

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 29.08.2024 10:17:47  
Уникальный программный ключ:  
891934b8c2cf7b9350abe51cdd3096e877fe167

|   |              |                        |               |
|---|--------------|------------------------|---------------|
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  |              |                        |               |
| Математический факультет<br>Кафедра математического анализа   |              |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |              |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 1 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

И.В. Бычков

2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)\*

### 2.1.1.3 «Дифференциальные уравнения и математическая физика»

**Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика**

**Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика**

Высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения  
очная

Челябинск, 2023

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

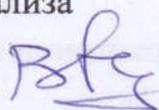
© ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

|   |              |                        |               |
|---|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |              |                        |               |
| Математический факультет<br>Кафедра математического анализа   |              |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |              |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 2 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

Программа по дисциплине «Дифференциальные уравнения и математическая физика» составлена в соответствии с паспортом научной специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика и федеральными государственными требованиями (уровень образования: высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации), утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951.

Разработчики программы:

Профессор кафедры математического анализа  
 доктор физико-математических наук,  
 профессор



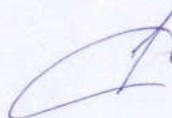
В.Е. Федоров

Программа одобрена на заседании кафедры математического анализа от 07 апреля 2023 г., протокол № 9.

Программа утверждена на заседании Ученого совета математического факультета от 25 мая 2023 г., протокол № 9.

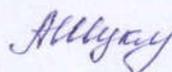
Согласовано

Декан математического факультета



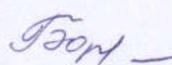
Е.А. Сбродова

И.о. заведующий кафедрой  
 математического анализа



А.Ф. Шуклина

Заведующий отделом аспирантуры  
 и докторантуры



Н. В. Бочкарева

|   |              |                        |               |
|---|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |              |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |              |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |              |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 3 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

**Аннотация программы:** Дисциплина «Дифференциальные уравнения и математическая физика» относится к программам по подготовке к кандидатским экзаменам. Программа включает в себя несколько разделов дополнительных глав анализа: обыкновенные дифференциальные уравнения; уравнения в частных производных. Учебный процесс подразумевает изучение теоретического материала и решение модельных задач.

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины.

**Цели дисциплины:** изучение обыкновенных дифференциальных уравнений; уравнений в частных производных.

**Задачи дисциплины:**

В результате обучения обучающийся должен:

- знать: основные результаты теории дифференциальных уравнений, в том числе касающиеся динамических систем и задач оптимального управления;
- уметь: интегрировать дифференциальные уравнения основных классов, находить решения начальных и краевых задач для них, решать задачи оптимального управления системами, описываемыми дифференциальными уравнениями;
- владеть: основными понятиями и навыками теории дифференциальных уравнений и динамических систем, теории оптимального управления.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дифференциальные уравнения и математическая физика» является обязательной. Преподавание дисциплины осуществляется на втором курсе (4 семестр). Общая трудоемкость дисциплины, в том числе и промежуточная аттестация, составляет 3 зачетных единиц/108 часов, из них контактная работа с преподавателем составляет - 0,33 зачетных единиц/12 часов (практические – 12 часов), самостоятельная работа – 2,45 зачетных единиц/88 часов, контроль – 0,22 зачетная единица/8 часов.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой математической подготовкой, навыками решения стандартных задач и владеть основными понятиями математического, комплексного и функционального анализа, алгебры и геометрии, теории обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений математической физики и вариационного исчисления в рамках университетского курса для студентов-математиков.

Дисциплина «Дифференциальные уравнения и математическая физика»

|   |              |                        |               |
|---|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |              |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |              |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |              |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 4 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

призвана помочь аспирантам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение кандидатской диссертации, а также подготовиться к сдаче кандидатского минимума по соответствующей специальности.

