

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

подпись

«31» мая 2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.04.02 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Специальность 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Направленность (профиль) Математическое моделирование

Форма обучения очная

Квалификация Математик. Механик. Преподаватель

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины «Дополнительные главы дифференциальных уравнений» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по специальности 01.05.01 «Фундаментальная математика и механика» (профиль «Фундаментальная математика и её приложения»).

Программу составил(и):

С.В. Азарина, канд. физ.-мат. наук



Рабочая программа дисциплины «Дополнительные главы дифференциальных уравнений» утверждена на заседании кафедры функционального анализа и алгебры протокол №12 от 07 мая 2024 г.

Заведующий кафедрой (разработчик) Барсукова В.Ю.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук «14» мая 2024 г., протокол № 3.

Председатель УМК факультета Шмалько С.П.



Рецензенты:

Ковалёва Л.А., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики и компьютерного моделирования ИИиЦТ, НИУ «БелГУ»

Засядко О.В., кандидат педагогических наук, доцент кафедры информационных образовательных технологий КубГУ

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Дополнительные главы дифференциальных уравнений» являются формирование математической культуры студентов, формирование и способностей к алгоритмическому и логическому мышлению, овладение современным аппаратом дифференциальных уравнений для дальнейшего использования в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания. Знакомство студентов с методами и приемами качественного исследования решений систем дифференциальных уравнений.

1.2 Задачи дисциплины

Задачами изучения дисциплины являются:

1. Изучение студентами основных геометрических понятий теории дифференциальных уравнений,
2. Изучение алгебраической точки зрения на теорию дифференциальных уравнений.
3. Знакомство с хаотической динамикой.
4. Знакомство с возможными приложениями теории дифференциальных уравнений.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дополнительные главы дифференциальных уравнений» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. «Дисциплины (модули)» учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 3 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: зачёт.

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками по программе дисциплин «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Аналитическая геометрия», «Алгебра». Знания, полученные в результате освоения дисциплины «Дополнительные главы дифференциальных уравнений» потребуются в дальнейшем для освоения таких дисциплин как «Интегральные уравнения», «Интегро-дифференциальные уравнения», «Стохастические дифференциальные уравнения».

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики и механики	
ОПК-1.1. Знает актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики	Знать понятие потока, однопараметрической группы диффеоморфизмов, симметрии. Знать структуру некоторых динамических систем с хаотическим поведением.
ОПК-1.2. Осуществляет выбор методов решения задач фундаментальной математики	применять рассматриваемые методы при доказательстве различных теорем и решений, относящихся к этому кругу проблем
	Уметь разрешать особенности дифференциальных уравнений, находить симметрии, производные ли, исследовать устойчивость динамических систем.
ПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики	

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1.1. Знает основные понятия, идеи и методы фундаментальных математических дисциплин для решения базовых задач	Знать понятие потока, однопараметрической группы диффеоморфизмов, симметрии. Знать структуру некоторых динамических систем с хаотическим поведением. применять рассматриваемые методы при доказательстве различных теорем и решений, относящихся к этому кругу проблем Уметь разрешать особенности дифференциальных уравнений, находить симметрии, производные ли, исследовать устойчивость динамических систем.
ПК-1.2. Умеет передавать результаты проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области	
ПК-1.3. Самостоятельно и корректно решает стандартные задачи фундаментальной и прикладной математики	
ПК-1.4. Имеет навыки решения математических задач, соответствующих квалификации, возникающих при проведении научных и прикладных исследований	

2 Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа, из них – 54,2 часа контактной работы, в то числе лекционных 18 ч., лабораторных 34 ч., 0,2 часа ИКР, 2 ч. КСР; 17,8 часов самостоятельной работы).

Их распределение по видам работ представлено в таблице.

