

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Трехгорный технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ТТИ НИЯУ МИФИ)**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор ТТИ НИЯУ МИФИ  
\_\_\_\_\_ Т.И. Улитина  
«31» \_\_\_\_\_ августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ»**

**Направление подготовки:** 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

**Профиль подготовки:** Проектирование и технология радиоэлектронных средств

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

Трехгорный  
2021

# **1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цели и задачи дисциплины «Уравнения математической физики» в профессиональной подготовке специалистов в области математической экономики определяются как необходимостью воспитания общей математической культуры, так и задачей формирования представлений о фундаментальных математических конструкциях, используемых в современных экономико-математических моделях.

В результате изучения данной дисциплины студенты овладевают понятиями и методами, составляющими ее содержание, учатся формулировать и доказывать основные утверждения, получают практические навыки, достаточные для решения разнообразных задач. Занятия способствуют выработке навыков логического мышления, необходимых для успешной профессиональной деятельности. Рассматриваемые в курсе экономические приложения позволяют сформировать первоначальные представления о математических моделях и математическом моделировании в экономике.

## **1.1 Цели дисциплины**

Цель дисциплины “Уравнения математической физики” – необходимое математическое обеспечение фундаментальных физических, общетехнических и специальных дисциплин.

## **1.2 Задачи дисциплины**

Задачами дисциплины “Уравнения математической физики” является выработка практических навыков работы с математическими объектами, и составления на их основе математических моделей реальных объектов различной природы, развитие у студентов логического и алгоритмического мышления, применение математических знаний к исследованию реальных процессов и решению профессиональных задач, развитие у студентов способности к творческому мышлению, выработка умения самостоятельно расширять математические знания и проводить математический анализ инженерных задач.

# **2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина «Уравнения математической физики» (Б1.В.ДВ.4.1) относится к вариативной части дисциплин по выбору.

### **3 КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1 Общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные и компетенции, введенные ОС**

Изучение дисциплины «Уравнения математической физики» направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

##### **универсальных (УК):**

- способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни (УК-6);
- способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах (УКЕ-1);

##### **общепрофессиональных (ОПК):**

- Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности (ОПК-1);
- Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных (ОПК-2).

#### **3.2 Перечень результатов образования, формируемых дисциплиной, с указанием уровня их освоения**

В результате изучения дисциплины студент должен:

##### **знать:**

- фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы (3-ОПК-1);
- основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации(3-ОПК-2);
- основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни(3-УК-6);
- основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования(3-УКЕ-1)

- **уметь:**
- применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера(У-ОПК-1);
- пользоваться современными средствами измерения, контроля и обосновывать выбор таких средств для решения конкретных задач; уметь разрабатывать программы и методики измерений, оптимально планировать эксперимент(У-ОПК-2);
- эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения (У-УК-6);
- использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи (У-УКЕ-1)

**владеть:**

- навыками использования знаний естественных наук и математики при решении практических задач инженерной деятельности (В-ОПК-1);
- навыками выбора и использования соответствующих ресурсов, современных методик и оборудования для проведения экспериментальных исследований и измерений; навыками обработки и представления полученных экспериментальных данных для получения обоснованных выводов (В-ОПК-2);
- методами управления собственным временем; технологиями приобретения. использования и обновления социо-культурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни (В-УК-6);
- методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами (В-УКЕ-1).

### 3.3 Воспитательная работа

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
<b>Естественнонаучный и общепрофессиональный модули</b>		
<b>Профессиональное и трудовое воспитание</b>	- формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога),

	<p>ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду <b>(B14)</b></p>	<p>понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости;</li> <li>- формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "Экономика и управление производством", "Инновационная экономика и технологическое предпринимательство", "Правоведение" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</li> </ul>
	<p>- формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии <b>(B15)</b></p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.</li> </ul>
<p><b>Интеллектуальное воспитание</b></p>	<p>- формирование культуры умственного труда <b>(B11)</b></p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.</p>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раздел
			Лекции	Лаб. работы	Прак. работы	Самост. работа			
<b>Семестр 5</b>									
1	Раздел 1	1-8	9	-	9	18	СР1 – 4	КР1 – 8	25
2	Раздел 2	9-18	9	-	9	18	СР2 – 12	КР2 – 16	25
Итого			18	-	18	36	20	30	50
Зачет			—						50
Итого за семестр									100

### 4.1 Содержание лекций

#### Раздел 1

Классификация линейных уравнений с частными производными (УЧП) 2-го порядка в точке. Приведение к каноническому виду уравнений с двумя независимыми переменными. Примеры: волновое уравнение, уравнение теплопроводности, уравнение Лапласа. Основные типы краевых задач для гиперболических, параболических и эллиптических уравнений. Задача Коши для одномерного волнового уравнения. Формула Даламбера. Единственность решения. Смешанная задача для волнового уравнения. Единственность решения. Метод Фурье.