**Требования к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося, необходимые при изучении дисциплины**

| Знать  | Уметь   | Владеть   |
|--|---|---|
| Основные методы научно-исследовательской деятельности  | Выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач | Навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования |
| фундаментальные основы дифференциальных уравнений, динамических систем и оптимального управления | применять методы математического анализа, дифференциальных уравнений и динамических систем при решении задач высшей математики  | навыками решения задач, связанных с дифференциальными уравнениями   |

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Результаты обучения по дисциплине |   |
|-----------------------------------|---|
| знать                             | современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности                  |
|                                   | основные понятия, результаты и методы современных дифференциальных уравнений, динамических систем и оптимального управления |
|                                   | постановки классических задач дифференциальных уравнений, динамических систем и оптимального управления                     |
| уметь                             | выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования         |

|   |              |                        |               |
|---|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |              |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |              |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |              |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 5 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

|         |   |
|---------|---|
|         | решать задачи, связанные с дифференциальными уравнениями, современными методами динамических систем и оптимального управления                           |
|         | разрабатывать и применять методы современных дифференциальных уравнений, динамических систем и оптимального управления для решения задач                |
| владеть | навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований |
|         | навыками планирования научного исследования, анализа полученных результатов и формулировки выводов  |
|         | навыками постановки задач, связанных с дифференциальными уравнениями  |

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

| Вид работы                           | Семестр |   |   |                  | Всего |
|--------------------------------------|---------|---|---|------------------|-------|
|                                      | 1       | 2 | 3 | 4                |       |
| Общая трудоёмкость, акад. часов      | -       | - | - | 108              | 108   |
| Контактная работа:                   | -       | - | - | 12               | 12    |
| Лекции, акад. часов                  | -       | - | - | -                |       |
| Практические (семинары), акад. часов | -       | - | - | 12               | 12    |
| Лабораторные работы, акад. часов     | -       | - | - | -                |       |
| Самостоятельная работа, акад. часов  | -       | - | - | 88               | 88    |
| Контроль                             | -       | - | - | 8                | 8     |
| Вид контроля (зачёт, экзамен)        | -       | - | - | канд.<br>экзамен |       |

|   |              |                        |               |
|---|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |              |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |              |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |              |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 6 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

| № раздела | Наименование раздела                    | Количество часов |                   |                        |             |                        | Форма текущего контроля |               |
|-----------|---|------------------|-------------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------------------|---------------|
|           |   | Всего            | Контактная работа |                        |             | Самостоятельная работа |                         |               |
|           |   |                  | Лекции            | Практические, семинары | Лаб. работы |                        |                         | Контроль      |
| 1         | Обыкновенные дифференциальные уравнения | 50               | -                 | 6                      | -           | -                      | 44                      | Доклад        |
| 2         | Уравнения в частных производных         | 50               | -                 | 6                      | -           | -                      | 44                      | Реферат       |
|           | Контроль                                | 8                | -                 | -                      | -           | 8                      |                         | Канд. экзамен |
|           | <b>Итого:</b>                           | <b>108</b>       |                   | <b>12</b>              |             | <b>8</b>               | <b>88</b>               |               |

| № раздела | Наименование раздела                    | Содержание раздела*  |
|-----------|---|--|
| 1         | Обыкновенные дифференциальные уравнения | <ol style="list-style-type: none"> <li>Теорема существования и единственности решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.</li> <li>Гладкость решения задачи Коши по начальным данным и параметрам, входящим в правые части системы уравнений. Продолжение решения.</li> <li>Общая теория линейных уравнений и систем (область существования решения, фундаментальная матрица Коши, формула Лиувилля-Остроградского, метод вариации постоянных и др.).</li> <li>Автономные системы уравнений. Положения равновесия. Предельные циклы.</li> <li>Устойчивость по Ляпунову. Теорема Ляпунова об устойчивости положения равновесия по первому приближению.</li> <li>Задачи оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина (без доказательства), приложение к задачам быстрогодействия для линейных систем.</li> <li>Дифференциальные игры. Уравнение Р. Айзекса.</li> </ol> |

