

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

Институт информационных технологий, математики и механики

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
14.12.2021 г. №4

Рабочая программа дисциплины

Дифференциальные уравнения

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
09.03.03 «Прикладная информатика»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Прикладная информатика в области обработки данных

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
Очно-заочная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2022

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД |
|------------|---|---|
| 2 | Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений | Дисциплина Б1.В.5 Дифференциальные уравнения относится к части ООП направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, формируемой участниками образовательных отношений. |

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства |
|---|---|--|----------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине** | |
| <i>УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</i> | <i>УК-1.1. Демонстрирует знание принципов сбора, отбора и обобщения информации, базирующихся на системном подходе.</i> | Знать: – способы сбора и обработки научных данных; – общую теорию дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений; – теорию линейных дифференциальных уравнений и систем уравнений; – типы и методы решения интегрируемых нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений первого и высших порядков; – теорию интегралов нормальных систем дифференциальных уравнений; – теорию устойчивости решений дифференциальных уравнений и систем уравнений; – качественно-численные методы построения параметрических и фазовых портретов автономных динамических систем второго порядка. | <i>Собеседование</i> |
| | <i>УК-1.2. Демонстрирует умение соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.</i> | Уметь – находить общее решение и решение задачи Коши интегрируемых дифференциальных уравнений 1-го порядка (с разделяющимися переменными, однородные, линейные, в полных дифференциалах и приводимые к ним, не разрешенные относительно производной); – находить общее решение и решение задачи Коши линейных дифференциальных уравнений высших порядков с постоянными коэффициентами; – находить общее решение и решение задачи Коши линейных дифференциальных уравнений высших порядков с переменными коэффициентами; – находить общее решение и решение задачи | <i>Задача тест</i> |

| | | | |
|--|--|---|----------------------|
| | | Коши линейных систем дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами; – находить общее решение и решение задачи Коши нелинейных дифференциальных уравнений высших порядков и нелинейных систем уравнений; – находить состояния равновесия автономных динамических систем второго порядка, исследовать их тип и характер устойчивости по первому приближению, строить фазовый портрет. | |
| | <i>УК-1.3. Демонстрирует наличие практического опыта работы с информационными источниками, опыта научного поиска и представления научных результатов.</i> | Владеть приемами построения математических моделей в разных предметных областях. | <i>Задача</i> |
| <i>ПК-9. Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и объекты предметной области</i> | <i>ПК-9.1. Демонстрирует знание методических основ моделирования процессов и объектов предметной области.</i> | Знать этапы построения и исследования математической модели динамической системы. | <i>Собеседование</i> |
| | <i>ПК-9.2. Демонстрирует умение применения знаний к моделированию прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС.</i> | Уметь планировать этапы построения и исследования математических моделей в разных предметных областях. | <i>Задача тест</i> |
| | <i>ПК-9.3. Имеет практический опыт моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области.</i> | Владеть методами построения и исследования математических моделей в разных предметных областях. | <i>Задача</i> |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

| | Очно-заочная форма обучения |
|--|-----------------------------|
| Общая трудоемкость | 11 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 396 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): 3 сем | |
| - занятия лекционного типа | 32 |
| - занятия семинарского типа | 16 |
| - занятия лабораторного типа | |
| - текущий контроль (КСР) | 1 |

| | |
|--|---------------|
| самостоятельная работа | 131 |
| Промежуточная аттестация –зачет | |
| аудиторные занятия (контактная работа): 4 сем - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа - занятия лабораторного типа - текущий контроль (КСР) | 32 16 2 |
| самостоятельная работа | 129 |
| Промежуточная аттестация – экзамен | 36 |

