

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.
Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
президиумом
Ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

Дифференциальные уравнения
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
Бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.03 Радиофизика
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Радиофизика и электроника
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)
Бакалавр
(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения
Очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2022

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Дифференциальные уравнения» (код Б1.Б.15 по рабочему учебному плану) относится к базовой части ОПОП и является обязательной для освоения во 2-м семестре.

Эта дисциплина изучается на основе достигнутого уровня формирования компетенций при изучении ряда базовых дисциплин: «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра». Материал дисциплины тесным образом взаимосвязан с соответствующими разделами курсов «Электричество и магнетизм», «Колебания и волны, оптика», «Векторный и тензорный анализ», «Теоретическая механика». Формирование компетенций, происходящее при изучении данной дисциплины, получает окончательное завершение при изучении последующих дисциплин: базовой дисциплины «Численные методы», дисциплин вариативной части Блока 1 «Уравнения математической физики», «Электродинамика», «Теория колебаний», дисциплин по выбору «Асимптотические методы в теории волн», «Введение в теорию нелинейных волн», а также при прохождении производственной практики и в ходе итоговой государственной аттестации.

Формирование компетенций при изучении дисциплины «Дифференциальные уравнения» подкрепляется при прохождении учебной практики.

Опираясь на фундаментальные сведения из математического анализа, геометрии и высшей алгебры, «Дифференциальные уравнения» дают радиофизику одно из мощных средств для анализа математическими методами явлений и процессов различной природы.

Поэтому целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление с начальными навыками математического моделирования различных процессов и закономерностей реального мира, при этом важно показать возникающие принципиальные трудности при переходе от реального объекта к его математической идеализации, показать разницу между «хорошими» и «плохими моделями». Это важные естественнонаучные задачи курса;
- освоение классических методов дисциплины и связанных с ними современных качественных, численных и асимптотических методов. Это позволяет получать представление о поведении решений достаточно сложных модельных уравнений;
- подготовка фундаментальной базы для изучения дисциплин: «Теоретическая механика», «Уравнения математической физики», «Электродинамика», «Теория колебаний», «Механика сплошных сред»;
- воспитание у студентов математической культуры; формирование математического мышления;
- развитие способностей к самоорганизации и самообразованию.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<p><i>ОПК-1 — способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности</i></p> <p><i>(этап освоения - начальный)</i></p>	<p>Уметь: <i>У1 (ОПК-1) применять базовые знания естественных наук, математики и информатики</i></p> <p>Знать: <i>З1 (ОПК-1) основные факты из математического анализа, геометрии и алгебры и других дисциплин, на которые опирается изучение дисциплины «Дифференциальные уравнения»</i></p> <p>Владеть: <i>В1 (ОПК-1) математическим мышлением, математической культурой</i> <i>В2 (ОПК-1) способностью уточнить, переспросить, задать вопрос на тему предметной области</i> <i>В3 (ОПК-1) основными приемами проведения математических доказательств</i></p>
<p><i>ОПК-2 способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии</i></p> <p><i>(этап освоения - начальный)</i></p>	<p>Уметь: <i>У1 (ОПК-2)</i> 1. <i>Строить простейшие математические модели и исследовать их;</i> 2. <i>Качественно с помощью метода изоклин строить картины поведения интегрального уравнения 1-го порядка;</i> 3. <i>Интегрировать и находить решение задачи Коши для уравнений 1-го порядка, разрешенных относительно производной:</i> а) <i>уравнения с разделяющимися переменными и приводящиеся к ним;</i> б) <i>уравнения однородные и приводящиеся к ним;</i> в) <i>линейные уравнения;</i> г) <i>уравнения Бернулли и Риккати;</i> д) <i>уравнения в полных дифференциалах и приводящиеся к ним;</i> 4. <i>Находить общее решение и решение задачи Коши для уравнений 1-го порядка, не разрешенных относительно производной;</i> 5. <i>Находить общее решение линейных уравнений n-го порядка с постоянными коэффициентами. Находить частные решения с помощью метода вариации постоянных и метода Коши для линейных уравнений с постоянными и переменными коэффициентами.</i> 6. <i>Использовать способы понижения порядка для уравнений n-го порядка;</i> 7. <i>Решать линейные системы- однородные и неоднородные с постоянными коэффициентами;</i> 8. <i>Находить состояния равновесия автономных систем, определять их тип по первому приближению, строить фазовые портреты.</i></p>

	<p><i>Исследовать на устойчивость тривиальные решения линейных однородных систем, используя определения устойчивости по Ляпунову и критерии устойчивости (напр. Критерий Рауса-Гурвица)</i></p> <p><i>У2(ОПК-2) доказывать ранее изученные в рамках дисциплины математические утверждения;</i></p> <p><i>У3(ОПК-2) решать математические задачи (дифференциальные уравнения), которые требуют некоторой оригинальности мышления.</i></p> <p>Знать:</p> <p><i>З1 (ОПК-2) основные принципы, факты, понятия, аналитические и численные методы, изучаемые в дисциплине:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. понятия решения дифференциальных уравнений и систем уравнений, понятие об интегралах дифференциальных уравнений.</i> <i>2. Постановку задачи Коши для уравнений и систем дифференциальных уравнений.</i> <i>3. Теоремы существования и единственности для дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений.</i> <i>3. Теоремы о непрерывной зависимости от параметров, начальных условий; теорему о дифференцируемости решений по параметрам и начальным условиям.</i> <i>4. Теорию линейных уравнений и линейных систем.</i> <i>5. Теорию интегралов нормальных систем дифференциальных уравнений. Понятие о фазовом пространстве динамической системы.</i> <i>6. Теорию устойчивости. Устойчивость по первому приближению. Функцию Ляпунова.</i> <i>7. Уравнения с частными производными 1-го порядка. Общее решение. Решение задачи Коши.</i> <i>8. Численные методы решения дифференциальных уравнений (Эйлера, Рунге-Кутта и др.).</i> <p>Владеть:</p> <p><i>В1 (ОПК-2) терминологией предметной области;</i></p> <p><i>В2 (ОПК-2) принципами построения и выбора эффективных методов решения и интерпретации результатов</i></p> <p><i>В3 (ОПК-2) навыками математического моделирования для несложных динамических систем.</i></p>
--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 82 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем в процессе проведения занятий: 48 часов – занятия лекционного типа, 32 часа – занятия семинарского типа (научно-практические занятия, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации в форме экзамена); 98

часов составляет самостоятельная работа обучающегося (в том числе 54 часа — подготовка к экзамену).

