

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИИШИТР

Д.М. Сонькин

« 01 » сентября 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2017 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**Уравнения математической физики**

Направление подготовки/ специальность	01.03.02 Прикладная математика и информатика		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Прикладная математика и информатика		
Специализация	Компьютерное моделирование		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	<b>3</b>	семестр	<b>5</b>
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	<b>3</b>		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		<b>32</b>
	Практические занятия		<b>32</b>
	Лабораторные занятия		<b>16</b>
	ВСЕГО		<b>80</b>
	Самостоятельная работа, ч		<b>28</b>
	ИТОГО, ч		<b>108</b>

Вид промежуточной аттестации	<b>Экзамен</b>	Обеспечивающее подразделение	<b>ОИТ ИИШИТР</b>
---------------------------------	----------------	---------------------------------	-------------------

Заведующий кафедрой - руководитель ОИТ на правах кафедры Руководитель ООП		Шерстнев В.С.
		Шевелев Г.Е.
Преподаватель		Коваль Т.В.

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код индикатора	Код	Код индикатора	Код
ОПК(У)-1	Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	И.ОПК(У)-1.2	Использует фундаментальный математический аппарат для построения вычислительных схем Использует фундаментальный математический аппарат для построения вычислительных схем Использует фундаментальный математический аппарат для построения вычислительных схем	ОПК(У)-1.2В1	Владеет математическим аппаратом для проведения теоретического исследования и моделирования естественно-научных процессов и явлений, а также, для решения профессиональных задач
ОПК(У)-2	Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	И.ОПК(У)-2.2	Применяет математический аппарат уравнений в частных производных, уравнений теплопроводности и диффузии, уравнения Даламбера в инженерной деятельности	ОПК(У)-2.2В1	Знает основные понятия, определения и методы теории дифференциальных уравнений в частных производных
				ОПК(У)-2.2У1	Умеет решать дифференциальные уравнения в частных производных, уравнений теплопроводности и диффузии, уравнения Даламбера
				ОПК(У)-2.2З1	Владеет аппаратом математической физики для проведения теоретического исследования и моделирования физических и химических процессов и явлений, а также, для решения профессиональных задач.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовым дисциплинам базового цикла основной образовательной программы по направлению «Прикладная математика и информатика». Дисциплина необходима и обязательна для успешного освоения математических и технических дисциплин. Параллельно с данной дисциплиной могут изучаться дисциплины естественнонаучного цикла, профессионального цикла.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

№ п/п	Наименование	Индикатор достижения компетенции
РД1	Знать назначение, содержание и основные этапы анализа и классификации дифференциальных уравнений в частных производных первого и второго порядков; знать метод Фурье решения смешанной задачи для одномерного волнового уравнения и одномерного уравнения теплопроводности	ОПК(У)-1, ОПК(У)-2
РД2	Знать способы построения основных моделей математической физики, владеть классическими методами решения частных дифференциальных уравнений, лежащих в их основе	ОПК(У)-1, ОПК(У)-2
РД3	Владеть методиками проведения математических расчетов, обладать навыками использования математического аппарата для решения физических задач.	ОПК(У)-1, ОПК(У)-2

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности <sup>1</sup>	Объем времени, ч.
<b>Раздел 1. Дифференциальные уравнения в частных производных 1-го и 2-го порядков в задачах математической физики</b>	РД1	Лекции	<b>6</b>
	РД2	Практические занятия	<b>8</b>
	РД3	Лабораторные занятия	<b>4</b>
		Самостоятельная работа	<b>6</b>
<b>Раздел 2. Методы решения задач математической физики без использования специальных функций</b>	РД1	Лекции	<b>14</b>
	РД2	Практические занятия	<b>12</b>
	РД3	Лабораторные занятия	<b>6</b>
		Самостоятельная работа	<b>10</b>
<b>Раздел 3. Специальные функции</b>	РД1	Лекции	<b>12</b>
	РД2	Практические занятия	<b>12</b>
	РД3	Лабораторные занятия	<b>6</b>
		Самостоятельная работа	<b>12</b>

Содержание разделов дисциплины:

**Раздел 1. Дифференциальные уравнения в частных производных 1-го и 2-го порядков в задачах математической физики**

##### Темы лекций:

Лекция 1. Квазилинейные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка. Характеристические уравнения. Задача Коши для линейных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.