3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | В том числе | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|--|--------------|---|---------------------------|----------------------------|-------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них | | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| 1. Понятие о дифференциальном уравнении. Математические модели динамических систем в форме обыкновенных дифференциальных уравнений: Обыкновенное дифференциальное уравнение. Дифференциальное уравнение в частных производных. Порядок уравнения. Системы дифференциальных уравнений. Задачи анализа и геометрии, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Математические модели динамических систем в форме обыкновенных дифференциальных уравнений. | 44 | 8 | 4 | 0 | 12 | 32 |
| 2. Дифференциальные уравнения первого порядка: Общее, частное, особое решение. Общий интеграл. Задача Коши. Поле направлений. Метод изоклин. Интегрируемые типы уравнений первого порядка, разрешенных относительно производной (уравнения с разделяющимися переменными, однородные уравнения, линейные уравнения, уравнения в полных дифференциалах и приводимые к ним).Существование и общие свойства решений уравнений первого порядка, разрешенных относительно производной (существование и единственность решения задачи Коши, продолжаемые и непродолжаемые решения, степень гладкости решений, непрерывная зависимость решений от начальных условий и параметров, дифференцируемость решений по начальным условиям и параметрам). Уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной. Уравнения Лагранжа и Клеро. | 44 | 8 | 4 | 0 | 12 | 32 |
| 3. Дифференциальные уравнения высших порядков: Общее решение. Задача Коши. Типы уравнений, интегрируемые в квадратурах. Типы уравнений, допускающие понижение порядка. | 45 | 8 | 4 | 0 | 12 | 33 |

| | | | | | | |
|---|-----|----|----|---|----|-----|
| 4. Линейные уравнения высших порядков: Фундаментальная система решений. Общее решение линейного однородного уравнения. Общее решение линейного неоднородного уравнения. Отыскание частного решения линейного неоднородного уравнения. Метод вариации произвольных постоянных. Метод Коши. Линейные уравнения с постоянными коэффициентами. Гармонический и линейный осцилляторы*. | 46 | 8 | 4 | 0 | 12 | 34 |
| Текущий контроль (КСР) | 1 | | | | | |
| Промежуточная аттестация –зачет | | | | | | |
| 5. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Теория интегралов нормальных систем: Каноническая система дифференциальных уравнений. Система в нормальной форме. Общее решение. Задача Коши. Теорема существования и единственности решения задачи Коши. Общий интеграл. Первый интеграл. Теория интегралов нормальной системы. Системы в симметрической форме. | 44 | 8 | 4 | 0 | 12 | 32 |
| 6. Линейные системы дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами: Фундаментальная система решений. Общее решение линейной однородной системы. Метод Эйлера построения фундаментальной системы решений. Общее решение линейной неоднородной системы. Отыскание частного решения линейной неоднородной системы. Метод вариации произвольных постоянных. Метод неопределенных коэффициентов для отыскания частного решения неоднородной системы со специальными правыми частями в виде квазиполиномов. Метод комплексных амплитуд. Принцип суперпозиции. | 44 | 8 | 4 | 0 | 12 | 32 |
| 7. Устойчивость решений дифференциальных уравнений: Определение устойчивости по Ляпунову и асимптотической устойчивости. Исследование устойчивости по первому приближению. Критерий Рауса-Гурвица. Исследование устойчивости с помощью функции Ляпунова | 44 | 8 | 4 | 0 | 12 | 32 |
| 8. Элементы качественной теории дифференциальных уравнений. Фазовые портреты автономных динамических систем второго порядка: Автономные и неавтономные системы. Автономная система второго порядка и ее фазовое пространство. Связь между фазовыми траекториями и интегральными кривыми. Состояния равновесия, их тип и характер устойчивости. Фазовый портрет. Качественно-численные методы построения фазовых портретов автономных динамических систем второго порядка*. | 45 | 8 | 4 | 0 | 12 | 33 |
| Текущий контроль (КСР) | 3 | | | | | |
| Промежуточная аттестация –экзамен | 36 | | | | | |
| Итого | 396 | 64 | 32 | 0 | 99 | 261 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа, контрольных заданий.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет, экзамен)

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа проходит в форме подготовка к выполнению письменных контрольных работ, освоение материала, выносимого на самостоятельную проработку.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций | | | | | | |
|--|--|---|---|---|--|--|--|
| | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
| | Не зачтено | | Зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. |

| | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------|-------------|------------|------------|--|--|
| | обучающего от ответа | грубые ошибки. | недочетами. | недочетами | недочетов. | | |
|--|----------------------|----------------|-------------|------------|------------|--|--|

Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|------------|---------------------|--|
| зачтено | Превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно» |
| | Отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| | Очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| | Хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» |
| | Удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| не зачтено | Неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| | Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы

| вопросы | Код формируемой компетенции |
|--|-----------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия о ДУ. Обыкновенные ДУ и ДУ в частных производных. Порядок ДУ. ДУ, разрешенные и неразрешенные относительно производной. Системы ДУ. 2. Математические модели динамических систем в форме обыкновенных ДУ. 3. ДУ 1 порядка, разрешенные относительно производной. Решение. Общее решение, частное решение. Общий интеграл. Задача Коши. Существование и единственность решения задачи Коши. 4. Геометрическая интерпретация ДУ 1 порядка, разрешенного относительно производной. Поле направлений. Интегральная кривая. Геометрический смысл задачи Коши. Обыкновенные и особые точки. 5. Качественное исследование ДУ 1 порядка, разрешенного относительно производной. Изоклины. Линия экстремумов и линия перегибов интегральных кривых. 6. Особые решения ДУ 1 порядка, разрешенного относительно производной. Способы их отыскания. 7. ДУ 1 порядка с разделяющимися переменными и приводимые к ним. | УК-1 |

8. Однородные ДУ 1 порядка.
9. ДУ 1 порядка, приводимые к однородным.
10. Линейные ДУ 1 порядка. Структура общего решения. Метод вариации произвольной постоянной.
11. ДУ 1 порядка, приводимые к линейным. ДУ Бернулли и Риккати.
12. ДУ 1 порядка в полных дифференциалах.
13. Интегрирующий множитель ДУ 1 порядка. Способы его нахождения. Связь с особыми решениями.
14. Теорема о числе интегрирующих множителей дифференциального уравнения.
15. Интегрирующий множитель для ДУ с разделяющимися переменными.
16. Интегрирующий множитель для однородного ДУ.
17. Интегрирующий множитель для линейного ДУ.
18. Теорема Коши-Пикара для ДУ 1 порядка, разрешенного относительно производной.
19. Метод последовательных приближений Пикара решения задачи Коши для ДУ 1-го порядка.
20. Теорема о продолжении решения задачи Коши. Продолжаемые и непродолжаемые решения.
21. Теорема о непрерывной зависимости решения задачи Коши от параметров.
22. Теорема о непрерывной зависимости решения задачи Коши от начальных условий.
23. Степень гладкости решения задачи Коши.
24. Дифференцируемость решения задачи Коши по начальным данным и параметрам.
25. Уравнения 1 порядка, не разрешенные относительно производной. Решение. Общее решение, частное решение. Общий интеграл. Поле направлений. Постановка задачи Коши.
26. Теорема Коши-Пикара для ДУ 1 порядка, не разрешенного относительно производной.
27. Особые решения ДУ 1 порядка, не разрешенного относительно производной. Способы отыскания. Дискриминантная кривая. Огибающая семейства интегральных кривых.
28. Методы интегрирования ДУ 1 порядка, не разрешенных относительно производной.
29. ДУ Лагранжа.
30. ДУ Клеро.
31. ДУ высших порядков. Общее решение. Общий интеграл. Задача Коши. Теорема Коши-Пикара. Теорема Пеано. ДУ высших порядков, интегрируемые в квадратурах.
32. ДУ высших порядков, допускающие понижение порядка.
33. Линейные дифференциальные уравнения высших порядков. Задача Коши. Теорема Коши-Пикара. Однородные и неоднородные уравнения. Свойства решений линейных однородных уравнений.
34. Линейные ДУ n -го порядка. Фундаментальная система решений (ФСР). Теорема об общем решении линейного однородного ДУ.
35. Задача о построении линейного однородного ДУ по заданной ФСР.
36. Линейные однородные ДУ n -го порядка с постоянными коэффициентами. Теорема Коши-Пикара. Метод Эйлера построения ФСР.
37. Линейные неоднородные ДУ n -го порядка. Теорема о структуре общего решения. Свойства решений. Принцип суперпозиции.
38. Линейные неоднородные ДУ n -го порядка. Метод Лагранжа вариации произвольных постоянных и метод Коши для отыскания частного решения.