#### Раздел 2

Задача Коши для одномерного уравнения теплопроводности. Формула Пуассона. Фундаментальное решение. Принцип максимума. Единственность решения. Смешанная задача для одномерного уравнения теплопроводности. Единственность решения. Метод Фурье. Гармонические функции. Принцип

максимума. Задача Дирихле. Единственность решения. Метод Фурье. Решение задачи Дирихле для круга. Интеграл Пуассона.

## **4.2 Тематический план практических работ**

1. Определение типа уравнения.
2. Приведение к каноническому виду уравнений с двумя независимыми переменными.
3. Решение задач методом характеристик
4. Рубежный контроль. Тестирование
5. Задача Коши. Формула Даламбера.
6. Смешанная задача для волнового уравнения. Метод Фурье.
7. Разные задачи волнового уравнения.
8. Рубежный контроль.
9. Задача Коши. Формула Пуассона
10. Смешанная задача для уравнения теплопроводности. Метод Фурье.
11. Разные задачи для уравнения теплопроводности.
12. Рубежный контроль.
13. Задача Дирихле для уравнения Лапласа
14. Задача Дирихле для уравнения Пуассона
15. Разные задачи.
16. Промежуточная аттестация.

### **4.2.1 Самостоятельная работа студентов**

1. Домашнее задание № 1  
Определение типа уравнения.
2. Домашнее задание № 2  
Приведение к каноническому виду уравнений с двумя независимыми переменными.
3. Домашнее задание № 3  
Решение задач методом характеристик
4. Домашнее задание № 4  
Подготовка к рубежному контролю.
5. Домашнее задание № 5  
Задача Коши. Формула Даламбера.

6. Домашнее задание № 6

Смешанная задача для волнового уравнения. Метод Фурье.

7. Домашнее задание № 7

Разные задачи волнового уравнения.

8. Домашнее задание № 8

Подготовка к рубежному контролю.

9. Домашнее задание № 9

Задача Коши. Формула Пуассона

10. Домашнее задание № 10

Смешанная задача для уравнения теплопроводности. Метод Фурье.

11. Домашнее задание № 11

Разные задачи для уравнения теплопроводности.

12. Домашнее задание № 12

Подготовка к рубежному контролю.

13. Домашнее задание № 13

Задача Дирихле для уравнения Лапласа

14. Домашнее задание № 14

Задача Дирихле для уравнения Пуассона

15. Домашнее задание № 15

Разные задачи.

16. Домашнее задание № 16

Подготовка к промежуточной аттестации.

## **5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Учитывая требования ОС НИЯУ МИФИ ВО по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Лекционные занятия проводятся с использованием интерактивных технологий. Многие практические занятия реализованы компьютерными технологиями.



## 6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Перечень оценочных средств, используемых для текущей аттестации

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<b>5 семестр</b>			
СР1	Самостоятельная работа №1	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Фонд практических заданий
СР2	Самостоятельная работа №2		
КР1	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
КР2	Контрольная работа		

### Расшифровка компетенций через планируемые результаты обучения

Связь между формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения представлена в следующей таблице:

Код	Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знать (З)	Уметь (У)	Владеть (В)	
УК-6	З-УК-6	У-УК-6	В-УК-6	СР1, СР2, КР1, КР2, З
УКЕ-1	ЗЗ-УКЕ-1	У-УКЕ-1	В-УКЕ-1	СР1, СР2, КР1, КР2, З
ОПК-1	З-ОПК-1	У-ОПК-1	В-ОПК-1	СР1, СР2, КР1, КР2, З
ОПК-2	З-ОПК-2	У-ОПК-2	В-ОПК-2	СР1, СР2, КР1, КР2, З

