

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»
Институт математики, физики и информационных технологий
Кафедра функционального анализа

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института



Н. Л. Королева
«21» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.В.ДВ.04.2 Динамические системы

Направление подготовки/специальность: 01.03.01 - Математика

Профиль/направленность/специализация: Дифференциальные уравнения,
динамические системы и оптимальное управление

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация: Бакалавр

год набора: 2020

Тамбов, 2023

Автор программы:

Кандидат физико-математических наук, доцент Панасенко Елена Александровна

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.01 - Математика (уровень бакалавриата) (приказ Министерства образования и науки РФ от «10» января 2018 г. № 8).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры функционального анализа «14» июня 2023 г. Протокол № 9

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «21» июня 2023 г. № 3.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП Бакалавриата.....	4
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	8
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	14
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	16
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	17

1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ПК-4 Способен использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач

1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- научно-исследовательский

1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сфере: 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научно-исследовательских и опытноконструкторских разработок)

1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
- В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем	ПК-4 Способен использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	Адекватно применяет в своей деятельности методы математической обработки результатов исследований, полученных при решении конкретной теоретической или прикладной задачи

1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ПК-4 Способен использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения				
		Очная (семестр)				
		4	5	6	7	8
1	Адаптационная дисциплина для инвалидов и лиц с ОВЗ "Обобщенные функции"				+	+
2	Дифференциальные уравнения		+	+		
3	Научно-исследовательская работа					+
4	Функционально-дифференциальные уравнения и включения				+	+
5	Численные методы	+	+			

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

Дисциплина «Динамические системы» относится к обязательной части учебного плана ОП по направлению подготовки 01.03.01 - Математика.

Дисциплина «Динамические системы» изучается в 7, 8 семестрах.

3.Объем и содержание дисциплины

3.1.Объем дисциплины: 7 з.е.

Очная: 7 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
Общая трудоёмкость дисциплины	252
Контактная работа	80
Лекции (Лекции)	28
Практические (Практ. раб.)	52
Самостоятельная работа (СР)	136
Экзамен	36
Зачет	-

3.2.Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лек ции	Пра кт. раб.	СР	
		О	О	О	
7 семестр					
1	Топологические основы теории непрерывных динамических систем	4	4	12	Контрольное домашнее задание; Опрос; Контрольная работа
2	Основные понятия теории непрерывных динамических систем.	4	4	18	Контрольное домашнее задание; Опрос
3	Предельные множества	4	4	18	Контрольное домашнее задание; Опрос; Контрольная работа; Зачет
8 семестр					
4	Неблуждающие точки и множества. Устойчивость по Ляпунову	4	10	22	Контрольное домашнее задание; Реферат; Контрольная работа

5	Динамические системы, определяемые системой дифференциальных уравнений	4	10	22	Реферат; Контрольное домашнее задание
6	Эквивалентность динамических систем	4	10	22	Контрольное домашнее задание; Реферат; Контрольная работа
7	Теория бифуркаций	4	10	22	Контрольное домашнее задание; Реферат; Контрольная работа

Тема 1. Топологические основы теории непрерывных динамических систем (ПК-4)

Лекция.

Непрерывные отображения. Гомеоморфизмы. Топологическая эквивалентность пространств. Определение многообразия. Размерность. Примеры многообразий. Локальные карты и атлас многообразия. Функции замены переменных. Гладкие многообразия. Связные многообразия. Классификация по размерности. Одномерные многообразия. Связные двумерные многообразия. Компактные двумерные многообразия, ориентируемые и неориентируемые многообразия. Примеры многообразий высших размерностей: сферы, цилиндры, торы. Прямые произведения многообразий. Проективное пространство и некоторые его свойства. Дiffeоморфизмы. Касательный вектор и касательное пространство в точке многообразия. Касательное расслоение многообразия. Векторное поле на многообразии как обобщение системы дифференциальных уравнений на R^n

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений.

Задания для самостоятельной работы.

Повторить основные понятия и утверждения из топологии: множества и отображения, топологические пространства, открытые и замкнутые множества, окрестность, внутренность, граница, замыкание множества, компактность и т.д.