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная
			5 семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего):		52	52
занятия лекционного типа		18	18
лабораторные занятия		34	34
практические занятия		-	-
семинарские занятия		-	-
Иная контактная работа:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		2	2
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:			
Проработка учебного (теоретического) материала		7	7
Выполнение домашних заданий (решение задач)		6	6
Подготовка к текущему контролю		4,8	4,8
Общая трудоемкость	час.	72	72
	в том числе контактная работа	54,2	54,2
	зач. Ед	2	2

2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы дисциплины, изучаемые в **пятом** семестре:

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная Работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Преобразования и группы преобразований	10	3	-	4	3
2.	Симметрии дифференциальных уравнений	13	3	-	6	4
3.	Разрешение особенностей	15	3	-	8	4
4.	Производная по направлению векторного поля	14,8	3	-	8	3,8
5.	Хаос динамических систем	17	6	-	8	3
	ИТОГО по разделам дисциплины		18	-	34	49,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Общая трудоемкость по дисциплине	72				

2.3 Содержание разделов дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Преобразования и группы преобразований	Геометрия ДУ. Формула Барроу, явное интегрирование. Действие группы на множестве, прямые произведения. Однопараметрические группы преобразований, однопараметрические группы диффеоморфизмов. Векторное поле фазовой скорости. Действие диффеоморфизмов на векторные поля и поля направлений.	Проверка домашнего задания, устный опрос
2.	Симметрии дифференциальных уравнений	Симметрии обыкновенных дифференциальных уравнений. Однородные уравнения и их симметрии. Квазиоднородные уравнения и их симметрии.	Проверка домашнего задания, опрос
3.	Разрешение особенностей	Сигма-раздутие. Формулы разрешения. Уравнения, не разрешённые относительно производных. Контактная плоскость. Регулярные точки и дискриминантная кривая.	Проверка домашнего задания, контрольная работа
4.	Производная по направлению векторного поля	Алгебра гомоморфизмов. Коммутатор. Производная Ли функции по направлению векторного поля. Дифференциальный оператор первого порядка. Производная Ли векторного поля. Векторные поля. Группа симметрий. Однопараметрическая группа преобразований. Первый интеграл. Закон сохранения энергии	Проверка домашнего задания, самостоятельная работа
5.	Хаос динамических систем	Потоки и каскады. Функция последования, надстройка над диффеоморфизмом. Грубые системы, устойчивость. Подкова Смейла. Гиперболический диффеоморфизм Аносова на двумерном торе. Омега-устойчивость, аттракторы. Бифуркация. Бифуркация рождения цикла. Бифуркация удвоения цикла.	Проверка домашнего задания, самостоятельная работа

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
---	-----------------------------	---------------------------	-------------------------

	Преобразования и группы преобразований	Геометрия ДУ. Формула Барроу, явное интегрирование. Действие группы на множестве, прямые произведения. Однопараметрические группы преобразований, однопараметрические группы диффеоморфизмов. Векторное поле фазовой скорости. Действие диффеоморфизмов на векторные поля и поля направлений.	Проверка домашнего задания, устный опрос
2.	Симметрии дифференциальных уравнений	Симметрии обыкновенных дифференциальных уравнений. Однородные уравнения и их симметрии. Квазиоднородные уравнения и их симметрии.	Проверка домашнего задания, опрос
3.	Разрешение особенностей	Сигма-раздутие. Формулы разрешения. Уравнения, не разрешённые относительно производных. Контактная плоскость. Регулярные точки и дискриминантная кривая.	Проверка домашнего задания, контрольная работа
4.	Производная по направлению векторного поля	Алгебра гомоморфизмов. Коммутатор. Производная Ли функции по направлению векторного поля. Дифференциальный оператор первого порядка. Производная Ли векторного поля. Векторные поля. Группа симметрий. Однопараметрическая группа преобразований. Первый интеграл. Закон сохранения энергии	Проверка домашнего задания, самостоятельная работа
5.	Хаос динамических систем	Потоки и каскады. Функция последования, надстройка над диффеоморфизмом. Грубые системы, устойчивость. Подкова Смейла. Гиперболический диффеоморфизм Аносова на двумерном торе. Омега-устойчивость, аттракторы. Бифуркация. Бифуркация рождения цикла. Бифуркация удвоения цикла.	Проверка домашнего задания, самостоятельная работа

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов) курсовые работы не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического) материала	Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 9 от 16 мая 2024 г.
2	Выполнение домашних заданий (решение задач)	Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 9 от 16 мая 2024 г.
3	Подготовка к текущему контролю	Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 9 от 16 мая 2024 г.
4	Выполнение лабораторных работ	Методические указания по выполнению лабораторных работ. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 9 от 16 мая 2024 г.
4	Промежуточная аттестация (зачёт)	Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся. Утверждены на заседании Совета факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ». Протокол № 9 от 16 мая 2024 г.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

При изучении данного курса используются традиционные лекции и лабораторные занятия.

