных волн в неоднородных волноводах на основе решения краевой задачи для уравнения Гельмгольца.

**Задание на лабораторную работу**

Рассматривается задача распространения электромагнитной волны в плоском волноводе.

В случае полуограниченного однородного канала постоянного сечения математическая модель имеет вид краевой задачи для уравнений Гельмгольца. Рассматриваются граничные условия первого рода. Модельная задача имеет следующий вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.1) |

где - потенциал электромагнитного поля, - волновое число.

В случае, когда канал имеет поперечную неоднородность свойств, уравнение модифицируется:

где функция описывает вид неоднородности. В данной работе будут рассматриваться каналы со слабой неоднородностью, то есть каналы, для которых справедливо представление , где – малый параметр. Численное моделирование канала неограниченной длины не представляется возможным, поэтому рассматривается канал некоторой конечной длины .

Таким образом, решаемая в лабораторной работе краевая задача имеет вид

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.2) |

Функция задается в виде -функции:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.3) |

Для модели (1.2), (1.3) в работе необходимо выполнить следующие действия:

1. разработать конечно-разностную схему численного решения задачи (1.2), (1.3) при условии, что функция аппроксимируется тригонометрическим рядом:
2. реализовать разработанную схему в виде вычислительной программы;
3. для заданной в соответствии с номером индивидуального задания функции провести серию вычислительных экспериментов, направленных на исследование влияния на решение следующих параметров задачи:

Вариант № 6:

Для решения поставленной задачи была разработана конечно-разностная схема:

где

**Выполнение работы**

**Вычислительные эксперименты.**

Были зафиксированы следующие значения:

В качестве варьируемого параметра выступает Параметр задает степень приближения функции. Чем выше значение параметра, тем точнее получается приближение, так как больше количество членов тригонометрического ряда.

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Рис.1 Результаты экспериментов при N = 100, 1000, 5000 и 10000 (слева направо, сверху вниз)

В качестве варьируемого параметра выступает Параметр – это ограничение оси Х, при варьировании которого изменяется масштаб отображения волны.

Были зафиксированы следующие значения:

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Рис.2 Результаты экспериментов при L = 5, 10, 15 (слева направо, сверху вниз)

В качестве варьируемого параметра выступает Параметр отвечает за частоту колебаний, соответственно, чем выше значение этого параметра, тем большее количество колебаний наблюдается в результате. Также от параметра зависит изменение амплитуды, так как меняется количество волн и наложений их друг на друга при увеличении значения параметра.

Были зафиксированы следующие значения:

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

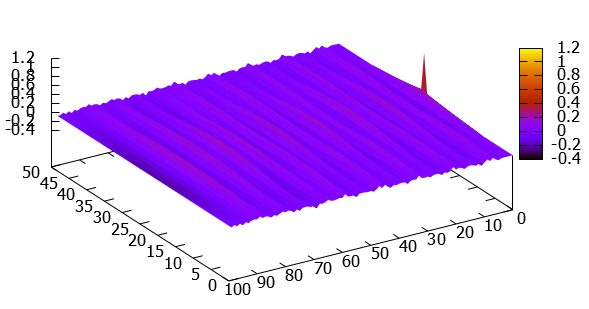


Рис.3 Результаты экспериментов при k = 1, 5, 10 (слева направо, сверху вниз)

В качестве варьируемого параметра выступает Параметр отвечает за смещение источника распространения волн относительно нормали к оси .

Были зафиксированы следующие значения:

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Рис.4 Результаты экспериментов при = 0.1, 0.5, 0.8 (слева направо, сверху вниз)

В качестве варьируемого параметра выступает Параметр отвечает за распространение возмущений по волноводу от левой границы до правой.

Были зафиксированы следующие значения:

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как текст, визитная карточка

Автоматически созданное описание

Рис.5 Результаты экспериментов при = , (слева направо, сверху вниз)

**Вывод:** в ходе выполнения лабораторной работы было смоделировано распространение электромагнитных волн в неоднородном волноводе на основе решения краевой задачи для уравнения Гельмгольца.

Был проведён анализ влияния параметров Был сделан вывод, что при изменении значения ограничения оси Х (параметра изменяется масштаб отображения волны, при изменении значения частоты колебаний (параметра ) – количество волн в указанном эксперименте, при изменении значения местоположения импульса (параметра ) – смещается источник распространения волн относительно нормали, параметр отвечает за распространение возмущений по волноводу от левой границы до правой, параметр задает степень приближения функции и увеличение сглаживает колебания.