3.2. Содержание дисциплины

Все виды занятий, указанные в таблице, проводятся в очной форме.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины*	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа, часы из них				Самост. работа студента, часы
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего	
Раздел 1. Введение: примеры и задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям	7	5	1		6	1
Раздел 2. Уравнения первого порядка, интегрируемые в квадратурах	16	7	5		12	4
Раздел 3. Уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной	8	4	2		6	2
Раздел 4. Математические модели детерминированных явлений.	6	3	2		5	1
Раздел 5. Дифференциальные уравнения n-го порядка.	16	7	4		11	5
Раздел 6. Линейные уравнения и системы	17	5	5		10	7
Раздел 7. Системы дифференциальных уравнений	16	5	4		9	7
Раздел 8. Устойчивость решений дифференциальных уравнений	21	7	4		11	10
Раздел 9. Уравнения в частных производных первого порядка	17	5	5		10	7
В т.ч. текущий контроль	2		2		2	
Промежуточная аттестация – экзамен						

* Краткое содержание разделов приведено под таблицей

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение.

Основные понятия и определения. Задачи анализа и геометрии, приводящие к дифференциальным уравнениям. Примеры возникновения дифференциальных уравнений. Математические модели детерминированных явлений: вторая гипотеза Ньютона, математический маятник (линейная и нелинейная постановка задачи).

Раздел 2. Уравнения первого порядка, интегрируемые в квадратурах.

Поле направлений, изоклины, ломаные Эйлера. Численное решение дифференциального уравнения, как задача математического моделирования. Методы первого и второго порядка. Теорема о независимых интегралах уравнения первого порядка. Теорема Коши-Пикара.

Теоремы о непрерывной зависимости решений дифференциальных уравнений от параметров и начальных условий. Дифференцируемость решений по начальным условиям и параметрам.

Уравнения с разделяющимися переменными и приводящиеся к ним. Однородные уравнения и приводящиеся к ним. Линейные уравнения и приводящиеся к ним. Уравнения Бернулли и Риккати, методы их решения, наличие особых решений.

Уравнения в полных дифференциалах и приводящиеся к ним.

Раздел 3. Уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной.

Постановка задачи Коши. Поле направлений, теорема о существовании и единственности решений задачи Коши. Особые точки и дискриминантная кривая. Уравнения Лагранжа и Клеро.

Раздел 4. Математические модели детерминированных явлений.

Математические модели детерминированных явлений: вторая гипотеза Ньютона, колебательный контур с индуктивностью и емкостью, сравнение с моделью математического маятника, резонанс. Экспоненциальная модель и примеры ее использования. Идеология построения адекватных моделей сложных явлений: математическое моделирование в системе хищник-жертва, задача об орбите спутника в реальном поле тяготения Земли.

Раздел 5. Дифференциальные уравнения n -го порядка

Задача Коши, граничные задачи. Общий интеграл, общее решение, промежуточные интегралы, понижение порядка уравнения с помощью интегралов. Интегрирование уравнений. Приведение уравнения " n " порядка к системе уравнений первого порядка.

Раздел 6. Линейные уравнения и системы

Линейные модели и принцип линеаризации. Теорема Пикара-Коши для линейных уравнений и систем. Фундаментальная система решений, теорема ее существования. Общее решение однородных уравнений и систем. Общее решение неоднородных уравнений и систем.

Метод вариации постоянных, метод Коши. Формула Остроградского-Лиувилля. Линейные уравнения и системы с постоянными коэффициентами. Характеристические уравнения, построение фундаментальной системы решений. Линейный осциллятор, понятие о резонансе. Линейные системы с периодическими коэффициентами.

Раздел 7. Системы уравнений

Система уравнений первого порядка. Система уравнений высших порядков. Каноническая система уравнений высших порядков. Автономная система и ее свойства. Динамические системы, связь между фазовыми кривыми и интегральными кривыми, автономные динамические системы, фазовая плоскость, интегральные многообразия. Системы в симметрической форме.

Раздел 8. Устойчивость решений дифференциальных уравнений

Определения. Теоремы Ляпунова об устойчивости, асимптотической устойчивости, неустойчивости, устойчивости по первому приближению, теорема Четаева о неустойчивости, примеры. Окрестности состояний равновесия автономных динамических систем двух уравнений первого порядка. Типы особых точек на фазовой плоскости, понятие о грубой системе, предельном цикле системы.

Раздел 9. Уравнения в частных производных

Особенности решений, сравнение с обыкновенными уравнениями, примеры. Задача Коши. Уравнения первого порядка: линейные уравнения (характеристики, теорема об общем решении, решение задачи Коши), квазилинейные уравнения (решение в неявной форме, общее и специальное решение, решение задачи Коши). Геометрические представления в трехмерном пространстве (непрерывное векторное поле, линии поля, геометрические свойства интегральных поверхностей, характеристики и интегральные поверхности).

4.Образовательные технологии

1.В процессе изучения дисциплины при проведении занятий различных видов используются разные формы образовательные технологий. А именно, занятия проводятся в виде: лекций, практических занятий в частично семинарской форме, лабораторных практикумов с включением индивидуальных исследовательских занятий, групповых и индивидуальных консультаций по теории, внеаудиторной самостоятельной работы студентов, подготовки заданий по лабораторным практикумам, консультаций по индивидуальным заданиям в рамках лабораторных работ, включая дистанционные консультации. Используются: информационные технологии для дистанционной проверки заданий, специализированные программные средства проведения лабораторных практикумов, работа с материалами, размещенными в Интернет. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема часов

основных аудиторных занятий и менее 30% от общего объема часов контактной работы со студентами по данной дисциплине (с учетом контактной работы на зачете, консультациях, экзамене). Практические занятия в основной своей части проводятся в интерактивной форме.

