

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(СибГУТИ)  
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ)



## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### Б1.О.02 Математические основы научных исследований


Направление подготовки / специальность: **09.04.01 «Информатика и  
вычислительная техника»**

Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия программного  
обеспечения и информационных систем**

Форма обучения: **очная**

Год набора: 2023

Разработчик (-и):  
д.ф.-м.н. профессор

  
\_\_\_\_\_ / Г.И. Пилипенко /  
подпись /

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании высшей математики и физики  
(ВМиФ)

Протокол от 25.05.2023 г. № 9

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / В.Т. Куанышев /  
подпись

Екатеринбург, 2023

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(СибГУТИ)  
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ  
директор УрТИСИ СибГУТИ  
\_\_\_\_\_ Минина Е.А.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### **Б1.О.02 Математическое основы научных исследований**

Направление подготовки / специальность: **09.04.01 «Информатика и  
вычислительная техника»**

Направленность (профиль) / специализация: **Научные исследования в области  
информатики и вычислительной техники**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2023

Разработчик (-и):  
доцент

\_\_\_\_\_ /Г.И. Пилипенко/  
подпись  
\_\_\_\_\_/ /  
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании высшей математики и физики  
(ВМиФ)

Протокол от 25.05.2023 г. № 9

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /В.Т. Куанышев/  
подпись

Екатеринбург, 2023

## 1. Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Этап	Предшествующие этапы (с указанием дисциплин)
УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	Знает основные понятия дисциплины; основы алгоритмизации, основные методы математического моделирования и методы решения задач оптимизации, основы программирования на языках высокого уровня, основы современных технологий программирования Умеет разрабатывать алгоритмы и реализующие их программы на основе современных технологий программирования (объектно-ориентированное программирование, визуальные среды программирования, математические пакеты) Владеет основными методами работы на компьютере с использованием универсальных прикладных программ, навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных	1	
ОПК-3 Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями	Знает основы математики, физики и принципы их применения в профессиональной деятельности Умеет применять знания математики и физики для решения профессиональных задач смежных профессий Владеет принципами поиска и анализа профессиональной информации для структурирования, оформления и представления в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями	1	
ОПК-4 Способен применять на	Знает методы математического		

<p>практике новые научные принципы и методы исследований</p>	<p>моделирования, его элементы, их характеристики и взаимосвязи; классификацию типов моделей, их назначения и характеристики.          Умеет создавать модели объектов и физических процессов, формировать их дискретизацию.          Владеет навыками применения метода конечных разностей, анализа и проверки моделей объектов и процессов с реализацией их в инструментальных программных пакетах моделирования</p>	<p>1</p>	
--	--	----------	--

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет (1 семестр).

## 2. Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

2.1 Показателем оценивания компетенций на этапе их формирования при изучении дисциплины является уровень их освоения.

Индикатор освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
<p>УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий</p>	<p>Знать: основные понятия дисциплины; основы алгоритмизации, основные методы математического моделирования и методы решения задач оптимизации, основы программирования на языках высокого уровня, основы современных технологий программирования</p>	<p>Знает основные понятия дисциплины; основы алгоритмизации, основные методы математического моделирования и методы решения задач оптимизации, основы программирования на языках высокого уровня, основы современных технологий программирования</p>
	<p>Уметь: разрабатывать алгоритмы и реализующие их программы на основе современных технологий программирования (объектно-ориентированное программирование, визуальные среды программирования, математические пакеты)</p>	<p>Умеет разрабатывать алгоритмы и реализующие их программы на основе современных технологий программирования (объектно-ориентированное программирование, визуальные среды программирования, математические пакеты)</p>

	Владеть: основными методами работы на компьютере с использованием универсальных прикладных программ, навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных	Владеет основными методами работы на компьютере с использованием универсальных прикладных программ, навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных
ОПК-3 Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями	Знать: основы математики, физики и принципы их применения в профессиональной деятельности.	Знает основы математики, физики и принципы их применения в профессиональной деятельности.
	Уметь: применять знания математики и физики для решения профессиональных задач смежных профессий	Умеет применять знания математики и физики для решения профессиональных задач смежных профессий
	Владеть: принципами поиска и анализа профессиональной информации для структурирования, оформления и представления в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями	Владеет принципами поиска и анализа профессиональной информации для структурирования, оформления и представления в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями
ОПК-4 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований	Знать: методы математического моделирования, его элементы, их характеристики и взаимосвязи; классификацию типов моделей, их назначения и характеристики.	Знает методы математического моделирования, его элементы, их характеристики и взаимосвязи; классификацию типов моделей, их назначения и характеристики.
	Уметь: создавать модели объектов и физических процессов, формировать их дискретизацию.	Умеет создавать модели объектов и физических процессов, формировать их дискретизацию.
	Владеть: навыками применения метода конечных разностей, анализа и проверки моделей объектов и	Владеет навыками применения метода конечных разностей, анализа и проверки моделей объектов и процессов с реализацией их в инструментальных программных

	процессов с реализацией их в инструментальных программных пакетах моделирования	пакетах моделирования
--	---	-----------------------