Тема 2. Основные понятия теории непрерывных динамических систем. (ПК-4)

Лекция.

Динамическая система, как однопараметрическая группа преобразований пространства состояний. Непрерывные динамические системы, определяемые векторными полями на многообразиях. Оператор потока. Оператор сдвига по траекториям. Основные свойства траекторий. Простейшие динамические системы: покой, простой сдвиг, поворот, гиперболический поворот. Топологическая классификация траекторий динамических систем. Неподвижные точки, замкнутые траектории (циклы), незамкнутые траектории. Периодические движения. Инвариантные множества динамических систем. Основные свойства. Замкнутые инвариантные множества. Ограничение динамической системы на инвариантное множество.

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений

Задания для самостоятельной работы.

1. Углубленное изучение материалов темы.

2. Решение задач.

Тема 3. Предельные множества (ПК-4)

Лекция.

Предельные точки и предельные множества движений динамических систем. Инвариантность и замкнутость предельных множеств. Непустота и связность предельных множеств движения на компакте. Классификация полутраекторий динамических систем по свойствам их предельных множеств. Неподвижные точки, периодические, уходящие и асимптотические движения. Движения, устойчивые по Пуассону. Основные свойства движений, устойчивых по Пуассону. Динамически предельные множества движений на сфере и плоскости. Теорема Пуанкаре-Бендиксона.

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений.

Задания для самостоятельной работы.

1. Динамические системы на торе. Обмотки тора.
2. Рациональные и иррациональные обмотки тора. Иррациональная обмотка тора как пример движения, устойчивого по Пуассону.
3. Углубленное изучение материалов темы.
4. Решение задач.

Тема 4. Неблуждающие точки и множества. Устойчивость по Ляпунову (ПК-4)

Лекция.

Неблуждающие и блуждающие точки и множества динамических систем. Основные свойства неблуждающего множества: симметрия по времени, инвариантность, замкнутость. Связь неблуждающего множества динамической системы с предельными множествами ее движений, Центральное множество динамической системы. Теорема Биркгофа о центре. Устойчивые по Ляпунову инвариантные множества динамической системы. Асимптотически устойчивые компактные множества – аттракторы. Репеллеры. Области притяжения аттракторов и репеллеров, их свойства.

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений

Задания для самостоятельной работы.

1. Углубленное изучение материалов темы.
- Решение задач

Тема 5. Динамические системы, определяемые системой дифференциальных уравнений (ПК-4)

Лекция.

Линейные системы с постоянными коэффициентами. Фундаментальная матрица системы. Экспонента матрицы. Общий вид решения линейной системы с постоянными коэффициентами. Алгебраическая классификация двумерных линейных систем. Разложение фазового пространства линейной системы на инвариантные подпространства. Гиперболические линейные системы. Устойчивое и неустойчивое подпространства гиперболических систем. Центральные линейные системы. Инвариантные торы в центральных системах. Линейные системы с периодическими коэффициентами. Фундаментальная матрица системы. Матрица монодромии. Мультипликаторы. Выделение периодической части решения. Теорема Флоке-Ляпунова о приведении системы с периодическими коэффициентами к системе с постоянными коэффициентами.

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений.

Задания для самостоятельной работы.

1. Логарифм матрицы. Многозначность функции $\text{Ln } X$.
2. Приближенное вычисление мультипликаторов.
3. Углубленное изучение материалов темы.
4. **Решение задач.**

Тема 6. Эквивалентность динамических систем (ПК-4)

Лекция.

Понятие об эквивалентности динамических систем. Эквивалентность динамических систем в окрестности неособой точки. Теорема о выпрямлении траекторий. Линейная, гладкая и топологическая эквивалентности линейных систем. Топологическая классификация линейных систем. Симметрии динамических систем. Дискретные группы симметрий. Симметрии с обращением времени. Обратимые системы. Непрерывные группы симметрий. Коммутирующие потоки. Группы симметрий, порожденные коммутирующими потоками. Понижение порядка системы при наличии непрерывной группы симметрий. Линеаризация динамической системы в окрестности неподвижной точки. Локальная эквивалентность нелинейной и линеаризованной систем: теорема о Гробмана-Хартмана линеаризации. Топологическая классификация гиперболических неподвижных точек. Строение нелинейной системы в окрестности неподвижной точки. Гиперболическое и центральное инвариантные многообразия. Теорема Адамара-Перрона об инвариантных многообразиях. Теорема о центральном многообразии

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений.