2. Учебный материал дисциплины дополнительно отрабатывается студентами при прохождении некоторых разделов Учебной практики.

3. При самостоятельной работе и при подготовке к промежуточной аттестации в форме экзамена студенты имеют доступ к методическим материалам курса, размещенным на сайте кафедры ТУ и ДС института ИТММ по электронному адресу <http://www.itmm.unn.ru/tuds/materialy/>, режим доступа – свободный.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Ниже приводятся виды самостоятельной работы студентов, порядок их выполнения и контроля, приводится учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы по ее отдельным видам и разделам дисциплины.

Виды самостоятельной работы студентов:

- проработка теоретического материала лекционных занятий;
- подготовка домашних заданий к научно-практическим занятиям;
- подготовка к выполнению письменных контрольных работ;
- подготовка к промежуточной аттестации в форме зачета или экзамена

5.1. Проработка теоретического материала лекционных занятий

Выполняется самостоятельно с использованием лекционных материалов и материалов, разобранных в литературе (список обязательной и дополнительной литературы приводится).

Контроль выполняется в форме проведения ежемесячного письменного экспресс - опроса по понятиям, фактам, формулировкам, выполняемого в течение 15 минут на практических занятиях. Экспресс – опрос оценивается оценками «Зачтено» - «Не зачтено».

Контроль выполняется также в виде коллоквиума, который проводится по теоретическому материалу. Ставится оценка по пятибальной системе, которая потом учитывается на экзамене.

5.2. Подготовка домашних заданий к научно-практическим занятиям

Домашние задания выдаются по имеющемуся задачнику (указан в списке литературы), который включает краткий теоретический материал и примеры решения задач из каждого раздела:

Проверка выполнения домашних заданий проводится в начале каждого практического занятия. Используется две формы контроля: – выборочная проверка выполнения заданий у двух-трех человек из группы; – проверка в форме коллективного обсуждения у доски результатов выполнения отдельных заданий одним или двумя студентами.

5.3. Подготовка к выполнению письменных контрольных работ

В течение учебного семестра проводится 4 аудиторных и две домашних контрольные работы по материалам всех разделов лекционного курса.

Для подготовки к контрольным работам рекомендуется повторно прочитать теоретические разделы в задачнике, просмотреть полезные разделы в соответствующих источниках из списка рекомендованной литературы, а также самостоятельно решать несколько задач по теме контрольной работы из указанного задачника.

5.4. Подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена

В качестве методических материалов при подготовке к экзамену рекомендуется использовать собственные конспекты лекций, методические издания, использованные при подготовке к выполнению лабораторного практикума (см. список методических изданий кафедры в разделе 4), а также источники, рекомендованные в списке литературы раздела 7.

Список вопросов, выносимых на экзамен

Раздел 1. Введение.

1.1. Определения дифференциального уравнения n -го порядка, 1-го порядка, определение общего решения, частного решения, неявного решения (общий интеграл), особого решения (примеры).

1.2. Примеры задач анализа и геометрии, приводящие к дифференциальным уравнениям.

Раздел 2. Дифференциальные уравнения первого порядка.

2.1. Изоклины. Примеры.

2.2. Задача Коши для уравнений первого порядка, разрешенных относительно производной. Достаточные условия существования и единственности решения задачи Коши.

2.3. Уравнения с разделяющимися переменными и приводящиеся к ним.

2.4. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка. Свойства решений однородного линейного уравнения. Решение неоднородного линейного дифференциального уравнения методом Лагранжа - вариации произвольной постоянной. Свойства решений неоднородного линейного дифференциального уравнения.

2.5. Метод Коши решения линейного дифференциального уравнения первого порядка.

2.6. Сведение уравнения Бернулли к линейному уравнению. Методы решения уравнения Риккати.

2.7. Уравнения в полных дифференциалах. Необходимые и достаточные условия. Интегрирующий множитель.

2.8. Т. Коши – Пикара: построение последовательности решений; доказательство равномерной сходимости последовательности построенных решений; доказательство того, что предел последовательности построенных решений есть решение интегрального уравнения; доказательство единственности решения.

2.9. Теоремы о непрерывной зависимости решения дифференциального уравнения первого порядка от параметра и от начальных условий.

Раздел 3. Уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной

3.1. Простейшие виды уравнений, не разрешенных относительно производной.

3.2. Метод введения параметра.

3.3. Уравнения Клеро и Лагранжа.

3.4. Особые решения и дискриминантная кривая.

Раздел 4. Математические модели детерминированных явлений.

4.1. Математический маятник. Линейный осциллятор. Модели.

4.2. Вынужденные колебания гармонического осциллятора. Резонанс.

4.3. Вынужденные колебания линейного осциллятора. «Смягченный» резонанс.

4.4. Колебательный контур с индуктивностью и емкостью, сравнение с моделью математического маятника.

4.4. Экспоненциальная модель и примеры ее использования. Математическое моделирование в системе хищник-жертва.

4.6. Задача об орбите спутника в реальном поле тяготения Земли.

Раздел 5. Дифференциальные уравнения n -го порядка.

5.1. Уравнения высших порядков. Определение частного решения, общего решения.

5.2. Постановка задачи Коши. Теорема существования и единственности решения з. Коши.

Раздел 6. Линейные уравнения

6.1. Линейные уравнения высших порядков. Линейные однородные уравнения. Свойства решений линейного однородного уравнения.

6.2. Линейная зависимость и независимость n функций. Примеры. Определитель Вронского.

6.3. Теоремы о линейной зависимости линейной независимости частных решений. Следствие.