### Шкала оценивания

#### Зачет

	Критерии оценки
Зачет	1. Самостоятельно и правильно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. Уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагает свой ответ. Может ответить на дополнительные вопросы. 2. Самостоятельно и правильно решил задачу экзаменационного билета. Уверенно и логично объясняет ход решения, обосновывая его определениями и правилами дисциплины
Незачет	1. Самостоятельно не ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. 2. Самостоятельно не решил задачу экзаменационного билета

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Процесс оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлен в таблице по формам обучения:

#### 3.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы и методы текущего контроля

Тема и/или раздел	Формы/методы текущего контроля успеваемости
<b>УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b> Знает основные понятия дисциплины; основы алгоритмизации, основные методы математического моделирования и методы решения задач оптимизации, основы программирования на языках высокого уровня, основы современных технологий программирования. Умеет разрабатывать алгоритмы и реализующие их программы на основе современных технологий программирования (объектно-ориентированное программирование, визуальные среды программирования, математические пакеты). Владеет основными методами работы на компьютере с использованием универсальных прикладных программ, навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных	
Раздел I Введение Цели и задачи курса. Сущность метода математического моделирования. Математическое моделирование как методология решения прикладных задач на ЭВМ. Применение математического моделирования при исследовании, проектировании и управлении	зачет

<p>Раздел II Основные принципы математического моделирования</p> <p>2.1. Определение математической модели. Типы математических моделей, Требования к математическим моделям: адекватность, универсальность, экономичность. Методы получения математических моделей: теоретический подход, экспериментальный подход.</p> <p>2.2. Уравнения математической физики - математические модели физических процессов в сплошных средах. Происхождение и физические свойства уравнений матфизики: понятие сплошной среды и непрерывных полей, законы сохранения для сплошных сред. Получение уравнений матфизики из фундаментальных законов сохранения, описывающих различные физические системы: получение уравнения диффузии из закона сохранения энергии, получение уравнения непрерывности из закона сохранения электрического заряда, получение уравнения Фарадея из закона сохранения магнитного потока</p>	<p>зачет</p>
<p>Раздел 3 Численное решение уравнений математической модели</p> <p>3.1. Дискретная математическая модель. Дискретное представление непрерывной переменной и непрерывной функции: сетки, сеточные функции.</p> <p>3.2. Аппроксимация дифференциальных операторов для пространственных переменных.</p> <p>3.3. Общая схема интегрирования в задачах с начальными условиями. Общая постановка задач с начальными условиями. Требования к разностному решению задач с начальными условиями: согласованность разностной аппроксимации, точность разностной аппроксимации, устойчивость разностной схемы, эффективность разностной схемы.</p> <p>3.4. Общая схема интегрирования в задачах с краевыми условиями. Общая постановка краевых задач. Требования к разностному решению краевых задач.</p> <p>3.5. Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера первого порядка. Метод с перешагиванием. Явный двухшаговый метод. Неявный метод второго порядка. Метод Рунге-Кутты.</p> <p>3.6. Численное интегрирование уравнений в частных производных. Схемы интегрирования для разных типов уравнений в частных производных: уравнение диффузии: явная схема интегрирования, точность, устойчивость, эффективность; неявный метод Кранка-Николсона, устойчивость, точность; уравнение переноса: явная схема интегрирования первого порядка точности, устойчивость; схема Лакса, причина ее устойчивости</p>	<p>Практическая работа зачет</p>

<p>Раздел 4 Численные методы матричной алгебры</p> <p>4.1. Матрицы, появляющиеся в конечно-разностном исчислении. Связь их свойств с физической природой задачи. Использование свойств разряженных матриц для применения специальных вычислительных алгоритмов.</p> <p>4.2. Одномерная краевая задача: одномерное уравнение Пуассона, общая одномерная краевая задача.</p> <p>4.3. Задача с начальными условиями: уравнение диффузии (одномерный случай, неявная аппроксимация по методу Кранка-Николсона).</p> <p>4.4. Метод прогонки для уравнений с трехдиагональной матрицей.</p>	<p>Практическая работа Зачет</p>
<p>Раздел 5 Моделирование диффузионных процессов</p> <p>5.1. Диффузионные процессы в физической электронике.</p> <p>5.2. Математические модели диффузионных процессов. Уравнения математической физики, возникающие в задачах диффузии.</p> <p>5.3. Постановка задачи. Моделирование диффузионных процессов</p>	<p>Практическая работа зачет</p>
<p>Раздел 6 Моделирование тепловых процессов</p> <p>6.1. Тепловые задачи в электронике.</p> <p>6.2. Математические модели тепловых процессов. Уравнения математической физики параболического и гиперболического типа, возникающие в задачах теплового расчета радиоэлектронных изделий. Процесс переноса теплоты теплопроводностью, теплопередача с излучением, конвективный теплообмен.</p> <p>6.3. Постановка краевых тепловых задач.</p> <p>6.4. Моделирование стационарного распределения температуры.</p> <p>6.5. Моделирование нестационарного нагрева</p>	<p>Практическая работа зачет</p>
<p>Раздел 7 Моделирование электромагнитных полей</p> <p>7.1. Электродинамические задачи в электронике.</p> <p>7.2. Математические модели электромагнитных полей в радиоэлектронных изделиях.</p> <p>7.3. Моделирование потенциальных полей. Постановка задачи, типы граничных условий для уравнений Лапласа и Пуассона. Численный расчет: разностные схемы, вычислительный алгоритм</p>	<p>Практическая работа зачет</p>
<p>Раздел I Введение</p> <p>Цели и задачи курса. Сущность метода математического моделирования. Математическое моделирование как методология решения прикладных задач на ЭВМ. Применение математического моделирования при исследовании, проектировании и управлении</p>	<p>зачет</p>
<p>Раздел II Основные принципы математического моделирования</p> <p>2.1. Определение математической модели. Типы математических моделей, Требования к математическим моделям: адекватность, универсальность, экономичность. Методы получения математических моделей: теоретический подход, экспериментальный подход.</p>	<p>зачет</p>