Лекция 2. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными. Каноническая форма уравнений. Приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка

<sup>1</sup> Общая трудоёмкость контактной работы и виды контактной работы в соответствии учебным планом

с двумя независимыми переменными.

Лекция 3. Уравнения в частных производных в физических задачах колебаний, диффузии, теплопроводности, стационарных процессов. Постановка начальных и краевых задач для уравнений математической физики. Корректность постановки задач математической физики.

#### **Темы практических занятий:**

Практическое занятие 1. Квазилинейные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка. Решение квазилинейных уравнений методом характеристик.

Практическое занятие 2. Примеры классификации уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными. Приведение к каноническому виду. Частные методы нахождения общего решения, канонической формы.

Практическое занятие 3. Решение задачи Коши для уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными.

Практическое занятие 4. Вывод модельных уравнений с частными производными в физических задачах. Примеры колебательных процессов. Вывод модельных уравнений, описывающих процессы диффузии и теплопроводности. Уравнения стационарных процессов.

#### **Темы лабораторных работ:**

Лабораторная работа 1. Решение дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка с помощью характеристик.

Лабораторная работа 2. Решение задачи Коши для уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными.

<b>Раздел 2. Методы решения задач математической физики без использования специальных функций</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------

#### **Темы лекций:**

Лекция 4. Решение однородного и неоднородного уравнения Даламбера. Формула Даламбера. Принцип Дюамеля. Решение для полупрямой и отрезка.

Лекция 5. Задача Штурма-Лиувилля для обыкновенного дифференциального уравнения, спектр собственных значений и собственных функций и их свойства.

Лекция 6. Смешанная задача для одномерного волнового уравнения с однородными граничными условиями. Метод Фурье.

Лекция 7. Разделение переменных в уравнении Лапласа в прямоугольной области. Задачи Дирихле и Неймана.

Лекция 8. Решение первой и второй краевых задач для круга методом разделения переменных.

Лекция 9. Решение задачи о колебаниях прямоугольной мембраны методом Фурье.

Лекция 10. Метод функции Грина при решении уравнений эллиптического и параболического типов. Дельта-функция и ее свойства. Свойства функции Грина. Формулы Грина.

#### **Темы практических занятий:**

Практическое занятие 5. Решение задачи Коши для одномерного однородного и неоднородного уравнения Даламбера. Решение волнового уравнения с помощью формулы Даламбера.

Практическое занятие 6. Задача Штурма-Лиувилля для обыкновенного дифференциального уравнения. Спектр собственных значений и собственные функции. Свойства собственных

значений и собственных функций.

Практическое занятие 7. Решение смешанной задачи для одномерного волнового уравнения с однородными граничными условиями методом Фурье. Решение смешанной задачи для одномерного уравнения теплопроводности с однородными граничными условиями методом Фурье.

Практическое занятие 8. Разделение переменных в уравнении Лапласа в прямоугольной области. Задача Дирихле и задача Неймана.

Практическое занятие 9. Решение первой и второй краевых задач для круга методом разделения переменных.

Практическое занятие 10. Понятие о функции Грина. Свойства функции Грина. Решение задачи Коши с помощью функции Грина для однородного уравнения теплопроводности. Формула Пуассона.

#### **Темы лабораторных работ:**

Лабораторная работа 3. Задача Коши для одномерного однородного и неоднородного уравнения Даламбера.

Лабораторная работа 4. Смешанная задача для одномерного волнового уравнения с однородными граничными условиями.

Лабораторная работа 5. Ортогональные системы функций.

