

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Дифференциальные уравнения

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.01 - Математика

Направленность образовательной программы

Математика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.12 Дифференциальные уравнения относится к обязательной части образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1: Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, основы системного подхода для решения поставленных задач УК-1.2: Умеет осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач УК-1.3: Владеет основами критического анализа и синтеза информации, системного подхода для решения поставленных задач	УК-1.1: Знать классификацию основных типов ДУ, интегрируемых в квадратурах, и методы решения. УК-1.2: Умеет осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач УК-1.3: Уметь решать основные типы ДУ первого порядка и высших порядков, различать линейные и нелинейные ДУ и системы, уметь проводить линеаризацию уравнений в окрестности заданного решения. Владеть методами качественного исследования линейных и нелинейных систем.	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных	ОПК-1.1: Знает методы решения задач из области математических и естественных наук ОПК-1.2: Умеет применять фундаментальные знания,	ОПК-1.1: Знать основные определения и теоремы курса дифференциальных уравнений. ОПК-1.2:	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы

наук, и использовать их в профессиональной деятельности	полученные в области математических и естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности ОПК-1.3: Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности в области математических и естественных наук	Умеет применять фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности ОПК-1.3: Уметь применять полученные знания для исследования дифференциальных уравнений и их систем Владеть навыками и методами исследования решений дифференциальных уравнений и их систем.		
---	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	9
Часов по учебному плану	324
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64
- КСР	4
самостоятельная работа	120
Промежуточная аттестация	72 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование 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 (практические занятия/ лабора- торные	Всего	

			работы), часы		
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Дифференциальное уравнение. Обыкновенное дифференциальное уравнение (ОДУ). ОДУ первого порядка. ОДУ первого порядка, разрешенное относительно производной.	8	2	2	4	4
Тема 2. Типы ОДУ первого порядка, разрешенных относительно производной.	40	8	12	20	20
Тема 3. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для ОДУ первого порядка, разрешенного относительно производной.	4	2	0	2	2
Тема 4. ОДУ первого порядка, не разрешенные относительно производной.	16	4	4	8	8
Тема 5. ОДУ высших порядков.	8	2	2	4	4
Тема 6. Линейные ОДУ высших порядков.	56	14	14	28	28
Тема 7. Системы ОДУ, записанные в нормальной форме. Основные понятия. Теорема существования и единственности решения задачи Коши. Обсуждение формулировок и геометрический смысл.	4	2	0	2	2
Тема 8. Непрерывность и дифференцируемость решения по параметру и начальным значениям	4	2	0	2	2
Тема 9. Линейные системы. Общая теория. Линейные системы ОДУ с постоянными коэффициентами: однородные и неоднородные.	36	8	10	18	18
Тема 10. Классификация состояний равновесия двумерных линейных систем.	16	4	4	8	8
Тема 11. Нелинейные системы. Устойчивость по Ляпунову. Определение. Исследование на устойчивость состояний равновесия нелинейных систем: теорема об устойчивости по первому приближению.	11	2	3	5	6
Тема 12. Нелинейные двумерные системы. Исследование топологической структуры окрестности состояния равновесия.	11	2	3	5	6
Тема 13. Предельные циклы двумерной нелинейной системы. Исследование окрестности предельного цикла.	4	2	0	2	2
Тема 14. Теория первых интегралов. Решение систем в симметрической форме	18	4	6	10	8
Тема 15. Уравнения с частными производными первого порядка. Общие понятия и случай линейных уравнений.	12	6	4	10	2
Аттестация	72				
КСР	4			4	
Итого	324	64	64	132	120

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Дифференциальное уравнение. Обыкновенное дифференциальное уравнение (ОДУ). ОДУ первого порядка. ОДУ первого порядка, разрешенное относительно производной. Общее решение, задача Коши, частное решение. Пространство решений. Поле направлений, изоклины, особые точки.

Тема 2. Типы ОДУ первого порядка, разрешенных относительно производной: уравнения с разделяющимися переменными, однородные, линейные, уравнения Бернулли, уравнения Риккати, уравнения в полных дифференциалах, интегрирующий множитель и его поиск в частных случаях.

Тема 3. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для ОДУ первого порядка, разрешенного относительно производной. Обсуждение разных формулировок. Геометрический смысл.

Тема 4. ОДУ первого порядка, не разрешенные относительно производной. Элементы теории. Решение уравнений в частных случаях и метод введения параметра. Уравнения Лагранжа и Клеро.

Тема 5. ОДУ высших порядков. Общее решение, частное решение. Случаи понижения порядка.