6.4. Фундаментальная система решений (ФСР) линейного однородного уравнения. Теорема существования ФСР.

6.5. Построение общего решения линейного однородного уравнения по его ФСР – теорема и следствие из нее. Теорема о связи линейного уравнения с его ФСР. Построение линейного уравнения по его ФСР.

6.6. Формула Остроградского – Лиувилля.

6.7. Однородные линейные уравнения с постоянными коэффициентами. Отыскание общего решения в случае различных действительных и кратных корней характеристического уравнения, в случае комплексно-сопряженных корней.

6.8. Неоднородные линейные уравнения. Теорема о виде общего решения.

6.9. Методы нахождения частного решения линейного неоднородного уравнения – метод Лагранжа (вариации произвольной постоянной) и метод Коши.

6.10. Линейные уравнения с переменными коэффициентами. Уравнение Эйлера.

Раздел 7. Системы уравнений

7.1. Система уравнений первого порядка. Система уравнений высших порядков. Каноническая система уравнений высших порядков.

7.2. Постановка задачи Коши. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для нормальной системы.

7.2. Линейные системы. Линейная зависимость и независимость вектор – функций (или систем функций). Определитель Вронского. Необходимое условие линейной зависимости вектор – функций.

7.3. Необходимое условие линейной независимости решений линейной системы. Необходимые и достаточные условия зависимости и независимости решений линейной системы.

7.4. Фундаментальная система решений. Теорема о существовании ФСР для линейной однородной системы. Построение общего решения линейной однородной системы по ее ФСР.

7.5. Однородные линейные системы с постоянными коэффициентами. Построение ФСР и общего решения.

7.6. Неоднородные линейные системы. Методы нахождения частных решений линейных неоднородных систем: метод вариации произвольной постоянной.

Раздел 8. Устойчивость решений дифференциальных уравнений

8.1. Динамические системы, связь между фазовыми траекториями и интегральными кривыми, автономные динамические системы, фазовая плоскость, интегральные многообразия.

8.2. Теоремы Ляпунова об устойчивости, асимптотической устойчивости, неустойчивости,

8.3. Устойчивости по первому приближению, теорема Четаева о неустойчивости, примеры.

8.4. Окрестности состояний равновесия автономных динамических систем двух уравнений первого порядка. Типы особых точек на фазовой плоскости, понятие о грубой системе, предельном цикле системы.

Раздел 9. Уравнения в частных производных

9.1. Особенности решений, сравнение с обыкновенными уравнениями, примеры. Задача Коши.

9.2. Уравнения первого порядка: линейные уравнения (характеристики, теорема об общем решении, решение задачи Коши)

9.3. Квазилинейные уравнения (решение в неявной форме, общее и специальное решение, решение задачи Коши).

9.4. Геометрические представления в трехмерном пространстве (непрерывное векторное поле, линии поля, геометрические свойства интегральных поверхностей, характеристики и интегральные поверхности).

Общая программа сдачи экзамена на оценку «хорошо» и выше предполагает полное владение материалом, включая умение проводить выкладки и доказательства.

Минимальные требования для сдачи экзамена на «удовлетворительно» при неспособности воспроизводить обоснование и доказательства теоретических положений материала дисциплины:

А – умение решать типовые практические задачи из разных разделов курса;

б – знание определений и способность к их содержательной интерпретации;

в – знание и понимание (в основном) формулировок основных свойств и теорем;

г – описание алгоритмов и расчетных формул основных численных методов решения дифференциальных уравнений и их содержательная трактовка;

ж – способность ответить на теоретические и практические вопросы по имеющимся лабораторным задолженностям (при наличии задолженностей)

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования,

описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

Оценивание уровня сформированности компетенции ОПК-2

Уровень формирования ОПК-2, в основном, проверяется в ходе выполнения студентами *практических заданий*, как при самостоятельной домашней работе, так и на аудиторных практикумах, при *выполнении контрольных работ*. Завершающая проверка проводится *в ходе устного экзамена*. При использовании различных форм контроля применяются различные критерии оценивания, которые могут быть сведены в обобщенную характеристику овладения компетенцией. При этом в таблице указаны условные баллы, приблизительно показывающие соответствующую степень овладения материалом (знания, умения, навыки) по отношению к максимальному предполагаемому уровню, принимаемому за (1) – единицу и обычно соответствующему оценке «отлично».

Показатели обучения, характеризующие ОПК-2 — <i>способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии</i>	Показатели уровня формирования компетенции	Характеристика уровня формирования компетенции
Умения: У1 (ОПК2) решать дифференциальные уравнения различных типов У2(ОПК2) доказывать ранее изученные в рамках дисциплины математические утверждения; У3(ОПК2) проводить доказательства математических утверждений не аналогичных ранее изученным, но тесно примыкающих к ним; У4(ОПК2) решать дифференциальные уравнения, аналогичные ранее изученным, но более высокого уровня сложности; У5(ОПК2) решать	Отсутствие знаний базового материала, отсутствие способности решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией.	Плохой уровень. Соответствует доле освоения от 0 до 0,15.
	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие основных навыков, предусмотренных данной компетенцией	Неудовлетворительный уровень. Соответствует доле освоения от 0,15 до 0,34.