Цель лабораторных занятий – научить студента применять полученные на лекциях теоретические знания к решению и исследованию конкретных задач. В каждом семестре проводятся контрольные работы для проверки усвоения материала студентами.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций.

Оценочными средствами дисциплины являются средства текущего контроля (коллоквиумы, устные опросы.), а также на лабораторных занятиях – контрольные работы, проверка домашних заданий) и промежуточная аттестация (зачет, экзамен). Устный опрос по теоретическому материалу проводится на лабораторных занятиях.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики и механики ОПК-1.1. Знает актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики ОПК-1.2. Осуществляет выбор методов решения задач фундаментальной математики	Знать геометрические понятия теории ДУ, понятия группы преобразований, диффеоморфизмов, потока. Знать действие диффеоморфизмов на векторные поля и поля направлений. Применять рассматриваемые методы при доказательстве различных теорем и решений, относящихся к этому кругу проблем. Уметь находить симметрии дифференциальных уравнений и с их помощью решать дифференциальные уравнения.	Вопросы для устного опроса по теме «Группы диффеоморфизмов, разрешение особенностей», контрольная работа по теме «Геометрия дифференциальных уравнений»	Вопрос на зачёте 1-13

		Уметь разрешать особенности некоторых дифференциальных уравнений.		
2	ПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики ПК-1.1. Знает основные понятия, идеи и методы фундаментальных математических дисциплин для решения базовых задач ПК-1.2. Умеет передавать результаты проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области ПК-1.3. Самостоятельно и корректно решает стандартные задачи фундаментальной и прикладной математики ПК-1.4. Имеет навыки решения математических задач, соответствующих квалификации, возникающих при проведении научных и прикладных исследований	Знать алгебраический подход к теории ДУ: понятие алгебры гомоморфизмов, производных Ли, однопараметрических преобразований. Применять рассматриваемые методы при доказательстве различных теорем и решений, относящихся к этому кругу проблем. Владеть навыками построения алгебры Ли, нахождения производных Ли, генераторов группы преобразований, первых интегралов; навыками применения полученных знаний в других областях.	Вопросы для устного опроса по теме «Дифференциальные операторы, производные Ли», самостоятельная работа работа по теме «Производные Ли, группы преобразований»	Вопрос на зачёте 13-19
3	ПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики ПК-1.1. Знает основные понятия, идеи и методы фундаментальных математических дисциплин для решения базовых задач ПК-1.2. Умеет передавать результаты проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области ПК-1.4. Имеет навыки решения математических задач, соответствующих квалификации, возникающих при проведении научных и прикладных исследований	Знает основные понятия хаоса динамических систем. Знает понятия потока, каскада, грубости, омега-устойчивости, бифуркации. Знает, как строятся подкова Смейла, гиперболический диффеоморфизм Аносова, функция последования. Применять рассматриваемые методы при доказательстве различных теорем и решений, относящихся к этому кругу проблем. Владеть навыками использования символической динамики, построения функции последования.	Вопросы для устного опроса по теме «Хаос динамических систем», лабораторные работы	Вопрос на зачёте 20-27

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Вопросы к устному опросу (по теме «Группы диффеоморфизмов, разрешение особенностей»)

1. Основные понятия теории обыкновенных дифференциальных уравнений.
2. Геометрия обыкновенных дифференциальных уравнений. Явное интегрирование.
3. Действие группы на множестве
4. Прямые произведения.
5. Однопараметрические группы преобразований. Однопараметрические группы диффеоморфизмов.
6. Векторное поле фазовой скорости.
7. Действие диффеоморфизмов на векторные поля и поля направлений.
8. Симметрии обыкновенных дифференциальных уравнений.
9. Однородные уравнения и их симметрии.
10. Квазиоднородные уравнения и их симметрии.
11. Разрешение особенностей: сигма-раздутие.
12. Разрешение особенностей: дискриминантная кривая.