|   |              |                        |               |
|---|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |              |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |              |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |              |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 7 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

|   |                                 |   |
|---|---------------------------------|---|
|   |                                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>8. Стабильные мосты и экстремальные стратегии.</li> <li>9. Краевая задача для линейного уравнения или системы уравнений.<br/>Функция Грина. Представление решения краевой задачи.</li> <li>10. Задача Штурма - Лиувилля для уравнения второго порядка.<br/>Свойства собственных функций.</li> <li>11. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений с комплексными аргументами. Доказательство теоремы существования и единственности аналитического решения методом мажорант.</li> <li>12. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью. Теорема существования и единственности решения при условиях Каратеодори.</li> <li>13. Линейные и квазилинейные уравнения с частными производными первого порядка. Характеристики. Задача Коши. Теория Гамильтона – Якоби.</li> </ol>   |
| 2 | Уравнения в частных производных | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Системы уравнений с частными производными типа Ковалевской. Аналитические решения. Теория Коши - Ковалевской.</li> <li>2. Классификация линейных уравнений второго порядка на плоскости.<br/>Характеристики.</li> <li>3. Задача Коши и начально-краевые задачи для волнового уравнения и методы их решения. Свойства решений (характеристический конус, конечность скорости распространения волн, характер переднего и заднего фронтов волны и др.).</li> <li>4. Задачи Дирихле и Неймана для уравнения Пуассона и методы их решения. Свойства решений (принцип максимума, гладкость, теоремы о среднем и др.)</li> <li>5. Задача Коши и начально-краевые задачи для уравнения теплопроводности и методы их решения. Свойства решений (принцип максимума, бесконечная скорость распространения, функция источника и др.)</li> <li>6. Обобщенные функции. Свертка обобщенных функций, преобразование Фурье.</li> <li>7. Пространства Соболева <math>W_p^m</math>. Теоремы вложения, следы функций из <math>W_p^m</math> на границе области.</li> </ol> |

|   |              |                        |               |
|---|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |              |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |              |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |              |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 8 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | 8. Обобщенные решения краевых задач для эллиптического уравнения второго порядка. Задачи на собственные функции и собственные значения.<br>9. Псевдодифференциальные операторы (определение, основные свойства).<br>10. Нелинейные гиперболические уравнения. Основные свойства.<br>11. Монотонные нелинейные эллиптические уравнения. Основные свойства.<br>12. Монотонные нелинейные параболические уравнения. Основные свойства. |
|--|--|---|

\*Содержание разделов составлено в соответствии с паспортом научной специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика

## 5. Образовательные технологии

- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- интерактивные технологии;
- применение новых методов обучения, связанных с использованием возможностей виртуальной информационной среды (мультимедийные технологии).

В соответствии с утвержденной основной образовательной программой по научной специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика (направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика) программа дисциплины «Дифференциальные уравнения и математическая физика» предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков у обучающихся. Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- использование принципов социально-психологического обучения в учебной и научной деятельности;

|   |              |                        |               |
|---|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |              |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |              |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |              |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 9 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности аспиранта и достижения ряда важнейших образовательных целей: стимулирование мотивации и интереса в области углубленного изучения теории динамических систем в общеобразовательном и профессиональном плане; повышение уровня активности и самостоятельности научно-исследовательской работы; развитие навыков анализа, критичности мышления, научной коммуникации.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Дифференциальные уравнения и математическая физика»

| № | Контролируемые разделы дисциплины       | Результаты обучения  | Наименование оценочного средства |
|---|---|--|----------------------------------|
| 1 | Обыкновенные дифференциальные уравнения | <b>знать:</b> современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности<br><b>уметь:</b> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования<br><b>владеть:</b> навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований | Доклад                           |
| 2 | Уравнения в частных производных         | <b>знать:</b> основные понятия, результаты и методы современных дифференциальных уравнений и динамических систем.  | Реферат                          |