Тема 6. Линейные ОДУ высших порядков. Общая теория. Линейные однородные ОДУ высших порядков. Фундаментальная система решений, общее решение. Линейные неоднородные ОДУ высших порядков, теорема о структуре общего решения. Линейные однородные ОДУ с постоянными коэффициентами, метод Эйлера поиска общего решения. Метод Лагранжа (вариации произвольных постоянных) поиска частного решения. Метод неопределенных коэффициентов поиска общего решения неоднородных ОДУ с постоянными коэффициентами и квазимногочленом в правой части.

Тема 7. Системы ОДУ, записанные в нормальной форме. Основные понятия. Теорема существования и единственности решения задачи Коши. Обсуждение формулировок и геометрический смысл. Соответствующие ОДУ высших порядков.

Тема 8. Непрерывность и дифференцируемость решения по параметру и начальным значениям. Обсуждение формулировок и геометрические иллюстрации.

Тема 9. Линейные системы. Общая теория. Линейные системы ОДУ с постоянными коэффициентами: однородные и неоднородные. Структура общего решения однородных систем; структура общего решения неоднородных систем. Системы с постоянными коэффициентами. Метод решения сведением к линейным ОДУ высших порядков. Метод Лагранжа решения неоднородной системы. Метод Эйлера решения однородной системы с постоянными коэффициентами.

Тема 10. Классификация изолированных состояний равновесия двумерных линейных систем.

Тема 11. Нелинейные системы. Устойчивость по Ляпунову. Определение, геометрический смысл. Исследование на устойчивость изолированных состояний равновесия нелинейных систем: теорема об устойчивости по первому приближению. Простые (грубые) и сложные (негрубые) состояния равновесия.

Тема 12. Нелинейные двумерные системы. Исследование топологической структуры окрестности простых состояния равновесия.

Тема 13. Предельные циклы двумерной нелинейной системы. Исследование окрестности предельного цикла. Функция последования, отображение Пуанкаре. Характеристический показатель и мультипликатор предельного цикла. Простые (грубые) и сложные (негрубые) предельные циклы. Предельные множества двумерной динамической системы с непрерывным временем.

Тема 14. Теория первых интегралов. Свойства первых интегралов, аналитический признак. Решение систем в симметричной форме.

Тема 15. Уравнения с частными производными первого порядка. Общие понятия. Примеры решения в простейших случаях. Линейное однородное уравнение в частных производных первого порядка. Линейные неоднородные уравнения в частных производных первого порядка. Линейное уравнение между тремя переменными: геометрическая интерпретация. Система нелинейных уравнений в частных производных первого порядка для функции двух переменных. Уравнения Пфаффа.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Дифференциальные уравнения, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=4979>.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции УК-1:

1. 1. Решить задачу Коши: $\frac{yy'}{x} + e^y = 0$, $y(1) = 0$.

2. Решить уравнения: а) $xy' \sin \frac{x}{y} + x = y \sin \frac{x}{y}$; б) $y' = y \operatorname{tg} x + \cos x$;

в) $y' + y = x\sqrt{y}$; г) $(x + \sin y)dx + (x \cos y + \sin y)dy = 0$.

2.

Найти частное решение уравнения $y'' + 2y' + y = 0$, удовлетворяющее условиям $y(2) = 2$, $y'(2) = -2$.

Ответы

1
 $(1+x)e^x$

2
 $C_1 e^x + C_2 x e^{-x}$

3
 $(7-3x)e^{x-2}$

(1—

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Найти общее решение системы

$$\begin{cases} \dot{x} = x - y \\ \dot{y} = -4x + y \end{cases}$$

Ответы

1	2	3	
$x = C_1 e^{3t} + C_2 e^{-t}$	$x = e^{3t} + e^{-t}$	$x = C_1 e^{3t} + C_2 e^{-t}$	$x = C_1 e^3$
$y = -2C_1 e^{3t} + 2C_2 e^{-t}$	$y = -2e^{3t} + 2e^{-t}$	$y = -C_1 e^{3t} + C_2 e^{-t}$	$y = C_1 e^3$

Ответ: 1

2. Определить тип нулевого состояния равновесия системы

$$\begin{cases} \dot{x} = -5x - 6y, \\ \dot{y} = 8x + 9y. \end{cases}$$

3. Найти состояния равновесия системы

$$\begin{cases} \dot{x} = 1 - 2x - y^2, \\ \dot{y} = e^{-4x} - 1. \end{cases}$$

и каждое из них исследовать на устойчивость по Ляпунову.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнено правильно половина или больше, чем половина, заданий.
не зачтено	Выполнено правильно менее половины заданий.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

компет							
<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. Ошибок нет.	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 и 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворитель	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

	но	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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1