## Этапы формирования компетенций

Раздел	Темы занятий	Коды компетенций	Знания, умения и навыки	Виды аттестации		
				Текущий контроль – неделя	Аттестация раздела – неделя	Промежуточная аттестация
<b>5 семестр</b>						
Раздел 1.	Классификация линейных уравнений с частными производными (УЧП) 2-го порядка в точке. Приведение к каноническому виду уравнений с двумя независимыми переменными. Примеры: волновое уравнение, уравнение теплопроводности, уравнение Лапласа. Основные типы краевых задач для гиперболических, параболических и эллиптических уравнений. Задача Коши для одномерного волнового уравнения. Формула Даламбера. Единственность решения. Смешанная задача для волнового уравнения. Единственность решения. Метод Фурье.	УК-6, УКЕ-1, ОПК-1, ОПК-2	З-УК-6, З-УКЕ-1, З-ОПК-1, З-ОПК-2, У-УК-6, У-УКЕ-1, У-ОПК-1, У-ОПК-2, В-УК-6, В-УКЕ-1, В-ОПК-1, В-ОПК-2	СР1	КР1	Зачет
Раздел 2.	Задача Коши для одномерного уравнения теплопроводности. Формула Пуассона. Фундаментальное решение. Принцип максимума. Единственность решения. Смешанная задача для одномерного уравнения теплопроводности. Единственность решения. Метод Фурье. Гармонические функции. Принцип максимума. Задача Дирихле. Единственность решения. Метод Фурье. Решение задачи Дирихле для круга. Интеграл Пуассона.	УК-6, УКЕ-1, ОПК-1, ОПК-2	З-УК-6, З-УКЕ-1, З-ОПК-1, З-ОПК-2, У-УК-6, У-УКЕ-1, У-ОПК-1, У-ОПК-2, В-УК-6, В-УКЕ-1, В-ОПК-1, В-ОПК-2	СР2	КР2	

## Шкала оценки образовательных достижений

Код	Вид оценочно-го средства	Критерии	Балл	Макс. балл–мин. балл
СР1	Самостоятельная работа №1	выставляется студенту, если 90-100% задания выполнено правильно	5	5 – 2
		выставляется студенту, если 80-89% задания выполнено правильно	4	
		выставляется студенту, если 60-79% задания выполнено правильно	3-2	
		при ответе студента менее, чем на 60% задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе	<2	
СР2	Самостоятельная работа №2	выставляется студенту, если 90-100% задания выполнено правильно	5	5 – 2
		выставляется студенту, если 80-89% задания выполнено правильно	4	
		выставляется студенту, если 60-79% задания выполнено правильно	3-2	
		при ответе студента менее, чем на 60% задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе	<2	
КР1	Контрольная работа №1	выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.	10	10 – 6
		выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	9-8	
		выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	7-6	
		выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	<6	
		выставляется студенту, если он глубоко и прочно	10	

КР2	Контрольная работа №2	усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.		<b>10 – 6</b>
		выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	9-8	
		выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	7-6	
		выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	<6	
3	Зачет	выставляется студенту при правильно написанном билете и при ответе на все дополнительные вопросы по курсу с незначительными неточностями, которые студент должен устранить в процессе беседы с преподавателем, в рамках которой он демонстрирует углубленное понимание предмета и владение ключевыми знаниями, умениями и навыками, предусмотренными данной дисциплиной	40-50	<b>50 – 0</b>
		выставляется студенту при правильно написанном билете и при ответе на часть дополнительных вопросов по курсу с демонстрацией базовых знаний, умений и навыков, предусмотренных данной дисциплиной	35-39	
		выставляется студенту при написанных ответах на вопросы билета (допускается содержание некоторых неточностей) и демонстрации базовых знаний, умений и навыков по данной дисциплине	30-34	
		если студент не написал ответ хотя бы на один из вопросов билета и не может ответить на дополнительные компетентностно–ориентированные вопросы	<30	

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
	65-69	
3 – «удовлетворительно»	60-64	E
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