Задания для самостоятельной работы.

1. Глобальная эквивалентность динамических систем.
2. Системы с конечным числом неподвижных точек на окружности.
3. Специальные потоки без неподвижных точек на торе. Сведение их к диффеоморфизмам окружности.
4. Классификация Пуанкаре.

Тема 7. Теория бифуркаций (ПК-4)

Лекция.

Задачи теории бифуркаций. Проблема классификации бифуркаций. Бифуркации положений равновесия. Сведение к задаче на центральном многообразии. Однопараметрические бифуркации положений равновесия. Случай нулевого собственного значения. Рождение и исчезновение пары неподвижных точек. Бифуркация для нулевого собственного значения в системе с симметрией. Случай пары чисто мнимых корней. Рождение цикла. Мягкая и жесткая потеря устойчивости. Двухпараметрические бифуркации положений равновесия. Двукратно вырожденная неподвижная точка одномерной системы. Сборка Уитни. Двухпараметрическая бифуркация в случае двух нулевых собственных значений.

Практическое занятие.

Занятие проводится в форме семинара и включает: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений.

Задания для самостоятельной работы.

1. Бифуркации периодических движений.
2. Нелокальные бифуркации в системах на плоскости.

4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

4.1. Распределение баллов:

7 семестр

- текущий контроль – 80 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов

Распределение баллов по заданиям:

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Топологические основы теории непрерывных динамических систем	Контрольное домашнее задание	15	100 % задания – 15 баллов; 75%-90% задания - 12 балла; 50-74% задания – 10 балл. Менее 50% - 0 баллов
		Опрос	5	Участие в опросе – 5 баллов
		Контрольная работа(контрольный срез)	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла.
2.	Основные понятия теории непрерывных динамических систем.	Контрольное домашнее задание	15	Выполнение 100 % задания – 15 балла; 75%-90% задания - 12 балла; 50-74% задания – 10 балл. Менее 50% - 0 баллов
		Опрос	5	Участие в опросе – 5 баллов
3.	Предельные множества	Контрольное домашнее задание	15	Выполнение 100 % задания – 15 балла; 75%-90% задания - 12 балла; 50-74% задания – 10 балл. Менее 50% - 0 баллов
		Опрос	5	Участие в опросе – 5 баллов
		Контрольная работа(контрольный срез)	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла.
		Зачет	20	5 заданий по 4 балла за задание
4.	Премиальные баллы		20	10 баллов за участие в студенческих олимпиадах 10 баллов за участие в студенческих научных конференциях
5.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы		50	Добор баллов: студент может предоставить все задания текущего контроля и задания контрольных срезов
6.	Итого за семестр		100	

8 семестр

- текущий контроль – 50 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов
- ответ на экзамене: не более 30 баллов

Распределение баллов по заданиям:

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Неблуждающие точки и множества. Устойчивость по Ляпунову	Контрольное домашнее задание	6	Выполнение 100 % задания – 6 баллов; 75%-90% задания - 4 балла; 50-74% задания – 3 балла 30-50% задания – 1 балл
		Реферат	4	Подготовка и выступление с рефератом на семинаре – 4 балла
		Контрольная работа(контрольный срез)	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла.
2.	Динамические системы, определяемые системой дифференциальных уравнений	Реферат	4	Подготовка и выступление с рефератом на семинаре – 4 балла
		Контрольное домашнее задание	6	Выполнение 100 % задания – 6 баллов; 75%-90% задания - 4 балла; 50-74% задания – 3 балла 30-50% задания – 1 балл.
3.	Эквивалентность динамических систем	Контрольное домашнее задание	6	Выполнение 100 % задания – 6 баллов; 75%-90% задания - 4 балла; 50-74% задания – 3 балла 30-50% задания – 1 балл.
		Реферат	4	Подготовка и выступление с рефератом на семинаре – 4 балла
		Контрольная работа(контрольный срез)	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла.
4.	Теория бифуркаций	Контрольное домашнее задание	6	Выполнение 100 % задания – 6 баллов; 75%-90% задания - 4 балла; 50-74% задания – 3 балла 30-50% задания – 1 балл.
		Реферат	4	Подготовка и выступление с рефератом на семинаре – 4 балла
		Контрольная работа	10	Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам, содержащим 5 заданий. Каждое задание оценивается в 2 балла.
5.	Премиальные баллы		20	Участие в студенческих олимпиадах – 10 баллов Участие в студенческих конференциях – 10 баллов
6.	Ответ на экзамене		30	10-17 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «удовлетворительно» 18-24 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «хорошо», 25-30 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «отлично».
7.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы		50	Добор баллов: студент может предоставить все задания текущего контроля и задания контрольных срезов
8.	Итого за семестр		100	