### **Раздел 3. Специальные функции**

#### **Темы лекций:**

Лекция 11. Основные и обобщенные функции. Свойства обобщенных функций и действия над ними. Дельта-функция Дирака и ее свойства. Дельтаобразные последовательности. Гамма- и бета- функции.

Лекция 12. Уравнение Бесселя. Функции Бесселя первого рода и их свойства. Функции Бесселя второго порядка и их линейная независимость. Общее решение уравнения Бесселя для произвольных значений индекса.

Лекция 13. Рекуррентные соотношения для функций Бесселя. Функции Бесселя полуцелого индекса. Функции Бесселя 3-го рода. Уравнение Бесселя с параметром. Модифицированные функции Бесселя 1-го и 2-го рода. Задача Штурма-Луивилля для уравнения Бесселя.

Лекция 14. Ряды Фурье-Бесселя и Дини. Полиномы Лежандра. Формула Родрига. Интеграл Шлефли. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра. Ортогональность полиномов Лежандра.

Лекция 15. Ряд Фурье-Лежандра. Присоединенные функции Лежандра. Сферические функции.

Лекция 16. Производящая функция полиномов Эрмита. Формула Родрига. Рекуррентные соотношения для полиномов Эрмита. Ортогональность полиномов Эрмита. Ряд Фурье-Эрмита.

#### **Темы практических занятий:**

Практическое занятие 11. Обобщенные функции и их свойства. Дельта-функция Дирака и ее свойства. Дельтаобразные последовательности.

Практическое занятие 12. Гамма- и бета- функции. Функции Бесселя. Уравнение Бесселя. Функции Бесселя первого рода и их свойства.

Практическое занятие 13. Функции Бесселя второго порядка и их линейная независимость. Общее решение уравнения Бесселя для произвольных значений индекса. Рекуррентные соотношения для функций Бесселя. Функции Бесселя полуцелого индекса.

Практическое занятие 14. Задача Штурма-Луивилля для уравнения Бесселя.

Практическое занятие 15. Полиномы Лежандра. Формула Родрига. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра. Ряд Фурье-Лежандра. Присоединенные функции

Лежандра.

Практическое занятие 16. Сферические функции. Полиномы Эрмита. Формула Родрига. Ортогональность полиномов Эрмита. Ряд Фурье-Эрмита.

### **Темы лабораторных работ:**

Лабораторная работа 6. Уравнение Бесселя. Функции Бесселя первого рода и их свойства.

Лабораторная работа 7. Функции Бесселя второго порядка и их линейная независимость.

Лабораторная работа 8. Разделение переменных в уравнении Лапласа в цилиндрической системе координат.

## **5. 5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **Основная литература**

1. Методы математической физики. Уравнения математической физики [Т. 2, ч. 2] : учебное пособие для вузов / В. Г. Багров [и др.]; Томский политехнический университет ; Томский государственный университет ; Московский институт электроники и математики. — Томск: Изд-во НТЛ, 2002. — 646 с.. — Библиогр.: с. 636-638. — Предм. указ.: с. 639-640.. — ISBN 5-89503-153-2

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C46287>

2. Методы математической физики. Основы комплексного анализа. Элементы вариационного исчисления и теории обобщенных функций : учебное пособие / В. Г. Багров [и др.]; Томский политехнический университет ; Томский государственный университет ; Московский институт электроники и математики. — Томск: Изд-во НТЛ, 2002. — 672 с.: ил.. — Библиогр.: с. 664-667. — Предм. указ.: с. 668-670.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C42910>

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C278769>

3. Тихонов, Андрей Николаевич. Уравнения математической физики : учебное пособие для университетов / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. — 4-е изд., испр.. — Москва: Наука, 1972. — 735 с.: ил.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C55481>