## Образец теста для проведения зачета

### ВАРИАНТ 1

- Метод решения уравнений математической физики, использующий дискретизацию всех независимых переменных:
  - метод Фурье разделения переменных;
  - метод моментов;
  - метод конечных разностей;
  - метод прямых.
- Общее решение сеточного уравнения  $6u_{i+1} - 5u_i + u_{i-1} = 0, i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  имеет вид:
  - $c_1 \left(\frac{1}{3}\right)^i + c_2 \left(\frac{1}{2}\right)^i$
  - $c_1 2^i + c_2 \left(\frac{1}{2}\right)^i$
  - $c_1 \left(\frac{1}{2}\right)^i + c_2 i \left(\frac{1}{3}\right)^i$
  - $c_1 20^i + c_2 (-1)^i$
- Пусть функция  $u(x, t)$  дважды непрерывно дифференцируема по  $x$  и  $t$ . Тогда погрешность аппроксимации дифференциального оператора  $Lu = \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial u}{\partial x} + \beta u, 0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T$  разностным  $L_h u_h = \frac{u_i^{k+1} - u_i^k}{\tau} - \frac{u_{i+1}^k - u_i^k}{h} + \beta u_i^k, i = \overline{0, I-1}, k = \overline{0, K-1}$  на сетке  $x_i = ih, i = \overline{0, I}, h = \frac{l}{I};$   
 $t_k = k\tau, k = \overline{0, K}, \tau = \frac{T}{K}$  характеризуется величиной:
  - $O(h^2, \tau)$
  - $O(h, \tau)$
  - $O(h, \tau^2)$
  - $O(h)$
  - $O(\tau)$
  - $O(h^2, \tau^2)$
- Построение консервативных разностных схем для решения краевых задач математической физики осуществляется с помощью
  - метода замены производных разностными отношениями
  - метода неопределенных коэффициентов
  - интегро-интерполяционного метода
  - метода моментов
- Разностная схема 
$$\begin{cases} \frac{u_i^{k+1} - u_i^k}{h_t} + a^2 \frac{u_{i+1}^k - u_i^k}{h_x} = 0, & i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, k = \overline{0, K-1} \\ u_i^0 = \psi_i, & i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \end{cases}$$
 является
  - безусловно устойчивой
  - устойчивой при условии  $a^2 \frac{h_t}{h_x} \leq 1$
  - устойчивой при условии  $\frac{h_t}{h_x} \leq \frac{1}{2}$
  - неустойчивой.
- Предположим, что для численного решения краевой задачи математической физики  $Lu = f$  построена разностная схема  $L_h u_h = f_h$ . Затем, на последовательности сгущающихся сеток с помощью этой схемы получена последовательность сеточных решений  $\{u_h\}$ .  
 Говорят, что разностная схема  $L_h u_h = f_h$  сходится, если для последовательности  $\{u_h\}$  выполняется условие:

$$\text{а) } \lim_{h \rightarrow 0} \|L_h u_h - [Lu]_h\|_{F_h} = 0$$

$$\text{в) } \lim_{h \rightarrow 0} \|u_h - [u]_h\|_{U_h} = 0$$

$$\text{б) } \lim_{h \rightarrow 0} \|L_h [u]_h - L_h u_h\|_{F_h} = 0$$

$$\text{г) } \lim_{h \rightarrow 0} \|u_h\|_{U_h} = \lim_{h \rightarrow 0} \|[u]_h\|_{U_h}$$

7. Для получения экономичной разностной схемы решения 2-й краевой задачи теплопроводности в прямоугольнике следует применить:
- метод установления;
  - интегро-интерполяционный метод;
  - метод расщепления;
  - метод конечных рядов Фурье.

8. Пусть  $\bar{D}_h$  - сеточный аналог двумерной области  $\bar{D}$ , заданной на плоскости  $xOy$ . Пусть  $\Gamma_h$  - сеточная граница, а  $D_h$  - множество внутренних узлов сеточной области  $\bar{D}_h$ . Сетку предполагаем равномерной как по  $x$ , так и по  $y$ .

Если сеточная функция  $v_{i,j}$  во всех внутренних узлах области  $\bar{D}_h$  удовлетворяет условию

$$\Lambda_x v_{i,j} + \Lambda_y v_{i,j} \geq 0 \quad \forall (x_i, y_j) \in D_h,$$

$$\text{где } \Lambda_x v_{i,j} = \frac{v_{i+1,j} - 2v_{i,j} + v_{i-1,j}}{h_x^2}; \quad \Lambda_y v_{i,j} = \frac{v_{i,j+1} - 2v_{i,j} + v_{i,j-1}}{h_y^2},$$

то она ...