<p>2.2. Уравнения математической физики - математические модели физических процессов в сплошных средах. Происхождение и физические свойства уравнений матфизики: понятие сплошной среды и непрерывных полей, законы сохранения для сплошных сред. Получение уравнений матфизики из фундаментальных законов сохранения, описывающих различные физические системы: получение уравнения диффузии из закона сохранения энергии, получение уравнения непрерывности из закона сохранения электрического заряда, получение уравнения Фарадея из закона сохранения магнитного потока</p>	
<p>Раздел 3 Численное решение уравнений математической модели</p> <p>3.1. Дискретная математическая модель. Дискретное представление непрерывной переменной и непрерывной функции: сетки, сеточные функции.</p> <p>3.2. Аппроксимация дифференциальных операторов для пространственных переменных.</p> <p>3.3. Общая схема интегрирования в задачах с начальными условиями. Общая постановка задач с начальными условиями. Требования к разностному решению задач с начальными условиями: согласованность разностной аппроксимации, точность разностной аппроксимации, устойчивость разностной схемы, эффективность разностной схемы.</p> <p>3.4. Общая схема интегрирования в задачах с краевыми условиями. Общая постановка краевых задач. Требования к разностному решению краевых задач.</p> <p>3.5. Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера первого порядка. Метод с перешагиванием. Явный двухшаговый метод. Неявный метод второго порядка. Метод Рунге-Кутты.</p> <p>3.6. Численное интегрирование уравнений в частных производных. Схемы интегрирования для разных типов уравнений в частных производных: уравнение диффузии: явная схема интегрирования, точность, устойчивость, эффективность; неявный метод Кранка-Николсона, устойчивость, точность; уравнение переноса: явная схема интегрирования первого порядка точности, устойчивость; схема Лакса, причина ее устойчивости</p>	<p>Практическая работа зачет</p>

<p>Раздел 4 Численные методы матричной алгебры</p> <p>4.1. Матрицы, появляющиеся в конечно-разностном исчислении. Связь их свойств с физической природой задачи. Использование свойств разреженных матриц для применения специальных вычислительных алгоритмов.</p> <p>4.2. Одномерная краевая задача: одномерное уравнение Пуассона, общая одномерная краевая задача.</p> <p>4.3. Задача с начальными условиями: уравнение диффузии (одномерный случай, неявная аппроксимация по методу Кранка-Николсона).</p> <p>4.4. Метод прогонки для уравнений с трехдиагональной матрицей.</p>	<p>Практическая работа Зачет</p>
<p>Раздел 5 Моделирование диффузионных процессов</p> <p>5.1. Диффузионные процессы в физической электронике.</p> <p>5.2. Математические модели диффузионных процессов. Уравнения математической физики, возникающие в задачах диффузии.</p> <p>5.3. Постановка задачи. Моделирование диффузионных процессов</p>	<p>Практическая работа зачет</p>
<p>Раздел 6 Моделирование тепловых процессов</p> <p>6.1. Тепловые задачи в электронике.</p> <p>6.2. Математические модели тепловых процессов. Уравнения математической физики параболического и гиперболического типа, возникающие в задачах теплового расчета радиоэлектронных изделий. Процесс переноса теплоты теплопроводностью, теплопередача с излучением, конвективный теплообмен.</p> <p>6.3. Постановка краевых тепловых задач.</p> <p>6.4. Моделирование стационарного распределения температуры.</p> <p>6.5. Моделирование нестационарного нагрева</p>	<p>Практическая работа зачет</p>
<p>Раздел 7 Моделирование электромагнитных полей</p> <p>7.1. Электродинамические задачи в электронике.</p> <p>7.2. Математические модели электромагнитных полей в радиоэлектронных изделиях.</p> <p>7.3. Моделирование потенциальных полей. Постановка задачи, типы граничных условий для уравнений Лапласа и Пуассона. Численный расчет: разностные схемы, вычислительный алгоритм</p>	<p>Практическая работа зачет</p>
<p><b>ОПК-3 Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями</b></p> <p>Знает основы математики, физики и принципы их применения в профессиональной деятельности.</p> <p>Умеет применять знания математики и физики для решения профессиональных задач смежных профессий.</p> <p>Владеет принципами поиска и анализа профессиональной информации для структурирования, оформления и представления в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями</p>	
<p>Раздел 3 Численное решение уравнений математической модели</p> <p>3.1. Дискретная математическая модель. Дискретное</p>	<p>Практическая работа зачет</p>