<p>математические задачи и дифференциальные уравнения, которые требуют некоторой оригинальности мышления.</p> <p>Знания: 31 (ОПК2) основных принципов, фактов, понятий, аналитических и численных методов, изучаемых в дисциплине 32 (ОПК2) дополнительных принципов, фактов, понятий, методов из предметной области</p> <p>Владение: В1 (ОПК-2) терминологией предметной области; В2 (ОПК-2) принципами построения и выбора эффективных численных методов решения нелинейных задач оптимизации; В3 (ОПК-2) приемами аналитического решения задач из различных разделов методов оптимизации и интерпретации результатов</p>	<p>Знание основных понятий, фактов и методов предметной области, но со значительным количеством ошибок не грубого характера. Демонстрация умений на уровне У1, а также частично У2 с рядом негрубых ошибок. Владение теоретическим материалом и стандартными методами на уровне В1 и В3 с непринципиальными ошибками</p>	<p>Удовлетворительный уровень. Соответствует доле освоения от 0,35 до 0,59.</p>
	<p>Знание основных понятий, фактов и методов предметной области с рядом заметных погрешностей. Демонстрация умений на уровне У1,У2 с незначительными погрешностями, а также владения материалом на уровне В1 и В3 в стандартных ситуациях с рядом небольшими погрешностей</p>	<p>Хороший уровень. Соответствует доле освоения от 0,6 до 0,79.</p>
	<p>Знание основных понятий, фактов и методов предметной области с небольшими погрешностями на уровне 31. Демонстрация умений на уровне У1,У2 практически без погрешностей, а на уровне У3, У5 с небольшими погрешностями. Владение материалом на уровне В1, В3 и частично на уровне В2 в стандартных ситуациях.</p>	<p>Очень хороший уровень формирования компетенции. Соответствует доле освоения от 0,8 до 0,89.</p>
	<p>Знание на уровне 31 по всем разделам без ошибок и погрешностей. Демонстрация умений на уровне У1,У2,У3,У5. Владение всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.</p>	<p>Отличный уровень формирования компетенции. Соответствует доле освоения от 0,9 до 0,99.</p>

	Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей. Демонстрация умений на уровне У1-У5. Свободное владение всеми навыками, в стандартных и нестандартных ситуациях.	Превосходный уровень формирования компетенции. Соответствует доле освоения 1 и несколько выше 1.
--	--	--

Оценивание уровня сформированности компетенции ОПК-1

Уровень формирования ОПК-1 проверяется на основе оценивания результатов обучения с точки зрения приобретения умений, знаний и владений, обозначенных в таблице раздела 2 как У1(ОПК1), З1(ОПК1), В1-В3(ОПК1). Проверка этих результатов обучения выполняется на занятиях различных видов: на *аудиторных практических занятиях*, при выполнении *контрольных работ*, в ходе *устного экзамена*. Специфика данной компетенции проявляется в том, что степень владения ею определяется как фактор, сопутствующий оцениванию владения компетенцией ОПК-1.

В отличие от ОПК-2, характеристика уровня формирования компетенции ОПК-1 носит экспертный характер со стороны преподавателя и, следовательно, не исчисляется в баллах, а носит качественный характер. Уровень ее формирования можно охарактеризовать терминами: «недостаточный», «низкий», «умеренный», «достаточный», «высокий»

Показатели обучения, характеризующие ОПК-1 — <i>способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности</i>	Показатели уровня формирования компетенции	Характеристика уровня формирования компетенции
Уметь: У1 (ОПК-1) применять базовые знания естественных наук, математики и информатики Знать: З1 (ОПК-1) основные факты из математического анализа, геометрии и алгебры на которые опирается изучение дисциплины «Дифференциальные уравнения» Владеть: В1 (ОПК-1) математическим мышлением, математической культурой В2 (ОПК-1) способностью	Отсутствие знаний базовых дисциплин, умения их применять, практически полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией.	Недостаточный.
	Отрывочные знания базовых дисциплин, наличие грубых ошибок при их применении, отсутствие основных навыков, предусмотренных данной компетенцией	Низкий

уточнить, переспросить, задать вопрос на тему предметной области <i>В3 (ОПК-1)</i> основными приемами проведения математических доказательств	Значительное количество ошибок не грубого характера, а также пробелы в знаниях из базовых дисциплин. Умение их применить сопровождается множественными мелкими ошибками. Обнаруживаются некоторые признаки математического мышления, но на достаточно низком уровне.	Умеренный
	Демонстрация знаний и умений категорий У1 и З1 с заметными погрешностями. Проявление навыков В1-В3 с рядом замечаний и пробелов.	Достаточный
	Знания и умения на уровне З1 и У1 без ошибок и погрешностей.. Полноценное владение всеми навыками для данной компетенции..	Высокий

6.2. Описание шкал оценивания

Шкалы и процедуры оценивания этапов формирования компетенций при использовании различных формах контроля, а также процедуры оценивания в ходе устного экзамена представлены в разделе 6.3.

Ниже в форме таблицы приведена шкала оценивания при промежуточной аттестации в форме устного экзамена.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	На экзамене обучаемый показал высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, а также способность к самостоятельному доказательству новых фактов, заметно отличающихся от рассмотренных в курсе, творческий подход к разрешению нестандартных ситуаций. Имеет отличные результаты выполнения контрольных работ и индивидуальных домашних работ в семестре, а также полностью и творчески выполненный лабораторный практикум. Освоение материала на 100% и выше.
Отлично	Обучаемый показал достаточно высокий уровень подготовки при наличии незначительных погрешностей, способность к самостоятельному доказательству новых фактов, похожих на рассмотренные в курсе. Имеет отличные или очень хорошие результаты выполнения контрольных работ в семестре, а также выполненный лабораторный практикум. Демонстрирует способность решать дополнительные предложенные задачи, требующие оригинальности мышления. Освоение материала на уровне 90-99%
Очень хорошо	В целом – весьма хорошая подготовка. Обучаемый дает ответы на все теоретические вопросы билета, воспроизводит стандартные доказательства, но с рядом ошибок и неточностей; может решать задачи из всех основных разделов,

	имеет выполненный лабораторный практикум. Освоение материала на уровне 80-90%
Хорошо	Достаточно хорошая подготовка, но с заметными ошибками или недочетами; получен полный ответ на все теоретические вопросы билета, доказательства, в целом, воспроизводятся, но с рядом ошибок. Практические задания обучаемый выполняет, но с недочетами, лабораторный практикум, в основном, выполнен. Освоение материала на уровне 60-79%
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент в значительной части отвечает на все вопросы билета, но с множеством ошибок, не носящих грубого характера; не может воспроизводить стандартные доказательства; имеет задолженности или низкую оценку по лабораторному практикуму или по контрольным работам; предложенные практические задания или тесты выполняет с заметными ошибками. Освоение материала на уровне 35-59%.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточна и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Как правило, имеет задолженности по контрольным работам или лабораторному практикуму и не может правильно решить предложенные практические задачи или теоретические тесты. Освоение материала порядка 15-34%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточна. Обучаемый не отвечает на поставленные вопросы, не понимает терминологию; имеет задолженности по контрольным работам или лабораторному практикуму, не знает подходов к решению практических задач. Присутствуют признаки необучаемости. Освоение материала ниже 15%.