- достигает своего наибольшего значения хотя бы в одной точке границы  $\Gamma_h$ ;
  - достигает своего наибольшего значения только во внутренних точках сеточной области  $\bar{D}_h$ ;
  - достигает своего наименьшего значения хотя бы в одной точке границы  $\Gamma_h$ ;
  - достигает своего наименьшего значения только во внутренних точках сеточной области  $\bar{D}_h$ .
9. Применение метода Рунге для решения задачи Дирихле относительно уравнения Пуассона приводит к необходимости решения ...
- системы линейных алгебраических уравнений;
  - интегрального уравнения;
  - системы обыкновенных дифференциальных уравнений;
  - интегро-дифференциального уравнения.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Основная литература

- Поиск решения математических задач [Текст]: учебная книга инженера-физика / В.В. Башуров и др. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2013. - 220 с.: ил. - ISBN 978-5-7262-1853-3
- Сабитов, К.Б., Уравнения математической физики [Электронный ресурс]/ Сабитов К.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.— 352 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24438>.— ЭБС «IPRbooks»

## 7.2 Дополнительная литература

1. Методы математической физики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ю.В. Гриняев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Томск: Эль Контент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13862>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Щербакова, Ю.В., Уравнения математической физики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Щербакова Ю.В., Миханьков М.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2012.— 159 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6352>.— ЭБС «IPRbooks»

## 7.3 Интернет ресурсы

№	Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
1	Электронная библиотечная система ЮРАЙТ	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
2	Электронная библиотечная система «Лань» ООО "Издательство Лань"	<a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>
3	Электронная библиотечная система IPR BOOKS	<a href="https://www.iprbookshop.ru/">https://www.iprbookshop.ru/</a>
4	Электронная библиотечная система eLIBRARY ООО "РУНЭБ"	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
5	Научные полнотекстовые ресурсы издательства Springer (архив) Springer Customer Service Center GmbH, обеспечение доступа ФГБУ "ГПНТБ России"	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
7	StudFiles (Файловый архив студентов)	<a href="https://studfile.net/preview/960265/">https://studfile.net/preview/960265/</a>
8	Рынок микроэлектроники. Справочник по электронным компонентам.	<a href="http://www.gaw.ru/">http://www.gaw.ru/</a>
9	Автор Микушин А. В. All rights reserved.	<a href="https://digteh.ru/MCS51/MCS51.php">https://digteh.ru/MCS51/MCS51.php</a>
10	SCI-ARTICL Публикация научных статей	<a href="https://sci-article.ru/gryps.php?i=elektrotehnika">https://sci-article.ru/gryps.php?i=elektrotehnika</a>
11	Большая Энциклопедия Нефти и Газа	<a href="http://www.ngpedia.ru/id155581p1.html">http://www.ngpedia.ru/id155581p1.html</a>
12	ИСТИНА (Интеллектуальная Система Тематического Исследования Научомеретрических данных)	<a href="https://istina.msu.ru/journals/96319/">https://istina.msu.ru/journals/96319/</a>
13	Международный научно-практический журнал «Программные продукты и системы»	<a href="http://www.swsys.ru/index.php?page=infotg&amp;id=57">http://www.swsys.ru/index.php?page=infotg&amp;id=57</a>
14	KMSOFT (Научные статьи)	<a href="http://kmssoft.ru/lc/C012">http://kmssoft.ru/lc/C012</a>

#### **7.4 Периодические издания**

1. ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ – Режим доступа: [https://elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=7719](https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7719) - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
2. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ – Режим доступа: [https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=28889](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28889) - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
3. ИНСТРУМЕНТ. ТЕХНОЛОГИЯ. ОБОРУДОВАНИЕ – Режим доступа: [https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=9796](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=9796) - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – Режим доступа: [https://elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=8742](https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8742) - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
5. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. НАНОСИСТЕМЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/title\\_about.asp?id=32094](https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32094) – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
6. ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – Режим доступа: [https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=28006](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28006) - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

### **8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, групповые и индивидуальные консультации, текущего контроля, промежуточной аттестации используются учебные аудитории, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза.

ТТИ НИЯУ МИФИ обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Сведения о наличии оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий представлены на официальном сайте ТТИ НИЯУ МИФИ: <http://ttimephi.ru/ttimephi/sveden/objects>