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 10 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | <b>уметь:</b> решать задачи, связанные с дифференциальными уравнениями, современными методами динамических систем и оптимального управления<br><b>владеть:</b> навыками постановки задач, связанных с дифференциальными уравнениями |  |
|--|--|---|--|

## 6. 2. Оценочные средства

### *Текущий контроль*

#### **Реферат**

Пишется в соответствии с общими требованиями к реферативным работам, представляет собой обзор мнений, точек зрения, научных положений по определенной тематике. Аспирант подготавливает к экзамену реферат своего научного исследования (диссертации), ориентированный на требования к автореферату кандидатской диссертации.

#### *Темы доклада*

1. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.
2. Автономные системы уравнений. Положения равновесия. Предельные циклы.
3. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.
4. Задача Штурма - Лиувилля для уравнения второго порядка. Свойства собственных функций.
5. Обобщенные функции. Свертка обобщенных функций, преобразование Фурье.
6. Нелинейные гиперболические уравнения. Основные свойства.
7. Задачи Дирихле и Неймана для уравнения Пуассона и методы их решения. Свойства решений (принцип максимума, гладкость, теоремы о среднем и др.).

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 11 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

### *Темы рефератов*

1. Гладкость решения задачи Коши по начальным данным и параметрам, входящим в правые части системы уравнений. Продолжение решения.
2. Общая теория линейных уравнений и систем (область существования решения, фундаментальная матрица Коши, формула Лиувилля-Остроградского, метод вариации постоянных и др.).
3. Устойчивость по Ляпунову. Теорема Ляпунова об устойчивости положения равновесия по первому приближению.
4. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью. Теорема существования и единственности решения при условиях Каратеодори.
5. Линейные и квазилинейные уравнения с частными производными первого порядка. Характеристики.
6. Задача Коши и начально-краевые задачи для волнового уравнения и методы их решения. Свойства решений (характеристический конус, конечность скорости распространения волн, характер переднего и заднего фронтов волны и др.).
7. Монотонные нелинейные эллиптические уравнения. Основные свойства.

### *Промежуточная аттестация*

**Вопросы** к экзамену формируются в соответствии с программой кандидатского минимума и паспортом научной специальности 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика.

#### **Реферат**

Пишется в соответствии с общими требованиями к реферативным работам, представляет собой обзор мнений, точек зрения, научных положений по тематике диссертации (проводится собеседование и выставляется оценка).

**Экзамен** проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса.

За ответ по каждому вопросу выставляется оценка. По результатам ответов за экзамен выводится единая оценка по пятибалльной системе.

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 12 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

### *Вопросы к кандидатскому экзамену*

|    |   |
|----|---|
| 1  | Теорема существования и единственности решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.   |
| 2  | Гладкость решения задачи Коши по начальным данным и параметрам, входящим в правые части системы уравнений. Продолжение решения.   |
| 3  | Общая теория линейных уравнений и систем (область существования решения, фундаментальная матрица Коши, формула Лиувилля-Остроградского, метод вариации постоянных и др.).   |
| 4  | Автономные системы уравнений. Положения равновесия. Предельные циклы.   |
| 5  | Устойчивость по Ляпунову. Теорема Ляпунова об устойчивости положения равновесия по первому приближению.   |
| 6  | Задачи оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина (без доказательства), приложение к задачам быстрогодействия для линейных систем.   |
| 7  | Дифференциальные игры. Уравнение Р. Айзекса.  |
| 8  | Стабильные мосты и экстремальные стратегии.   |
| 9  | Краевая задача для линейного уравнения или системы уравнений. Функция Грина. Представление решения краевой задачи.  |
| 10 | Задача Штурма - Лиувилля для уравнения второго порядка. Свойства собственных функций.   |
| 11 | Системы обыкновенных дифференциальных уравнений с комплексными аргументами. Доказательство теоремы существования и единственности аналитического решения методом мажорант.  |
| 12 | Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью. Теорема существования и единственности решения при условиях Каратеодори.  |
| 13 | Линейные и квазилинейные уравнения с частными производными первого порядка. Характеристики. Задача Коши. Теория Гамильтона – Якоби.   |
| 14 | Системы уравнений с частными производными типа Ковалевской. Аналитические решения. Теория Коши - Ковалевской.   |
| 15 | Классификация линейных уравнений второго порядка на плоскости. Характеристики.  |
| 16 | Задача Коши и начально-краевые задачи для волнового уравнения и методы их решения. Свойства решений (характеристический конус, конечность скорости распространения волн, характер переднего и заднего фронтов волны и др.). |
| 17 | Задачи Дирихле и Неймана для уравнения Пуассона и методы их решения. Свойства решений (принцип максимума, гладкость, теоремы о среднем и др.)   |
| 18 | Задача Коши и начально-краевые задачи для уравнения теплопроводности и методы их решения. Свойства решений (принцип максимума, бесконечная скорость распространения, функция источника и др.)                               |