1. Обыкновенное дифференциальное уравнение. Общий вид. Порядок ОДУ. ОДУ первого порядка, общий вид. ОДУ первого порядка, разрешённое относительно производной, разные представления. Область определения. Общее решение, пространство решений. Особые точки. Частное решение, удовлетворяющее данным начальным условиям. Задача Коши. Дать все определения. Привести пример и показать все понятия на нём.
2. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для ОДУ первого порядка, разрешенного относительно производной. Формулировка. Геометрические пояснения.
3. ОДУ 1 порядка, разрешенное относительно производной, разные виды: с разделяющимися переменными (определение, метод решения), однородные (определение, замена, приводящая уравнению с разделяющимися переменными), линейные (определение, метод Бернулли, метод Лагранжа), Бернулли (определение, метод Бернулли), Риккати (определение, метод решения в частном случае).
4. Уравнения в полных дифференциалах, определение, необходимое и достаточное условие того, что в левой части стоит полный дифференциал неизвестной функции двух переменных. Метод решения.
5. Интегрирующий множитель, определение. Уравнение в частных производных первого порядка для поиска неизвестного интегрирующего множителя. Поиск интегрирующего множителя в случаях, когда он зависит от одной переменной.
6. Интегрирующие множители для линейного уравнения (метод решения с помощью нахождения интегрируемых комбинаций), для однородного уравнения, для уравнения с разделяющимися переменными.
7. Уравнение первого порядка, не разрешенное относительно производной. Особое решение, дискриминантная кривая, методика выделения особого решения из дискриминантной кривой.
8. Метод введения параметра для решения уравнений первого порядка, не разрешенных относительно производной: частные случаи, общий случай.
9. Уравнение Лагранжа, определение, решение. Уравнение Клеро, определение, решение.
10. ОДУ высших порядков. Определение. Задача Коши для уравнения второго и третьего порядков. В случае выполнения условий теоремы существования и единственности решения что можно сказать относительно уникальности данного частного решения задачи Коши? Уравнения, допускающие понижение порядка в двух частных случаях.
11. Линейные ОДУ высших порядков – неоднородные, однородные. Теорема об общем решении неоднородного уравнения. Доказать.
12. Фундаментальная (максимальная линейно независимая) система решений. Общее решение линейного однородного уравнения. Показать, что система из $n+1$ частного решения уравнения n -ого порядка всегда линейно зависима.

13. Определитель Вронского. Теорема о том, что если функции линейно зависимы на некотором отрезке, то их вронскиан равен нулю. Доказать.
14. Доказать, что если функции составляют фундаментальную систему решений данного линейного однородного уравнения, то их определитель Вронского не равен нулю ни в одной точке отрезка, на котором они заданы.
15. Пример линейно независимой на отрезке системы функций, не являющихся решением линейного однородного ОДУ, вронскиан для которых равен нулю.
16. Понижение порядка линейного однородного ОДУ в случае, когда известно одно частное решение. Записать замену, показать, как это работает на примере.
17. Доказать, что два линейных однородных ОДУ, имеющие одну и ту же фундаментальную систему решений, совпадают.
18. Формула Лиувилля-Остроградского.
19. Использование формулы Лиувилля-Остроградского для поиска общего решения линейного однородного ОДУ второго порядка в случае известного одного частного решения. Вывод в общем случае. Показать на примере.
20. Метод Эйлера решения линейного однородного уравнения с постоянными коэффициентами.
21. Доказательство линейной независимости частных решений, получающихся при решении уравнения второго порядка при условии, когда дискриминант характеристического уравнения а) положительный; б) равен нулю; в) отрицательный.
22. Метод вариации произвольных постоянных решения линейного неоднородного уравнения второго и третьего порядков.
23. Поиск частного решения линейного однородного уравнения с постоянными коэффициентами и специальной правой частью (квазимногочленом) методом неопределённых коэффициентов.
24. Решение задач на перечисленные темы.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений произвольного порядка. Система, записанная в нормальной форме. Соответствие системы уравнений и некоторого уравнения высшего порядка. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Пространство решений и фазовое пространство. Система ОДУ второго порядка и некоторое ОДУ первого порядка, соответствие понятий.
2. Теорема существования и единственности для системы n уравнений, записанной в нормальной форме. Формулировка и геометрическая интерпретация.
3. Теорема о непрерывной зависимости системы обыкновенных дифференциальных уравнений от параметра и начальных данных. Дифференцируемость решений по параметру и начальным данным. Сформулировать для систем второго порядка и прокомментировать.
4. Линейные системы обыкновенных дифференциальных уравнений n -ого порядка.
5. Однородные линейные системы ОДУ, теорема о структуре решения для однородной системы.
6. Неоднородные линейные системы ОДУ, теорема о структуре решения.
7. Линейные однородные системы ОДУ n -ого порядка с постоянными коэффициентами: метод Эйлера решения таких систем.
8. Случай кратных корней характеристического уравнения однородной системы с постоянными коэффициентами. Два метода решения.