<p>представление непрерывной переменной и непрерывной функции: сетки, сеточные функции.</p> <p>3.2. Аппроксимация дифференциальных операторов для пространственных переменных.</p> <p>3.3. Общая схема интегрирования в задачах с начальными условиями. Общая постановка задач с начальными условиями. Требования к разностному решению задач с начальными условиями: согласованность разностной аппроксимации, точность разностной аппроксимации, устойчивость разностной схемы, эффективность разностной схемы.</p> <p>3.4. Общая схема интегрирования в задачах с краевыми условиями. Общая постановка краевых задач. Требования к разностному решению краевых задач.</p> <p>3.5. Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера первого порядка. Метод с перешагиванием. Явный двухшаговый метод. Неявный метод второго порядка. Метод Рунге-Кутты.</p> <p>3.6. Численное интегрирование уравнений в частных производных. Схемы интегрирования для разных типов уравнений в частных производных: уравнение диффузии: явная схема интегрирования, точность, устойчивость, эффективность; неявный метод Кранка-Николсона, устойчивость, точность; уравнение переноса: явная схема интегрирования первого порядка точности, устойчивость; схема Лакса, причина ее устойчивости</p>	
<p>Раздел 4 Численные методы матричной алгебры</p> <p>4.1. Матрицы, появляющиеся в конечно-разностном исчислении. Связь их свойств с физической природой задачи. Использование свойств разреженных матриц для применения специальных вычислительных алгоритмов.</p> <p>4.2. Одномерная краевая задача: одномерное уравнение Пуассона, общая одномерная краевая задача.</p> <p>4.3. Задача с начальными условиями: уравнение диффузии (одномерный случай, неявная аппроксимация по методу Кранка-Николсона).</p> <p>4.4. Метод прогонки для уравнений с трехдиагональной матрицей.</p>	<p>Практическая работа Зачет</p>
<p>Раздел 5 Моделирование диффузионных процессов</p> <p>5.1. Диффузионные процессы в физической электронике.</p> <p>5.2. Математические модели диффузионных процессов. Уравнения математической физики, возникающие в задачах диффузии.</p> <p>5.3. Постановка задачи. Моделирование диффузионных процессов</p>	<p>Практическая работа зачет</p>
<p>Раздел 6 Моделирование тепловых процессов</p> <p>6.1. Тепловые задачи в электронике.</p> <p>6.2. Математические модели тепловых процессов. Уравнения математической физики параболического и</p>	<p>Практическая работа зачет</p>

<p>гиперболического типа, возникающие в задачах теплового расчета радиоэлектронных изделий.          Процесс переноса теплоты теплопроводностью, теплопередача с излучением, конвективный теплообмен.          6.3. Постановка краевых тепловых задач.          6.4. Моделирование стационарного распределения температуры.          6.5. Моделирование нестационарного нагрева</p>	
<p>Раздел 7 Моделирование электромагнитных полей          7.1. Электродинамические задачи в электронике.          7.2. Математические модели электромагнитных полей в радиоэлектронных изделиях.          7.3. Моделирование потенциальных полей.          Постановка задачи, типы граничных условий для уравнений Лапласа и Пуассона. Численный расчет: разностные схемы, вычислительный алгоритм</p>	<p>Практическая работа зачет</p>
<p><b>ОПК-4 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований</b>          Знает методы математического моделирования, его элементы, их характеристики и взаимосвязи; классификацию типов моделей, их назначения и характеристики.          Умеет создавать модели объектов и физических процессов, формировать их дискретизацию.          Владеет навыками применения метода конечных разностей, анализа и проверки моделей объектов и процессов с реализацией их в инструментальных программных пакетах моделирования</p>	
<p>Раздел II Основные принципы математического моделирования          2.1. Определение математической модели. Типы математических моделей, Требования к математическим моделям: адекватность, универсальность, экономичность. Методы получения математических моделей: теоретический подход, экспериментальный подход.          2.2. Уравнения математической физики - математические модели физических процессов в сплошных средах.          Происхождение и физические свойства уравнений матфизики: понятие сплошной среды и непрерывных полей, законы сохранения для сплошных сред. Получение уравнений матфизики из фундаментальных законов сохранения, описывающих различные физические системы: получение уравнения диффузии из закона сохранения энергии, получение уравнения непрерывности из закона сохранения электрического заряда, получение уравнения Фарадея из закона сохранения магнитного потока</p>	<p>зачет</p>
<p>Раздел 3 Численное решение уравнений математической модели          3.1. Дискретная математическая модель. Дискретное представление непрерывной переменной и непрерывной функции: сетки, сеточные функции.          3.2. Аппроксимация дифференциальных операторов для пространственных переменных.          3.3. Общая схема интегрирования в задачах с начальными условиями.          Общая постановка задач с начальными условиями.</p>	<p>Практическая работа зачет</p>