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 13 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

|    |  |
|----|--|
| 19 | Обобщенные функции. Свертка обобщенных функций, преобразование Фурье.  |
| 20 | Пространства Соболева $W_p^m$ . Теоремы вложения, следы функций из $W_p^m$ на границе области.                                       |
| 21 | Обобщенные решения краевых задач для эллиптического уравнения второго порядка. Задачи на собственные функции и собственные значения. |
| 22 | Псевдодифференциальные операторы (определение, основные свойства).   |
| 23 | Нелинейные гиперболические уравнения. Основные свойства.   |
| 24 | Монотонные нелинейные эллиптические уравнения. Основные свойства.  |
| 25 | Монотонные нелинейные параболические уравнения. Основные свойства.   |

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене/зачете.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 14 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

### 6.3. Критерии оценивания результатов обучения

Оценивание результатов обучения проводится по пятибалльной шкале:

**«Отлично» (5 баллов)** – за полное выполнение заданий.

**«Хорошо» (4 балла)** – за правильный подход при небольших ошибках в рассуждениях и вычислениях.

**«Удовлетворительно» (3 балла)** – за правильный подход при существенных ошибках в вычислениях.

**«Неудовлетворительно» (1-2 балла)** – за отсутствие выполнения задания, за выполнение вычислений без обоснования.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся:

а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме на языке Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);

б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);

в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно на языке Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) может проводиться в несколько этапов.

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 15 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

**Самостоятельная работа** аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам и доступом к сети Интернет.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к самостоятельной научно-исследовательской деятельности;
- овладению приемами процесса познания и развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа аспирантов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов.

### **Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся:**

Самостоятельная работа аспиранта является показателем научного потенциала, умения работы с литературными источниками и нормативными актами, материалами экономической и педагогической практики, способности аспиранта к самостоятельному анализу проблемных вопросов. Она состоит в изучении учебной и научной литературы, в выполнении заданий для самостоятельной работы.

Аспиранты очной, а также и заочной форм обучения изучают и накапливают теоретический и практический материал по большей части самостоятельно. На кафедре экономической теории и регионального развития в списке рекомендованной литературы предложен объем учебной и научной литературы, следовательно, аспиранту необходимо как можно чаще обращаться к фондам научных библиотек, а также и к периодической литературе, следить за новеллами в области развития экономики. При изучении научной, учебной литературы необходимо сопоставить содержание имеющейся в наличии литературы с программой кандидатского экзамена по специальности. В случае отсутствия того или иного источника литературы, необходимо обратиться к фондам Российской государственной библиотеки (г. Москва). Аспирант должен

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 16 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

провести тщательную подготовительную работу с научной литературой по своей специальности, освоить теоретические, общие и частнонаучные методы поиска.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