9. Метод вариации произвольных постоянных (метод Лагранжа) решения линейных неоднородных систем второго и третьего порядка с постоянными коэффициентами.
10. Метод решения системы ОДУ n -ого порядка с помощью перехода к ОДУ n -ого порядка. Переход от линейного ОДУ n -ого порядка к системе ОДУ n -ого порядка.
11. Система ОДУ n -ого порядка. Произвольный вид. Нормальный вид. Пространство решений. Автономная система ОДУ n -ого порядка. Фазовое пространство.
12. Неавтономная и автономная системы 2 порядка. Пространство решений. Фазовая плоскость автономной системы. ОДУ первого порядка, соответствующее данной автономной системе. ОДУ второго порядка, соответствующее данной системе второго порядка.
13. Состояние равновесия (точка покоя, неподвижная точка) автономной системы ОДУ. Классификация состояний равновесия линейных автономных систем второго порядка с постоянными коэффициентами.
14. Решение системы ОДУ n -ого порядка: устойчивое по Ляпунову, асимптотически устойчивое, неустойчивое. Траектория автономной системы n -ого порядка: устойчивая по Ляпунову, асимптотически устойчивая, неустойчивая. Точные определения и геометрическая интерпретация. Состояния равновесия как траектории с точки зрения теории устойчивости.
15. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Сформулировать и уметь применять. Грубое (простое) состояние равновесия нелинейной автономной системы. Линеаризованная система. Теорема о типе грубого состояния равновесия нелинейной автономной системы в двумерном случае.
16. Периодические решения автономных систем. Предельные циклы. Исследование окрестности цикла: функция последования. Характеристический показатель и мультипликатор предельного цикла.
17. Первые интегралы и общий интеграл системы ОДУ. Необходимое и достаточное условия (аналитический признак) первого интеграла.
18. Первые интегралы автономных систем. Системы ОДУ в симметрической форме и их решение.
19. Уравнения с частными производными первого порядка. Введение.
20. Геометрическая интерпретация случая неизвестной функции двух переменных.
21. Линейные однородные уравнения с частными производными первого порядка. Поиск общего решения. Поиск частного решения.
22. Линейные неоднородные уравнения с частными производными первого порядка. Поиск общего решения. Поиск частного решения.
23. Уравнения Пфаффа. Исследование в случаях неизвестной функции двух переменных; двух неизвестных функций одного переменного.
24. Решение задач на перечисленные темы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Получены исчерпывающие ответы на все вопросы билета и дополнительные вопросы.
отлично	Получены исчерпывающие ответы на все вопросы билета, на дополнительные вопросы не все ответы были исчерпывающие.
очень хорошо	Имеются полные ответы на все вопросы с незначительными погрешностями и арифметическими ошибками.

Оценка	Критерии оценивания
хорошо	Имеются ответы на все вопросы; не все из них полные; допущены незначительные ошибки.
удовлетворительно	Студент продемонстрировал базовые знания по некоторым вопросам билета; допущены существенные ошибки, свидетельствующие о неполном понимании.
неудовлетворительно	Студент продемонстрировал отсутствие базовых знаний по всем вопросам билета; допущенные грубые ошибки, свидетельствующие об отсутствии понимания.
плохо	Студент не ответил ничего по вопросам билета.

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

Основная литература:

1. Понтрягин Лев Семенович. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учеб. для студентов мат. специальностей ун-тов. - М. : Наука, 1982. - 331 с. - 0.85., 141 экз.
2. Филиппов А. Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. - М. ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2003. - 176 с. - (R&C Dynamics). - ISBN 5-93972-008-0 : 64.35., 201 экз.
3. Лерман Л. М. Лекции по обыкновенным дифференциальным уравнениям. - М. ; Ижевск : НИЦ "Регуляр. и хаот. динамика", Ин-т компьютер. исслед., 2016. - 280 с. - (Университетские учебники и учебные пособия). - ISBN 978-5-4344-0343-6 : 320.00., 21 экз.
4. Практикум по дисциплине "Дифференциальные уравнения" : учебно-методическое пособие. Ч. 1 / Е. В. Губина, Е. Ю. Кадина, Н. В. Киселева, Г. В. Осипов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2016. - 29 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=823688&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Степанов Вячеслав Васильевич. Курс дифференциальных уравнений : учебник. - 8-е изд., стер. - М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959. - 468 с. : ил. - 23.00., 13 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

WInSet

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), 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 по направлению подготовки/специальности 01.03.01 - Математика.

Автор(ы): Круглов Евгений Валентинович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Калинин Алексей Вячеславович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.