<p>Требования к разностному решению задач с начальными условиями: согласованность разностной аппроксимации, точность разностной аппроксимации, устойчивость разностной схемы, эффективность разностной схемы.</p> <p>3.4. Общая схема интегрирования в задачах с краевыми условиями. Общая постановка краевых задач. Требования к разностному решению краевых задач.</p> <p>3.5. Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера первого порядка. Метод с перешагиванием. Явный двухшаговый метод. Неявный метод второго порядка. Метод Рунге-Кутты.</p> <p>3.6. Численное интегрирование уравнений в частных производных. Схемы интегрирования для разных типов уравнений в частных производных: уравнение диффузии: явная схема интегрирования, точность, устойчивость, эффективность; неявный метод Кранка-Николсона, устойчивость, точность; уравнение переноса: явная схема интегрирования первого порядка точности, устойчивость; схема Лакса, причина ее устойчивости</p>	
<p>Раздел 4 Численные методы матричной алгебры</p> <p>4.1. Матрицы, появляющиеся в конечно-разностном исчислении. Связь их свойств с физической природой задачи. Использование свойств разреженных матриц для применения специальных вычислительных алгоритмов.</p> <p>4.2. Одномерная краевая задача: одномерное уравнение Пуассона, общая одномерная краевая задача.</p> <p>4.3. Задача с начальными условиями: уравнение диффузии (одномерный случай, неявная аппроксимация по методу Кранка-Николсона).</p> <p>4.4. Метод прогонки для уравнений с трехдиагональной матрицей.</p>	<p>Практическая работа Зачет</p>
<p>Раздел 5 Моделирование диффузионных процессов</p> <p>5.1. Диффузионные процессы в физической электронике.</p> <p>5.2. Математические модели диффузионных процессов. Уравнения математической физики, возникающие в задачах диффузии.</p> <p>5.3. Постановка задачи. Моделирование диффузионных процессов</p>	<p>Практическая работа зачет</p>
<p>Раздел 6 Моделирование тепловых процессов</p> <p>6.1. Тепловые задачи в электронике.</p> <p>6.2. Математические модели тепловых процессов. Уравнения математической физики параболического и гиперболического типа, возникающие в задачах теплового расчета радиоэлектронных изделий. Процесс переноса теплоты теплопроводностью, теплопередача с излучением, конвективный теплообмен.</p> <p>6.3. Постановка краевых тепловых задач.</p> <p>6.4. Моделирование стационарного распределения температуры.</p>	<p>Практическая работа зачет</p>

6.5. Моделирование нестационарного нагрева	
<p>Раздел 7 Моделирование электромагнитных полей</p> <p>7.1. Электродинамические задачи в электронике.</p> <p>7.2. Математические модели электромагнитных полей в радиоэлектронных изделиях.</p> <p>7.3. Моделирование потенциальных полей.</p> <p>Постановка задачи, типы граничных условий для уравнений Лапласа и Пуассона. Численный расчет: разностные схемы, вычислительный алгоритм</p>	Практическая работа зачет
<p>Раздел I Введение</p> <p>Цели и задачи курса. Сущность метода математического моделирования. Математическое моделирование как методология решения прикладных задач на ЭВМ.</p> <p>Применение математического моделирования при исследовании, проектировании и управлении</p>	зачет
<p>Раздел II Основные принципы математического моделирования</p> <p>2.1. Определение математической модели. Типы математических моделей, Требования к математическим моделям: адекватность, универсальность, экономичность. Методы получения математических моделей: теоретический подход, экспериментальный подход.</p> <p>2.2. Уравнения математической физики - математические модели физических процессов в сплошных средах. Происхождение и физические свойства уравнений матфизики: понятие сплошной среды и непрерывных полей, законы сохранения для сплошных сред. Получение уравнений матфизики из фундаментальных законов сохранения, описывающих различные физические системы: получение уравнения диффузии из закона сохранения энергии, получение уравнения непрерывности из закона сохранения электрического заряда, получение уравнения Фарадея из закона сохранения магнитного потока</p>	зачет
<p>Раздел 3 Численное решение уравнений математической модели</p> <p>3.1. Дискретная математическая модель. Дискретное представление непрерывной переменной и непрерывной функции: сетки, сеточные функции.</p> <p>3.2. Аппроксимация дифференциальных операторов для пространственных переменных.</p> <p>3.3. Общая схема интегрирования в задачах с начальными условиями.</p> <p>Общая постановка задач с начальными условиями.</p> <p>Требования к разностному решению задач с начальными условиями: согласованность разностной аппроксимации, точность разностной аппроксимации, устойчивость разностной схемы, эффективность разностной схемы.</p> <p>3.4. Общая схема интегрирования в задачах с краевыми условиями.</p> <p>Общая постановка краевых задач. Требования к разностному решению краевых задач.</p> <p>3.5. Численное интегрирование обыкновенных</p>	Практическая работа зачет