| | |
|--|------|
| <p>39. Линейные неоднородные ДУ n-го порядка с постоянными коэффициентами и специальной правой частью в виде квазиполинома. Метод неопределенных коэффициентов. Метод комплексных амплитуд.</p> <p>40. Линейные однородные ДУ n-го порядка с переменными коэффициентами. Приведение к ДУ с постоянными коэффициентами. Однородные ДУ Эйлера.</p> <p>41. Понижение порядка линейного однородного ДУ n-го порядка с переменными коэффициентами при помощи известного частного решения.</p> <p>42. Способы поиска частного решения линейного неоднородного ДУ n-го порядка с переменными коэффициентами. Неоднородное ДУ Эйлера.</p> | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Системы обыкновенных ДУ. Порядок системы. Каноническая и нормальная системы. Решение. Общее решение. Частное решение. Задача Коши. Приведение ДУ n-го порядка, разрешенного относительно старшей производной, к нормальной системе ДУ n-го порядка. 2. Системы ДУ в нормальной форме. Теорема Коши-Пикара. Теорема Пеано. Метод сведения нормальной системы n дифференциальных уравнений к дифференциальному уравнению n-го порядка. 3. Теория интегралов нормальных систем ДУ. Интеграл. Первый интеграл. Необходимое и достаточное условие первого интеграла. Общий интеграл. Решение задачи Коши при наличии общего интеграла. 4. Независимость первых интегралов нормальной системы ДУ. Теоремы о числе первых интегралов нормальной системы ДУ и о числе независимых первых интегралов. 5. Понижение порядка системы ДУ с помощью независимых первых интегралов. 6. Системы ДУ в симметрической форме. Интегрируемые комбинации. 7. Общая теория нормальных систем ДУ и ДУ n-го порядка. 8. Линейные системы ДУ в нормальной форме. Теорема Коши-Пикара. Однородные и неоднородные системы. Свойства решений однородной системы. 9. Линейные однородные системы ДУ в нормальной форме. Фундаментальная система решений (ФСР). Теорема об общем решении. 10. Задача о построении линейной однородной системы ДУ, имеющей заданную ФСР. 11. Линейные однородные системы ДУ с постоянными коэффициентами. Теорема Коши-Пикара. Метод Эйлера построения ФСР. 12. Неоднородные системы линейных ДУ. Теорема о структуре общего решения. Свойства решений. Принцип суперпозиции. 13. Неоднородные системы линейных ДУ. Метод Лагранжа вариации произвольных постоянных для отыскания частного решения. 14. Линейные неоднородные системы ДУ с постоянными коэффициентами. 15. Устойчивость решений динамических систем. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Критерий Рауса – Гурвица. 16. Исследование устойчивости решений динамических систем с помощью функции Ляпунова. 17. Динамическая интерпретация нормальной системы обыкновенных ДУ. Фазовое пространство. Фазовая траектория. Автономные и неавтономные динамические системы. 18. Состояния равновесия автономной динамической системы, их тип и характер устойчивости. Фазовый портрет. | ПК-9 |

5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-9

Задание 1.

Найти общее решение уравнения и решение задачи Коши

$$2x\sqrt{1-y^2}dx + ydy = 0, \quad y(2) = 0.$$

Построить интегральные кривые уравнения методом изоклин.

Задание 2.

Найти общее решение уравнения, приведя его к линейному дифференциальному уравнению

$$xy^2y' - x^2 - y^3 = 0.$$

Задание 3.

Найти общее решение уравнения, приведя его к уравнению в полных дифференциалах

$$(xy^2 + y)dx - xdy = 0.$$

Задание 4.

Найти общее решение уравнения

$$xy' = y + y'(1 + y')$$

и выделить интегральные кривые, проходящие через точки $I_1(0,0)$, $I_2(1,1)$, $I_3(1,0)$.