Вопросы к устному опросу (по теме «Дифференциальные операторы, производные Ли»)

13. Алгебра гомоморфизмов.
14. Производная Ли функции по направлению векторного поля. Свойства.
15. Дифференциальные операторы первого порядка.
16. Алгебраическая интерпретация диффеоморфизмов и преобразований.
17. Алгебраическое определение векторного поля, симметрии.
18. Однопараметрическая группа преобразований и её генератор.
19. Производная Ли одного векторного поля вдоль другого. Закон сохранения энергии.

Вопросы к устному опросу (по теме «Хаос динамических систем»)

20. Потоки и каскады.
21. Функция последования. Надстройка над диффеоморфизмом.
22. Грубые системы. Устойчивость.
23. Подкова Смейла.
24. Гиперболический диффеоморфизм Аносова на двумерном торе.
25. Омега-предельные множества, неблуждающие множества, Омега-устойчивость, аттракторы.
26. Понятие бифуркации. Бифуркация рождения цикла.
27. Бифуркация удвоения цикла.

Контрольная работа

Вариант 1.

Контрольная работа №1

1. Найдите образ поля направлений $y \frac{\partial}{\partial x}$ под действием преобразования фазового потока системы

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

2. Найти образ вектора $(1, 0)$, приложенного в точке $(0, \pi)$ под действием преобразования за время $t = 1$ фазового потока системы

$$\begin{cases} \dot{x} = \cos y, \\ \dot{y} = 0. \end{cases}$$

3. Найдите координаты, в которых разделяются переменные в уравнении, решите его

$$y dx + (2x - 10y^3) dy = 0.$$

4. Найдите общий интеграл и дискриминантную кривую дифференциального уравнения

$$y = xy' - (y')^3.$$

5. Проверьте, определяет ли указанное преобразование (неоднородное растяжение) однопараметрическую группу диффеоморфизмов на плоскости, найдите соответствующее векторное поле и его траектории

$$g^t(x, y) = (xe^{at}, ye^{bt}).$$

Вариант 2.

1. Найдите образ поля направлений $y \frac{\partial}{\partial x} + x \frac{\partial}{\partial y}$ под действием преобразования фазового потока системы

$$\begin{cases} \dot{x} = x, \\ \dot{y} = x - y. \end{cases}$$

2. Найти образ вектора $(1, 2)$, приложенного в точке $(2, 0)$ под действием преобразования за время $t = 1$ фазового потока системы

$$\begin{cases} \dot{x} = y, \\ \dot{y} = 1. \end{cases}$$

3. Найдите координаты, в которых разделяются переменные в уравнении, решите его

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = -xy^2.$$

4. Найдите общий интеграл и дискриминантную кривую дифференциального уравнения

$$y = x(y')^2 + (y')^3.$$

5. Проверьте, определяет ли указанное преобразование (перенос вдоль прямой $ax + by = 0$) однопараметрическую группу диффеоморфизмов на плоскости, найдите соответствующее векторное поле и его траектории

$$g^t(x, y) = (x + bt, y - at).$$

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)

Примерный перечень вопросов к зачёту.

1. Основные понятия теории обыкновенных дифференциальных уравнений.
2. Геометрия обыкновенных дифференциальных уравнений. Явное интегрирование.
3. Действие группы на множестве
4. Прямые произведения.

5. Однопараметрические группы преобразований. Однопараметрические группы диффеоморфизмов.
6. Векторное поле фазовой скорости.
7. Действие диффеоморфизмов на векторные поля и поля направлений.
8. Симметрии обыкновенных дифференциальных уравнений.
9. Однородные уравнения и их симметрии.
10. Квазиоднородные уравнения и их симметрии.
11. Разрешение особенностей: сигма-раздутие.
12. Разрешение особенностей: дискриминантная кривая.
13. Алгебра гомоморфизмов.
14. Производная Ли функции по направлению векторного поля. Свойства.
15. Дифференциальные операторы первого порядка.
16. Алгебраическая интерпретация диффеоморфизмов и преобразований.
17. Алгебраическое определение векторного поля, симметрии.
18. Однопараметрическая группа преобразований и её генератор.
19. Производная Ли одного векторного поля вдоль другого. Закон сохранения энергии.
20. Потоки и каскады.
21. Функция последования. Надстройка над диффеоморфизмом.
22. Грубые системы. Устойчивость.
23. Подкова Смейла.
24. Гиперболический диффеоморфизм Аносова на двумерном торе.
25. Омега-предельные множества, неблуждающие множества, Омега-устойчивость, аттракторы.
26. Понятие бифуркации. Бифуркация рождения цикла.
27. Бифуркация удвоения цикла.