<p>дифференциальных уравнений.  Метод Эйлера первого порядка. Метод с перешагиванием.  Явный двухшаговый метод. Неявный метод второго порядка.  Метод Рунге-Кутты.  3.6. Численное интегрирование уравнений в частных производных.  Схемы интегрирования для разных типов уравнений в частных производных: уравнение диффузии: явная схема интегрирования, точность, устойчивость, эффективность; неявный метод Кранка-Николсона, устойчивость, точность; уравнение переноса: явная схема интегрирования первого порядка точности, устойчивость; схема Лакса, причина ее устойчивости</p>	
<p>Раздел 4 Численные методы матричной алгебры  4.1. Матрицы, появляющиеся в конечно-разностном исчислении. Связь их свойств с физической природой задачи. Использование свойств разреженных матриц для применения специальных вычислительных алгоритмов.  4.2. Одномерная краевая задача: одномерное уравнение Пуассона, общая одномерная краевая задача.  4.3. Задача с начальными условиями: уравнение диффузии (одномерный случай, неявная аппроксимация по методу Кранка-Николсона).  4.4. Метод прогонки для уравнений с трехдиагональной матрицей.</p>	<p>Практическая работа  Зачет</p>
<p>Раздел 5 Моделирование диффузионных процессов  5.1. Диффузионные процессы в физической электронике.  5.2. Математические модели диффузионных процессов. Уравнения математической физики, возникающие в задачах диффузии.  5.3. Постановка задачи. Моделирование диффузионных процессов</p>	<p>Практическая работа  зачет</p>
<p>Раздел 6 Моделирование тепловых процессов  6.1. Тепловые задачи в электронике.  6.2. Математические модели тепловых процессов. Уравнения математической физики параболического и гиперболического типа, возникающие в задачах теплового расчета радиоэлектронных изделий.  Процесс переноса теплоты теплопроводностью, теплопередача с излучением, конвективный теплообмен.  6.3. Постановка краевых тепловых задач.  6.4. Моделирование стационарного распределения температуры.  6.5. Моделирование нестационарного нагрева</p>	<p>Практическая работа  зачет</p>
<p>Раздел 7 Моделирование электромагнитных полей  7.1. Электродинамические задачи в электронике.  7.2. Математические модели электромагнитных полей в радиоэлектронных изделиях.  7.3. Моделирование потенциальных полей.  Постановка задачи, типы граничных условий для уравнений Лапласа и Пуассона. Численный расчет: разностные схемы, вычислительный алгоритм</p>	<p>Практическая работа  зачет</p>

### 3.2 Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

#### УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

Знает основные понятия дисциплины; основы алгоритмизации, основные методы математического моделирования и методы решения задач оптимизации, основы программирования на языках высокого уровня, основы современных технологий программирования.

Умеет разрабатывать алгоритмы и реализующие их программы на основе современных технологий программирования (объектно-ориентированное программирование, визуальные среды программирования, математические пакеты).

Владеет основными методами работы на компьютере с использованием универсальных прикладных программ, навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных

#### Пример типового практического занятия с контрольным заданием:

Практическая работа на тему «Волновые процессы в электрических цепях»

Работа выполняется с использованием системы компьютерной математики Mathcad.

1. При распространении электромагнитных сигналов в электрических элементах, имеющих конечные размеры, появление сигнала на выходе происходит не одновременно с подачей входного сигнала. Это явление связано с конечной скоростью сигнала и с протяженностью реальной цепи и проявляется только в том случае, если характерное время изменения сигнала  $dt < l/c$ , где  $l$  - геометрические размеры цепи;  $c$  - скорость света.

Анализ процессов в цепях с учетом их геометрических размеров проводят с помощью моделей, которые называют цепями с распределенными параметрами. В современной электронике, где используются сигналы с временем порядка 0.1 нс, модели цепей с распределенными параметрами применяют, если геометрические размеры цепи соизмеримы длиной порядка 0.03 м. Это размеры любого блока, платы или проводников в большой интегральной микросхеме.

Считается, что длинные линии представляют собой одномерные объекты в реальном физическом пространстве, имеющие длину, но не имеющие поперечных размеров.

Напряжение и токи в длинной линии зависят не только от времени, но и от координаты  $x$ , поэтому они описываются функциями двух переменных  $u(x,t)$  и  $i(x,t)$ . Уравнение длинной линии должно показывать связь тока и напряжения в любой точке  $f[x, u(x,t), i(x,t)]$ . Такое уравнение называют волновым уравнением и его получают строго из системы уравнений Максвелла

$$d/dt(du(x,t)/dt) = v^2 d/dx(du(x,t)/dx),$$

где  $v$  - скорость распространения волны в среде.

#### 2. Решение волнового уравнения и его физический смысл

Общее решение волнового уравнения имеет вид

$$u(x,t) = f_1(x-vt) + f_2(x+vt),$$

где  $f_1$  и  $f_2$  - любые функции, определяемые начальными и граничными условиями для волнового уравнения.



Выражение для тока имеет вид

$$i(x,t) = (1/W)f_1(x-vt) - (1/W)f_2(x+vt),$$

где  $W = (L/C)^{1/2}$  - волновое сопротивление линии. Ток в линии определяется теми же произвольными функциями  $f_1, f_2$ , что и напряжение.