### **Основная литература**

(\* литература, имеющаяся в библиотеке ЧелГУ или электронной библиотечной системе; \*\* литература, имеющаяся в электронной библиотечной системе)

1. \* Арнольд, В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения [Текст] : [учебник] / В. И. Арнольд. — Изд. 2-е, стер. — Москва : МЦНМО, 2018. — 343 с.
2. \*\* Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1887-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212129>.
3. \*\* Розендорн, Э. Р. Уравнения с частными производными : учебник / Э. Р. Розендорн, Е. С. Соболева, Г. М. Фатеева. — 2-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. — 336 с. — ISBN 978-5-9221-1756-2. — Текст : © ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 17 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/104991>.

4. \* Филиппов, А. Ф. Введение в теорию дифференциальных уравнений [Текст] : учебник для вузов / А. Ф. Филиппов. — Изд. стер. — Москва : [Ленанд, 2015]. — 239 с.

### Дополнительная литература

1.\*Айзекс, Р. Дифференциальные игры [Текст] / Р. Айзекс ; пер. с англ. В. И. Аркина, Э. Н. Симаковой ; под ред. М. И. Зеликина ; предисл. Л. С. Понтрягина. — М. : Мир, 1967. — 479 с.

2.\*Алексеев, В. М. Оптимальное управление [Текст] : учебное пособие для вузов / В. М. Алексеев, В. М. Тихомиров, С. В. Фомин. — Москва : Наука, 1979. — 430 с.

3.\*\* Арнольд, В. И. Геометрические методы в теории обыкновенных дифференциальных уравнений : учебное пособие / В. И. Арнольд. — 4-е, изд. — Москва : МЦНМО, 2012. — 384 с. — ISBN 978-5-4439-2069-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/56388>.

4. \*\* Арнольд, В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений / В.И. Арнольд. - Москва : Издательство Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1978. - 306 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=479567>.

5.\*\* Васильева, Е. В. Периодические системы дифференциальных уравнений с бесконечным множеством устойчивых периодических решений : монография / Е. В. Васильева. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 130 с. — ISBN 978-5-8114-1893-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212081>.

6.\*\* Владимиров, В. С. Уравнения математической физики : учебник / В. С. Владимиров, В. В. Жаринов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2000. — 400 с. — ISBN 5-9221-0011-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2363>.

7.\*\* Гельфанд, И. М. Обобщенные функции и действия над ними : учебное пособие : [16+] / И. М. Гельфанд, Г. Е. Шиллов. – Изд. 2-е. – Москва : Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. – 473 с. – (Обобщенные функции. Вып. 1). – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459735> .

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 18 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

8. \*\* Гельфанд, И. М. Пространства основных и обобщенных функций / И. М. Гельфанд, Г. Е. Шилов. – Москва : Государственное издательство физико-математической литературы, 1958. – 308 с. : ил. – (Обобщенные функции. Вып. 2). – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468172>.
9. \* Демиденко, Г. В. Уравнения и системы, не разрешенные относительно старшей производной [Текст] / Г. В. Демиденко, С. В. Успенский. — Новосибирск : Науч. кн., 1998. — 438 с.
10. \* Иоффе, А. Д. Теория экстремальных задач [Текст] / А. Д. Иоффе, В. М. Тихомиров. — М. : Наука, 1974. — 479 с.
11. \* Красовский, Н. Н. Позиционные дифференциальные игры [Текст] / Н. Н. Красовский, А. И. Субботин. — М. : Наука, 1974. — 456 с. : ил. — Предм указ.: с. 456.
12. \* Курант, Р. Уравнения с частными производными [Электронный ресурс] / Р. Курант ; под ред. О. А. Олейник ; пер. с англ. Т. Д. Вентцель. — Москва : Мир, 1964. — 830 с.
13. \* Лакс, П. Д. Гиперболические дифференциальные уравнения в частных производных [Текст] / П. Д. Лакс ; пер. с англ. А. А. Коршуновой ; под науч. ред. О. С. Розановой. — Москва ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, 2010
14. \* Понтрягин, Л. С. Математическая теория оптимальных процессов [Текст] / Л. С. Понтрягин [и др.]. — 4-е изд., стер. — Москва : Наука, 1983. — 392 с.
15. \* Понтрягин, Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения [Текст] : учебник для государственных университетов / Л. С. Понтрягин. — М. : Физматгиз, 1961. — 311 с.
16. \*\* Свешников, А. А. Прикладные методы теории случайных функций : учебное пособие / А. А. Свешников. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-1168-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210539> .
17. \* Свиридюк, Г. А. Линейные уравнения соболевского типа : Учебное пособие для вузов / Г. А. Свиридюк, В. Е. Федоров. — Челябинск : Изд-во ЧелГУ, 2003. — 179 с.
18. \* Субботин, А. И. Обобщенные решения уравнений в частных производных первого порядка [Текст] : перспективы динамической оптимизации / А. И. Субботин ; пер. с англ. Н. Н. Субботиной. — М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2003. — 335 с.