Критерии оценивания результатов обучения

Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент регулярно посещал занятия; выполнял домашние работы; владеет теоретическими знаниями по данному разделу; знает методы решения интегральных уравнений с различными типами ядер, допускает незначительные ошибки в ходе решения задач; студент умеет правильно объяснять изученный материал, иллюстрируя его соответствующими примерами; написал контрольные работы на положительные оценки;

«не зачтено»: студент пропустил более 60 % занятий, не выполнял домашние работы, материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры при изложении изученного материала, имеет довольно ограниченный объем знаний программного материала, написал контрольные работы на неудовлетворительные оценки.

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

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление

информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. В.И. Арнольд. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Москва, МЦНМО, 2018.
2. В.И. Арнольд. Геометрические методы в теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М., МЦНМО, 1999
3. Ю.Е. Гликлик. Начала хаотической динамики. Учебное пособие. Воронеж, ВГУ, 2012
4. А.М. Виноградов, И.С. Красильщик. Симметрии и законы сохранения уравнений математической физики. Москва, Факториал, 1997.
5. Тихонов А. Н., Васильева А. Б., Свешников А. Г. Дифференциальные уравнения. М., 2005. <https://e.lanbook.com/book/48171>
6. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление, М.:2006.
7. Демидович Б. П. Лекции по математической теории устойчивости. СПб. «Лань», 2008. www.e.lanbook.com/view/book/123

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Библиоклуб».

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Ресурсы свободного доступа:

1. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
3. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>
4. Краткий справочник по математике - <http://matembook.chat.ru/>
5. Математический портал - <http://www.allmath.com/>

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>

6 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, лабораторных занятий, в ходе которых студентами приобретаются и закрепляются основные практические навыки решения различных задач, в том числе с применением полученных теоретических знаний.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине. Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью процесса подготовки. Под самостоятельной работой понимается часть учебной планируемой работы, которая выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа направлена на усвоение системы научных и профессиональных знаний, формирования умений и навыков, приобретение опыта самостоятельной творческой деятельности. СРС помогает формировать культуру мышления студентов, расширять познавательную деятельность.

Виды самостоятельной работы по курсу:

а) по целям: подготовка к лекциям, к практическим занятиям, к контрольной работе, к коллоквиуму.

б) по характеру работы: изучение литературы, конспекта лекций; поиск литературы в библиотеке; конспектирование рекомендуемой для самостоятельного изучения научной литературы; решение задач, тестов; работа с обучающими и контролирующими программами.

Тематическое планирование самостоятельной работы студентов

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Вид работы
1	Преобразования и группы преобразований	Действие диффеоморфизма на фазовый поток. Модель Лотки-Вольтерра, маятник.	Поиск необходимой информации (см. список литературы). Решение задач.
2	Симметрии дифференциальных уравнений	Поиск симметрий для других типов уравнений	Поиск необходимой информации. Изучение лекционного материала. Конспектирование.
3	Разрешение особенностей	Исследования маятника с трением	Повторение лекционного материала и материала учебников. Подготовка к контрольной работе
4	Производная по направлению векторного поля	Нахождение первых интегралов. Закон сохранения энергии.	Поиск необходимой информации. Подготовка к контрольной работе
5	Хаос динамических систем	Бифуркация удвоения цикла	Изучение лекционного материала и материала учебников.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
------------------------------------	------------------------------------	---

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Программы для демонстрации и создания презентаций (Miktex, Microsoft Office, Open BSD, Videopad)
Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: Доска, мел, маркеры	
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория...	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: Доска, мел, маркеры	

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. _____)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	