При пересчете в пятибалльную шкалу устанавливается следующее соответствие оценок.

Оценка «отлично» соответствует двум: «превосходно» и «отлично»; оценка «хорошо» – двум оценкам: «очень хорошо» и «хорошо»; оценка «удовлетворительно» соответствует оценке «удовлетворительно»; оценка «неудовлетворительно» – двум оценкам: «неудовлетворительно» и «плохо».

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Технологии оценивания результатов обучения в виде знаний и отдельных владений

- Письменное тестирование с вопросами открытых типов по теории (применяется на экзамене для студентов, имеющих задолженности по теоретической подготовке по темам, в качестве допуска к экзамену, оценивается в дробных баллах от 0 до 5 по доле правильных ответов на пять предложенных вопросов) – для проверки 31(ОПК2), 31(ОПК1).

- Индивидуальное собеседование по теоретическим билетам (проводится в рамках комплексного устного экзамена, результат оценивается по семибалльной шкале) – для проверки 31 (ОПК2), 32 (ОПК2), 31 (ОПК1), В1(ОПК2) .

- Письменные ответы на тестовые вопросы по теории (проводится в рамках письменных переэкзаменовок, результат оценивается в баллах от 0 до 5) – для проверки 31(ОПК1) и 32(ОПК2), В1(ОПК2).

Технологии оценивания результатов обучения в виде умений и владений

- Письменные контрольные работы с комплексными заданиями (проводятся в форме

домашних контрольных работ или же аудиторных работ, оцениваются либо баллами в долях от единицы, либо оценкой от 1 до 7) – для проверки *У1(ОПК1), В1(ОПК1), У5(ОПК2), В3(ОПК2)*.

- Проверка выполнения дополнительных заданий компьютерного практикума (проводится в рамках часов КСР, оценивается по двоичной шкале «зачтено»-«не зачтено») – для проверки *У1(ОПК1), В1(ОПК1), В3(ОПК1), У5(ОПК2), В2(ОПК2)*.

- Решение простых, а также комплексных практических задач (проводится во время устного экзамена или письменной переэкзаменовки) – для проверки *У1(ОПК2), У4(ОПК2), В3(ОПК2), В1(ОПК1), В2(ОПК1)*

- Выполнение заданий на доказательство дополнительных фактов (применяется во время устного экзамена, результат оценивается по качественной трехбалльной шкале: «не выполнено», «частично выполнено», «выполнено») – для проверки *У3(ОПК2), В3(ОПК1)*.

- Проведение типовых доказательств по билету (применяется на устном экзамене, результат оценивается в баллах от 0 до 5) – для проверки *У2(ОПК2), В1(ОПК1), В3(ОПК1)*.

Критерии и процедуры оценивания результатов обучения при проведении промежуточной аттестации в форме устного экзамена

Итоговая оценка уровня овладения компетенциями по дисциплине «Дифференциальные уравнения» в значительной части определяется в результате проведения устного экзамена. При этом учитываются результаты процедур оценивания, полученные на предварительных формах контроля, указанных выше: экспресс-тестирование, результаты собеседований по теории (коллоквиум), результаты выполнения дополнительных заданий компьютерного практикума, результаты контрольных работ. При этом, если по одной или нескольким указанным формам контроля студент имеет достаточно низкие результаты (а именно, менее трети от максимально возможного по данной форме), то на экзамене до ответа по билету он должен выполнить (с результатом выше указанного минимального уровня) предварительные дополнительные задания, тип которых соответствует форме его задолженности (письменные ответы на тестовые вопросы по теории, письменное тестирование с вопросами открытых типов по теории, решение простых, а также комплексных практических задач). Если указанные задания на должном минимальном уровне не выполняются, на экзамене ставится оценка «плохо» или «неудовлетворительно».

Если задолженности сдаются на допустимом уровне, то студент получает билет по теории, а уровень его практических умений и навыков оценивается по уровню выполнения этих заданий допуска. Если же задолженностей по практическим занятиям и лабораторному практикуму не было, то уровень его практических умений и навыков оценивается по результатам выполнения дополнительных заданий компьютерного практикума и форм контроля на практических занятиях в ходе обучения (четырёх контрольных работ). Этот уровень учитывается в оценке, полученной на экзамене. Основное влияние на эту оценку оказывает ответ по полученному билету, а также ответы на дополнительные вопросы по теории и результаты решения дополнительных практических задач. Оценка экзамена носит экспертный характер и непосредственно отражает уровень формирования компетенций, поддерживаемых дисциплиной. Оценка ставится по принятой в ННГУ семибалльной шкале, описанной в разделе 6.2.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Типовые примеры заданий для контрольных работ

Пример типового задания для контрольной работы 1 (оценка формирования ОПК1, ОПК2).

Контрольная работа № 1
Дисциплина «Дифференциальные уравнения»
ННГУ, Радиофак(радиофизика), 1-й курс

Вариант 1

1. Тело движется со скоростью, пропорциональной пройденному пути. Какой путь пройдет тело за 5 секунд от начала движения, если известно, что за 1 секунду оно проходит путь 8 м., а за 3 секунды – 40 м?

2. Задано дифференциальное уравнение:

а) $y' = \frac{x}{\sqrt{x^2 - 1}}$; $y(0) = 1$; б) $\sqrt{y^2 + 1} \cdot dx = x y dy$

Методом изоклин построить приближенно графики интегральных кривых. Сравнить с точными интегральными кривыми. Найти также частное решение, удовлетворяющее заданным начальным условиям.

3. Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения:

а) $x \frac{dy}{dx} = y + \sqrt{x^2 + y^2}$; $y' = \frac{x + y - 5}{2x + y + 1}$;

Пример типового задания для контрольной работы 2 (оценка формирования ОПК1, ОПК2).

Контрольная работа № 2
Дисциплина «Дифференциальные уравнения»
ННГУ, Радиофак(радиофизика), 1-й курс
Вариант 1

1. Решить уравнения: а) $y' - y \cdot \operatorname{tg} x = \sin 2x$; б) $y' \sin x \cdot \cos x - y - \sin^3 x = 0$. (найдите решение, ограниченное при $x \rightarrow \frac{\pi}{2}$); в) $xy' = (x^2 + \operatorname{tg} y) \cdot \cos^2 y$.

г) $y' - 8x\sqrt{y} = \frac{4xy}{x^2 - 1}$;

2. Капля воды, имеющая начальную массу $M_0(z)$ и равномерно испаряющаяся со скоростью m (г/сек), свободно падает в воздухе. Сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости движения капли (коэффициент пропорциональности k). Найдите зависимость скорости от времени, если в начальный момент скорость равна 0. Считать $k \neq 2m$.

3. Решить уравнение: $2x(1 + \sqrt{x^2 - y}) \cdot dx - \sqrt{x^2 - y} \cdot dy = 0$;

4. Решить уравнение: $y = x \cdot (y')^2 + (y')^2$

Пример типового задания для контрольной работы 3 (оценка формирования ОПК1, ОПК2).

Контрольная работа № 3
Дисциплина «Дифференциальные уравнения»
ННГУ, Радиофак(радиофизика), 1-й курс

Вариант 1

1. Найти общее решение уравнения: а) $y''' - 2y'' - 3y' = 3e^{-x}$; б) $y^{IV} - y'' = 3x$.
в) $y \cdot y'' - (y')^2 - 1 = 0$; г) $y''' = 2(y'' - 1) \cdot \operatorname{ctg} x$
2. Найти решение задачи Коши: $y'' - 2y' + y = \frac{e^x}{x^2 + 1}$; $y(0) = y'(0) = 0$.
3. Построить однородное линейное уравнение, имеющее заданную фундаментальную систему решений $y_1 = x$, $y_2 = x \ln x$.
4. Найти общее решение уравнения: $(x - 2)^2 y'' - 3(x - 2)y' + 4y = x$.
5. Найти общее решение уравнения $(2x + 1)y'' + (4x - 2)y' - 8y = 0$, зная, что его частное решение e^{mx} , где m - постоянное число.
6. Дно резервуара, вместимость которого 300 л, покрыто солью. Считая, что скорость растворения соли пропорциональна разности между концентрацией в данный момент и концентрацией насыщенного раствора (1 кг соли на 3 л воды) и что данное количество чистой воды растворяет 1/3 кг соли в одну минуту, найдите, сколько соли будет содержать раствор через 1 час.

Пример типового задания для контрольной работы 4 (оценка формирования ОПК1, ОПК2).

Контрольная работа № 4
Дисциплина «Дифференциальные уравнения»
ННГУ, Радиофак(радиофизика), 1-й курс
Вариант 1

1. Найти общее решение системы дифференциальных уравнений $\dot{X} = \begin{pmatrix} -3 & 2 & 2 \\ -3 & -1 & 1 \\ -1 & 2 & 0 \end{pmatrix} X$.

2. Решить систему дифференциальных уравнений
$$\begin{cases} \dot{x} = 3x - 2y \\ \dot{y} = 2x - y + 15e^t \sqrt{t} \end{cases}$$

3. Для уравнения $\ddot{x} + 2\dot{x} = x^2$

а) найти и исследовать особые точки на фазовой плоскости;

б) найти решение $x(t)$, убывающее и стремящееся к $+2$ при $t \rightarrow +\infty$, а также его траекторию на фазовой плоскости;

в) выяснить, при каких значениях параметра a решение с начальными условиями $x(0) = 0, \dot{x}(0) = a$ - периодическое;

г) указать на фазовой плоскости область, заполненную замкнутыми траекториями;

д) устойчиво ли решение с начальными условиями $x(0) = 0, \dot{x}(0) = \frac{2\sqrt{2}}{3}$.

Пример типового домашнего задания (расчетная работа) по материалу третьего семестра (оценка формирования ОПК1, ОПК2).

**Домашняя контрольная работа №1 по дисциплине «Дифференциальные уравнения»
ННГУ, Радиофак, I Курс
Билет №1**

1. Представьте картину поведения интегральных кривых уравнений:

а) $y' = \frac{2y^2 - x^2}{xy}$; б) $y' = \frac{\sqrt{y}}{x}$;

2. Решите уравнения. С помощью изоклин постройте интегральные кривые:

а) $y' = \sin(y - x)$; б) $\sqrt{1 - x^2} dy + \sqrt{1 - y^2} dx = 0$; в) $2x\sqrt{1 - y^2} dx + y dy = 0$; г) $y' = \frac{x}{\sqrt{x^2 - 1}}$; $y(1) = 1$. 3. Решите

уравнения:

а) $(1 + e^{\frac{x}{y}})dx + e^{\frac{x}{y}}(1 - \frac{x}{y})dy = 0$; б) $(2x - y + 1)dx + (2y - x - 1)dy = 0$

в) $y' = \frac{x - y + 1}{2x - 2y + 1}$;

4. Вычислите время падения мяча с высоты **16,3** м без начальной скорости с учетом сопротивления воздуха, пропорционального квадрату скорости. Найдите скорость в конце падения.