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 19 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

19. \*\* Треногин, В. А. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учебник / В. А. Треногин. – Москва : Физматлит, 2009. – 312 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82614>
- 20.\*\* Треногин, В. А. Уравнения в частных производных : учебное пособие / В. А. Треногин, И. С. Недосекина. – Москва : Физматлит, 2013. – 227 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275574>
21. \*Филиппов, А. Ф. Дифференциальные уравнения [Текст] : методические указания для студентов-заочников математических факультетов университетов / А. Ф. Филиппов. — М. : Изд-во МГУ, 1986. — 65 с.
- 22.\*Шубин, М. А. Псевдодифференциальные операторы и спектральная теория [Текст] / М. А. Шубин. — М. : Наука, 1978. — 279 с.
- 23.\*\* Корпусов, М. О. Нелинейный функциональный анализ и математическое моделирование в физике : методы исследования нелинейных операторов / М. О. Корпусов, А. Г. Свешников. – Москва : КРАСАНД, 2011. – 474 с. –URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467682>.
- 24.\*Олейник, О. А. Лекции об уравнениях с частными производными [Текст] / О. А. Олейник. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. — 260 с.

### Электронные фонды и ресурсы

Средством доступа к системе собственных электронных ресурсов является сайт библиотеки [www.lib.csu.ru](http://www.lib.csu.ru). Электронный каталог обеспечивает полное и оперативное представление о библиотечном фонде, повышает качество и эффективность поиска информации – более ,5 млн. записей.

1. *Электронный каталог. Библиографические базы данных.*

Книги, электронные ресурсы, диссертации и авторефераты.

2. *Электронная библиотека.*

Издания ЧелГУ, УМК; диссертации, защищенные в советах ЧелГУ, резервные коллекции, фонд редких книг, электронный справочник «Информио», статистические издания России и стран СНГ.

3. *Реферативные*

Базы данных ИНИОН РАН, базы данных ВИНТИ, Scopus (<http://www.scopus.com>), Science (архив).

4. *Полнотекстовые*

Базы данных диссертаций РГБ, АРБИКОН, SIGLA, научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>, подписка на полнотекстовую коллекцию российских научных журналов (20-205, 48 наименований), издательств:

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 20 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

Taylor&Francis, Sage Publications (архив научных журналов); Springer, Wiley (<http://onlinelibrary.wiley.com>).

5. *Электронно-библиотечные системы с возможностью* пользования лицензионными материалами из любой точки, имеющей доступ к сети Интернет (регистрация из сети университета персонального аккаунта): Университетская библиотека онлайн ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)), Лань ([www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)).