#### **Дополнительная литература**

1. Шубин, Михаил Александрович. Лекции об уравнениях математической физики / М. А. Шубин. — 2-е изд., испр. — Москва: МЦНМО, 2003. — 303 с. — Современные лекционные курсы. — Библиогр.: с. 294-297. — Указ. обозначений: с. 298-299. — Предм. указ.: с. 300-302. — ISBN 5-900916-97-9.  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C58472>
2. Арнольд, Владимир Игоревич. Лекции об уравнениях с частными производными / В. И. Арнольд. — 3-е изд., стер. — Москва: ФАЗИС, 1999. — 180 с. — Библиотека студента-математика; Вып. 2. — ISBN 5-7036-0050-2  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C27639>
3. Демидов, Александр Сергеевич. Обобщенные функции в математической физике. Основные идеи и понятия / А. С. Демидов. — Москва: Изд-во МГУ, 1992. — 111 с.: ил. — Математика. — ISBN 5-211-02690-X.  
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C26482>

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

- Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>  
 Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>  
 Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>  
 Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

Лицензионные версии программ на сервере программного обеспечения ТПУ [var.tpu.ru](http://var.tpu.ru) (<https://appserver01.main.tpu.ru/RDWeb/Pages/en-US/Default.aspx>)

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для лекционных, практических и лабораторных занятий:

<p>Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, учебный корпус 10, аудитория 421</p>	<p>Комплект оборудования для проведения лекционных и практических занятий по основным разделам Математики (Математика 1, Математика 2, Математика 3, Математика 4.3, Дифференциальные уравнения, Теория вероятностей, Математическая статистика, Алгебра и геометрия, Функциональный анализ и др.), курсов вариативной части (Страхование и актуарные расчеты, Численные методы, Многомерные статистические методы, Теория случайных процессов и др.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Доска аудиторная настенная - 2 шт.;</li> <li>– Комплект учебной мебели на 80 посадочных мест;</li> <li>– Компьютер - 1 шт.;</li> <li>– Проектор - 1 шт.;</li> <li>– Acrobat Reader DC and Runtime Software Distribution Agreement;</li> <li>– Visual C++ Redistributable Package;</li> <li>– Mozilla Public License 2.0;</li> <li>– K-Lite Codec Pack;</li> <li>– GNU Lesser General Public License 3;</li> <li>– GNU Affero General Public License 3;</li> <li>– Far Manager;</li> <li>– Chrome;</li> <li>– Berkeley Software Distribution License 2-Clause.</li> </ul>
<p>Аудитория для проведения</p>	<p>Комплект оборудования для проведения лекционных,</p>

<p>учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, учебный корпус 10, аудитория 427-А</p>	<p>практических и лабораторных занятий по основным разделам Математики (Дифференциальные уравнения, Теория вероятностей, Математическая статистика, Алгебра и геометрия, Функциональный анализ и др.), курсов вариативной части (Страхование и актуарные расчеты, Численные методы, Многомерные статистические методы, Теория случайных процессов и др.) и программированию:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Доска аудиторная настенная - 1 шт.;</li> <li>– Шкаф для одежды - 1 шт.;</li> <li>– Шкаф для документов - 1 шт.;</li> <li>– Комплект учебной мебели на 10 посадочных мест;</li> <li>– Компьютер - 11 шт.;</li> <li>– Acrobat Reader DC and Runtime Software Distribution Agreement;</li> <li>– Visual C++ Redistributable Package;</li> <li>– Mozilla Public License 2.0;</li> <li>– GNU Lesser General Public License 3;</li> <li>– GNU Affero General Public License 3;</li> <li>– Chrome;</li> <li>– Berkeley Software Distribution License 2-Clause.</li> </ul>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики ООП ТПУ по направлению 01.03.02 «Прикладная математики и информатика», специализация «Компьютерное моделирование» (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Профессор ОИТ ИШИТР		Коваль Т.В.

Программа одобрена на заседании кафедры Программной инженерии (протокол № 49 от «26» мая 2017 г.).

Заведующий кафедрой - руководитель ОИТ

на правах кафедры, к.т.н., доцент  /Шерстнев В.С./

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения ядерно- топливного цикла (протокол)