3. Рассмотрим более подробно смысл функций  $f_1$  и  $f_2$ . При условии  $f_2(x+vt) = 0$   $u(x,t) = f_1(x-vt)$ . Пусть при  $t=0$  известно  $f_1(x)$ . Через интервал времени  $dt$  напряжение  $u(x,dt) = f_1(x-vdt)$ , а через интервал  $2dt$   $u(x,2dt) = f_1(x-2vdt)$ . С течением времени график функции  $f_1$  смещается вправо по оси  $x$  равномерно со скоростью  $v$ . Это слагаемое называется прямой волной, движущейся в направлении возрастания  $x$ . Таким образом,  $f_1(x-vt) = U_{пр}(x,t)$ .

Рассматривая аналогично составляющую  $f_2$ , приходим к выводу, что это обратная волна, распространяющаяся в направлении убывания  $x$ :  $f_2(x+vt) = U_{обр}(x,t)$ . Итак, напряжение длинной линии является суммой прямой и обратной волн, распространяющихся навстречу друг другу со скоростью  $v = 1/(LC)^{1/2}$ ;  $u(x,t) = U_{пр}(x,t) + U_{обр}(x,t)$ .

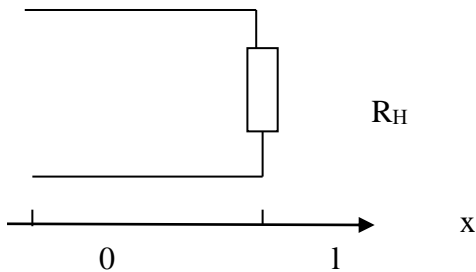
Ток в линии также состоит из двух волн:

$$i(x,t) = I_{пр}(x,t) + I_{обр}(x,t) = U_{пр}(x,t)/W - U_{обр}(x,t)/W.$$

Как видно, волновое сопротивление линии связывает отдельно прямую волну тока и напряжения  $I_{пр}(x,t) = U_{пр}(x,t)/W$  и обратную волну  $I_{обр}(x,t) = -U_{обр}(x,t)/W$ .

При этом линия не имеет потерь и волновое сопротивление  $W$ , хотя и выражается в Ом как обычное сопротивление  $R$ , но имеет совсем иной физический смысл. Это сопротивление не отражает рассеивания мощности электрического тока в теплоту, а лишь является отношением одноименных волн напряжения и тока. Связь прямой и обратной волн определяется граничными условиями в линии и требует рассмотрения линий конечной длины.

Рассмотрим линию, ограниченную справа координатой  $l$ . В конечной точке подключено сопротивление нагрузки  $R_n$  (рисунок)



Очевидно, что если для любой точки линии справедлива связь между током и напряжением в виде

$$u(x,t) = U_{пр}(x,t) + U_{обр}(x,t)$$

$$i(x,t) = U_{пр}(x,t)/W - U_{обр}(x,t)/W,$$

то в точке  $x=l$  имеем  $u(l,t) = R_n \cdot i(l,t)$ . Запишем это условие через прямую и обратную волны:

$$U_{пр}(l-vt) + U_{обр}(l+vt) = R_n U_{пр}(l-vt)/W - R_n U_{обр}(l+vt)/W.$$

Отсюда

$$U_{обр}(l+vt) = (R_n - W)/(R_n + W) \cdot U_{пр}(l-vt).$$

Коэффициент

$$\Gamma = (R_n - W)/(R_n + W)$$

называют коэффициентом отражения.

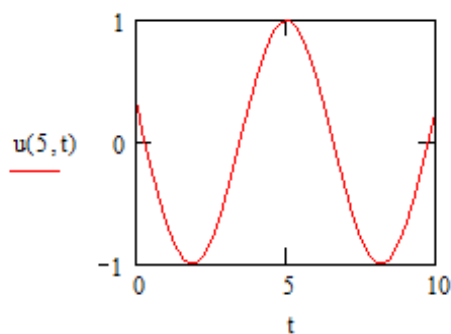
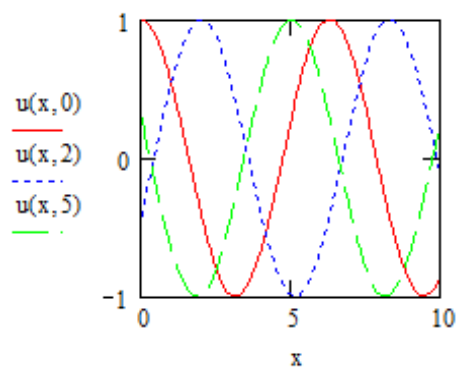
Если при  $t=0$   $U_{обр}(x)=0$ , а  $U_{пр}(x)$  отлично от нуля, то при  $t \gg 1/v$  оказывается, что  $U_{обр}(x+vt) = \Gamma \cdot U_{пр}(x-vt)$ . Этот процесс называют отражением электромагнитной волны от нагрузки. Например, если  $R_H=W$ ,  $\Gamma=0$ , то обратной волны не появится. При  $R_H \gg 0$   $\Gamma=1$  и  $U_{обр}(x+vt)=U_{пр}(x-vt)$ . Это явление полного отражения. При  $R_H=0$   $\Gamma=-1$ .