### Интернет-ресурсы

- eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. – URL: <http://e.lanbook.com>
- Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. – URL: <http://biblioclub.ru>

### Лицензионное программное обеспечение по дисциплине (модулю)

- MS Office365
- Adobe Reader
- MikTex
- WinDjView

## 8. Материально-техническое обеспечение

Для проведения занятий по дисциплине «Дифференциальные уравнения и математическая физика», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, а также эффективное выполнение выпускной квалификационной работы (диссертации):

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 21 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

– лекционные аудитории, оснащенные мультимедийными комплексами на основе антивандальной трибуны;

– специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;

– методические материалы для проведения самостоятельной работы по дисциплине.

На математическом факультете имеются учебные, научно-исследовательские лаборатории, оснащенные современными компьютерами и мультимедийными комплексами: учебно-вычислительная лаборатория (2 компьютерных класса, 24 компьютера), лаборатория методов оптимизации и моделирования игровых ситуаций, учебно-научная лаборатория компьютерной геометрии, учебно-научная лаборатория дифференциальных уравнений и теории операторов кафедры математического анализа, научно-исследовательская лаборатория квантовой топологии, учебно-научная лаборатория технических средств обучения (10 компьютеров), учебно-научная лаборатория «Сетевой полигон» (15 компьютеров). Все компьютеры кафедр и лабораторий математического факультета объединены локальной сетью, имеют выход в Интернет. Факультет имеет собственный сайт [math.csu.ru](http://math.csu.ru), на котором выложены учебные и научные материалы, разработанные сотрудниками факультета. Помещение для самостоятельной работы (ауд.205,206).

Университет располагает компьютерными классами, объединенными в локальную сеть, выходом в Интернет, оснащенными современными высокопроизводительными компьютерами. Поддерживается собственный сайт: <http://csu.ru>.

Для получения высшего образования по программам аспирантуры инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья в университете имеются аудитории, оснащенные следующим оборудованием:

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)              |               |                        |               |
| <b>Математический факультет</b><br><b>Кафедра математического анализа</b>   |               |                        |               |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. «Дифференциальные уравнения и математическая физика»<br>Научная специальность – 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика<br>Направленность (профиль) – Дифференциальные уравнения и математическая физика |               |                        |               |
| Версия документа - 1  | Стр. 22 из 22 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

| Название кабинета   | Оборудование   |
|---|--|
| Тифлотехническая аудитория, кабинет А-28 первого учебного корпуса                     | Тифлотехнические средства: брайлевский компьютер с дисплеем и принтером, тифлокомплекс «Читающая машина», телевизионное увеличивающее устройство, тифломагнитолы кассетные (3 шт.) и цифровые диктофоны (6 шт.). Специальное программное обеспечение: программа речевой навигации JAWS, речевые синтезаторы («говорящая мышь»), экранные лупы. |
| Сурдотехническая аудитория, кабинет А-27 первого учебного корпуса                     | радиокласс «Сонет-Р» (на 6 человек), программируемые слуховые аппараты (6 шт.) индивидуального пользования с устройством задания режима работы на компьютере, аудиотехника.  |
| Аудитория адаптивных информационных технологий, кабинет А-27 первого учебного корпуса | Компьютерный класс на 2 мест, интерактивная доска ActiveBoard с системой голосования, акустический усилитель и колонки, мультимедийный проектор, телевизор, видеомагнитофон, устройство видеоконференцсвязи VCON HD3000.   |

Все указанные в настоящей рабочей программе дисциплины методическое и техническое обеспечение учебного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляется Региональным учебно-научным центром инклюзивного образования ЧелГУ.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

При изучении данной дисциплины используются семинарские (практические) занятия и самостоятельная работа аспиранта. На практических занятиях излагается основное содержание тем программы, рассматриваются основные методы и подходы.

Для наиболее эффективного изучения дисциплины аспиранту рекомендуется:

- посещать занятия, кратко и вдумчиво конспектировать материал, с указанием даты проведения занятия и темы;
- самостоятельно прорабатывать материал как после каждого занятия, так и по завершению темы, что позволяет связать воедино полученные сведения и составить цельную картину.