Задание 5.

Найти кривые, у которых отношение отрезка, отсекаемого касательной на оси OY , к отрезку, отсекаемому нормалью на оси OX , есть величина постоянная, равная a .

5.2.3. Типовые тестовые вопросы для оценки сформированности компетенции УК-1

1. Тип - дистрибутивный вопрос.

Определить тип дифференциального уравнения $x^2yy' + y^2x = 1$.

1. Однородное уравнение
2. Уравнение Бернулли
3. Уравнение в полных дифференциалах
1. Уравнение Клеро

2. Тип - альтернативный вопрос.

Может ли дифференциальное уравнение $y' = \sqrt{x^2 - y} + x^3$ иметь особые решения?

1. Да
2. Нет

1. Тип - простой вопрос.

Дано дифференциальное уравнение $x^2 - xy' + y = 0$. Найти $y(2)$, если $y(1)=0$

3. Тип - альтернативный вопрос.

Является ли данное уравнение $(x^3 + xy^2)dx + (x^2y + y^3)dy = 0$ уравнением в полных дифференциалах?

1. Да

2. Нет

4. Тип - альтернативный вопрос.

Найти второе последовательное приближение Пикара $y_2(x)$ решения задачи Коши.
 $y' = x + y; y(0) = 1$

1. $y_2(x) = \frac{1}{6}(x^3 + 6x^2 + 6x + 6)$

2. $y_2(x) = \frac{1}{6}(-x^3 + 6x^2 - 6x + 6)$

3. $y_2(x) = \frac{1}{6}(x^3 + 7x)$

4. $y_2(x) = \frac{1}{6}(-x^3 + 7x)$

5. Тип - альтернативный вопрос.

Найти общее решение уравнения $y + 2y'^2 = xy'$

1. $y = cx - 2c^2$

2. $y = cx + 2c^2$

3. $y = cx - 2c^2; y = \frac{x^2}{8}$

4. $y = cx - 2c^2; y = -\frac{x^2}{8}$

5.2.4. Типовые задания для оценки сформированности компетенции УК-1

Найти общее решение уравнения и решение задачи Коши

$$y' - 9x^2y = (x^5 + x^2)y^{2/3}, y(0) = 0$$

2. При каких значениях параметра a асимптотически устойчиво нулевое решение системы

$$\begin{cases} x' = 2e^{-x} - \sqrt{4 + ay} \\ y' = \ln(1 + 9x + ay) \end{cases}$$

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Степанов В.В.- Курс дифференциальных уравнений. М.: Физматгиз, 1959; М.: КомКнига» /URSS, 2006. (26 экз.)

2. Эльсгольц Л.Э.- Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М.: Наука, 1969; М.: Издательство ЛКИ»/URSS, 2008. (104 экз.)

3. Филиппов А.Ф.- Сборник задач по дифференциальным уравнениям. М.: Наука, 1979; М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2009. (380 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э.- Теория колебаний. М.: Наука, 1981. (62 экз.)

2. Бибииков Ю.Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений. Издательство «Лань», ISBN 978-5-8114-1176. 2011, 304 стр. – учебное пособие. Электронная библиотечная система «Издательство Лань», 2017, URL: <https://e.lanbook.com>, раздел «Дифференциальные уравнения»

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Киселева Н.В. Дифференциальные уравнения. Электронный ресурс:

<http://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=247>

2. Губина Е.В., Кадина Е.Ю., Киселева Н.В., Осипов Г.В. Практикум по дисциплине "Дифференциальные уравнения" (1-я часть). Учебно-методическое пособие. Электронный ресурс: <http://www.unn.ru/books/resources.html>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению (профилю) **09.03.03 Прикладная информатика**

Автор: к.ф.-м.н., доцент кафедры ТУиДС _____ Киселева Н.В.

Рецензент _____ Федосенко Ю.С.

Заведующий кафедрой ТУиДС, д.ф.-м.н. _____ Осипов Г.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

01.12.2021 года, протокол № 2