Это явление полного отражения с изменением знака.

4. Пример. Пусть напряжение в линии представлено функцией  $u(x,t)=A\cos(x-vt)$ . Убедимся, что при  $t>0$  график функции  $f_1=A\cos(x-vt)$  смещается вправо по оси  $x$  равномерно со скоростью  $v$ . Скорость волны напряжения можно определить, измеряя расстояние, на которое смещается пик за промежуток времени  $t$  между картинками.

$$A := 1 \quad v := 1 \quad x := 0, 0.1..10 \quad t := 0, 0.2..10$$

$$u(x, t) := A \cdot \cos(x - v \cdot t)$$



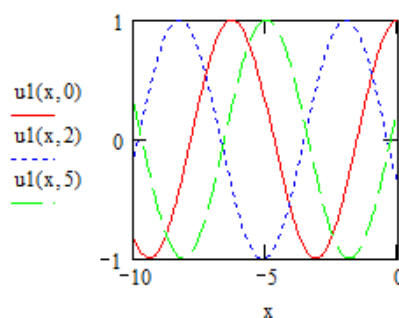
Изменение волны напряжения во временном пространстве можно получить, если зафиксировать координату  $x$  и рассматривать изменение напряжения в данной точке в зависимости от времени (см. выше правый рис.)

Связь между колебаниями в координатном пространстве и во временном выражается соотношением  $\text{длина волны} = \text{скорость волны} \cdot \text{период колебания}$ ;

$$L = v \cdot T$$

Волна напряжения  $u_1(x,t)=A\cos(x+vt)$  движется в сторону отрицательных  $x$ .

$$x := -10, -9.9..0 \quad t := 0..10 \quad u_1(x, t) := A \cdot \cos(x + v \cdot t)$$



### Задание:

1. Функция напряжения имеет вид  $\exp[-(x-vt)]$ . Исследуйте распространение данной волны напряжения в длинной линии. Как распространяется обратная волна. Изучите распространение волны напряжения, представленной функцией  $\exp[-(x-vt)^2]$ , в линии длиной  $l$  при  $R_H = 0$ .

### 3.3 Типовые контрольные задания

Перечень вопросов для подготовки к зачету:

1. Математическое моделирование - как способ теоретического исследования сложных объектов, процессов, явлений на основе их математического описания.
2. Сущность метода математического моделирования.  
Этапы математического моделирования. Методы получения математических моделей.
3. Метод конечных разностей - универсальным методом приближенного решения дифференциальных уравнений математической модели.
4. Основные определения, связанные с методом конечных разностей: конечно-разностная сетка, сеточная функция, конечная разность, шаблон конечно-разностной схемы, явная конечно-разностная схема, неявная конечно-разностная схема, устойчивость конечно-разностной схемы.
5. Основные понятия, связанные с КР-схемами: аппроксимация, порядок аппроксимации, устойчивость условная и абсолютная, сходимость, порядок сходимости, консервативность.
6. Постановка задач математической физики. Основные определения конечно-разностных (КР) схем в задачах для УМФ.
7. Численное решение задач, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями. Задача с начальными условиями. Задача Коши. 8. Постановка задач Коши для ОДУ и систем ОДУ. Одношаговые методы: метод Эйлера, Эйлера-Коши численного решения задач Коши для ОДУ и систем ОДУ, их порядок точности.
9. Численное решение задач, описываемых уравнениями в частных производных. Типы дифференциальных уравнений в частных производных.
10. Разностные схемы решения задач для уравнений гиперболического типа. Явная, неявная схемы, исследование их аппроксимации и устойчивости.
11. Конечно-разностный метод решения задач для уравнений параболического типа. Схемы: явная и неявная. Исследование их аппроксимации и устойчивости.
12. Разностные методы решения задач для уравнений эллиптического типа. Итерационный алгоритм Либмана.
13. Разностные схемы для уравнения теплопроводности.
14. Конечно-разностного решения первой начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности.
15. Моделирование диффузии методом конечных разностей. Явная разностная схема. 16. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ): Метод прогонки

Банк контрольных заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации

Представлен в локальной сети кафедры ВМиФ и доступен по URI: \\aup.uisi.ru\логин, пароль студента\Обучение\Кафедра\ФГОС-3+\Направление 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Научные исследования в области информатики и вычислительной техники»\ Дисциплина: «Математическое основы научных исследований» \вид метод. пособия.pdf

### 3.4 Методические материалы проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

1. Практические занятия по дисциплине.

Задания на выполнение практических работ представлены в комплекте УМК по дисциплине (файл 09.04.01\_Практические работы.doc) и в электронно-информационной

образовательной среде, и доступны по URL – <https://aup.uisi.ru/3584231/>

2. Самостоятельная работа по дисциплине.

Задания на выполнение самостоятельных работ представлены в комплекте УМК по дисциплине (файл 09.04.01\_СРС.doc) и в электронно-информационной образовательной среде, и доступны по URL – <https://aup.uisi.ru/3584231/>