5. Решить уравнения:

- а) $y' + 2xy = xe^{-x^2}$; б) $y' - y \ln 2 = 2^{\sin x} (\cos x - 1) \ln 2$ (найдите решение, ограниченное при $x \rightarrow \infty$);
 в) $y' = \frac{2x}{x^2 \cos y + a \sin 2y}$.
 г) $ydx - xdy = x^2 y dy$;

6. Напряжение и сопротивление цепи равномерно меняются в течение минуты соответственно от 0 до V и от 0 до R . Самоиндукция L цепи постоянна. Начальная сила тока I_0 . Найдите зависимость силы тока от времени в течение первой минуты опыта.

7. Решить уравнение: а) $x^2 \cdot y'^2 = x \cdot y \cdot y' + 1$; б) $y + xy' = 4 \cdot \sqrt{y'}$

Пример типового домашнего задания (расчетная работа) по материалу четвертого семестра (оценка формирования ОПК1, ОПК2).

**Домашняя контрольная работа №2 по дисциплине «Дифференциальные уравнения»
 ННГУ, Радиофак, I Курс
 Билет №1**

1. Найти общее решение уравнения: а) $y''' + y' = 2x + 3$; б) $y^{IV} - 4y'' = x^2$;

в) $y'' = y'(1 + (y')^2)$; г) $y''' = (y'')^2$; д) $y'' + \frac{y'}{x} + \frac{y}{x^2} = \frac{(y')^2}{y}$.

2. Найти решение задачи Коши: $y'' + y = 2 \sin x \cdot \cos 2x$; $y(0) = y'(0) = 0$.

3. Построить однородное линейное уравнение, имеющее заданную фундаментальную систему решений $y_1 = -\frac{1}{x}$, $y_2 = x$.

4. Найти общее решение уравнения: $x^2 y'' - 4xy' + 6y = x$

5. Найти общее решение уравнения $x^2(x+1)y'' - 2y = 0$, зная одно его частное решение $y_1 = 1 + \frac{1}{x}$

6. Найти общее решение системы дифференциальных уравнений $\dot{X} = AX$, $A = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 4 \\ 1 & 0 & -4 \end{pmatrix}$.

7. Решить систему дифференциальных уравнений $\begin{cases} \dot{x} = y - 1 \\ \dot{y} = -x + \operatorname{tg} t \end{cases}$

8. Исследуйте, при каких значениях параметров a и b нулевое решение асимптотически устойчиво $y^{IV} + y''' + ay'' + y' + by = 0$.

9. Исследовать устойчивость тривиального решения системы по первому приближению и с

помощью функции Ляпунова ($V = x^2 + y^2$):
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = y \\ \frac{dy}{dt} = -x \end{cases}$$

10. Постройте фазовый портрет системы:
$$\begin{cases} \dot{x} = x(x + e - 2) \\ \dot{y} = y(1 - x) \end{cases}.$$

11. Электрическая цепь состоит из последовательно включенных источника постоянного тока, дающего напряжение V , сопротивления R , самоиндукции L и выключателя, который включается при $t = 0$. Найти зависимость силы тока от времени (при $t > 0$).

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Понтрягин Л. С. - Обыкновенные дифференциальные уравнения: учеб. для студентов мат. специальностей ун-тов. - М.: Наука, 1982. - 331 с., 186 экз.
2. Эльсгольц Л. Э. - Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление: учебник. - М.: Эдиториал УРСС, 2002. - 320 с., 80 экз.
3. Самойленко А. М., Кривошея С. А., Перестюк Н. А. - Дифференциальные уравнения: Примеры и задачи : [учеб. пособие для вузов]. - М.: Высшая школа, 1989. - 382, [1] с., 245 экз.
4. Тихонов А. Н., Васильева А. Б., Свешников А. Г. - Дифференциальные уравнения: [учеб. для ун-тов по специальностям "Приклад. математика" и "Физика"]. - М.: Наука, 1985. - 231 с., 56 экз.
5. А.Ф. Филиппов. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. Учебное пособие. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 240 с., 82 экз.

б) дополнительная литература:

1. Демидович Б. П., Моденов В. П. - Дифференциальные уравнения: учеб. пособие. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. - 288 с. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»
2. Бибиков Ю.Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений. Издательство «Лань», ISBN 978-5-8114-1176. 2011, 304 стр. – учебное пособие. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»
3. Альсевич Л.А., Мазаник С.А., Расолько Г.А., Черенкова Л.П. Дифференциальные уравнения. Практикум. Издательство "Высшая школа". Учебное пособие. 382 стр. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»
4. Дубровский В.В., Дубровский В.В., Кадченко С.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Теория и приложения: учеб. Пособие. Издательство "ФЛИНТА", 2015, 180 стр.

Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»

5. Егоров А.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения с приложениями.

Издательство "Физматлит", 2007, 448 стр. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»

6. Веденяпин А.Д., Поливенко В.К. Практикум. Дифференциальные уравнения. В 2 частях. Часть 1. Дифференциальные уравнения первого порядка и приводящиеся к ним. Издательство "Физматлит", 2008, 160 стр. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, URL: <http://www.unn.ru/books/resources.html>.. – свободный доступ.

2. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2016, URL: <https://e.lanbook.com>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Проведение занятий обеспечивается наличием лекционных аудиторий, оборудованных доской и мобильным местом лектора с возможностью компьютерных демонстраций, аудиторий для проведения практических занятий и консультаций, оборудованных доской. Имеются компьютерные классы для выполнения дополнительных исследовательских заданий в форме компьютерного практикума на 12 рабочих мест с установленным лицензионным программным обеспечением нужной комплектации (лаборатория 220 кафедры ТУ и ДС, корп.2). Презентационное оборудование для проведения обсуждений и компьютерных демонстраций (лаборатории 218, и 220 кафедры ТУ и ДС, корп.2).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС 3+ ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению « Радиофизика» (профиль «Фундаментальная радиофизика»)

Автор *к.ф.-м.н., доц. каф. ДУМЧА* _____ *Потёмин Г.В.*

Рецензент _____ *Дубков А.А.*

Заведующий кафедрой *ДУМЧА, д.ф.-м.н.* _____ *Баландин А.В.*

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «09» декабря 2021 года, протокол № 07/21.