Итоговая оценка по экзамену выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
85 - 100 баллов	Отлично
70 - 84 баллов	Хорошо
50 - 69 баллов	Удовлетворительно
Менее 50	Неудовлетворительно

4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

Зачет

Тема 3. Предельные множества

ответ на зачете по билетам

Контрольная работа

Тема 1. Топологические основы теории непрерывных динамических систем

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 3. Предельные множества

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 4. Неблуждающие точки и множества. Устойчивость по Ляпунову

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 6. Эквивалентность динамических систем

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 7. Теория бифуркаций

Типовые индивидуальные домашние задания (тема «Теория бифуркаций»)

1. Построить бифуркационную диаграмму для пространства параметров и расширенную бифуркационную диаграмму для прямого произведения фазового пространства и пространства параметров:
$$\begin{cases} \dot{x} = -x \\ \dot{y} = a + y^2 \end{cases}$$
2. Построить бифуркационную диаграмму для пространства параметров
$$\begin{cases} \dot{x} = ax + by \\ \dot{y} = cx + dy \end{cases}$$
3. Определить, при каких значениях параметров происходят бифуркации положений равновесия и указать тип бифуркации:
 - а) $\dot{x} = rx(1-x) - px$; б) $\begin{cases} \dot{x} = x \\ \dot{y} = a + y^2 \end{cases}$

Контрольное домашнее задание

Тема 1. Топологические основы теории непрерывных динамических систем

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 2. Основные понятия теории непрерывных динамических систем.

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 3. Предельные множества

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 4. Неблуждающие точки и множества. Устойчивость по Ляпунову

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 5. Динамические системы, определяемые системой дифференциальных уравнений

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 6. Эквивалентность динамических систем

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Тема 7. Теория бифуркаций

Самостоятельное выполнение заданий по индивидуальным билетам

Опрос

Тема 1. Топологические основы теории непрерывных динамических систем

1. Основные понятия, связанные с множествами и отображениями.
2. Каково минимальное число открытых множеств в топологическом пространстве?
3. Может ли подмножество топологического пространства быть ни открытым, ни замкнутым? А открытым и замкнутым?
4. Если отображение непрерывно и биективно, то всегда ли оно гомеоморфно?
5. Приведите пример некомпактного, но ограниченного одномерного многообразия.

Тема 2. Основные понятия теории непрерывных динамических систем.

вопросы для проведения опроса

Тема 3. Предельные множества

вопросы для устного опроса

Реферат

Тема 4. Неблуждающие точки и множества. Устойчивость по Ляпунову

Защита реферата

Тема 5. Динамические системы, определяемые системой дифференциальных уравнений

защита реферата

Тема 6. Эквивалентность динамических систем

Защита реферата

Тема 7. Теория бифуркаций

Защита реферата

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета, экзамена

Типовые вопросы зачета (ПК-4)**Типовые вопросы для зачета (7 семестр)**

1. Опишите классификацию двумерных связных компактных многообразий.
2. Докажите ассоциативность прямого произведения многообразий.
3. Какому многообразию гомеоморфно проективное пространство?
4. Описать все инвариантные множества простого сдвига.
5. Что называется w -предельным (a -предельным) множеством?

Типовые задания для зачета (ПК-4)

1. Построить изоклины, соответствующие направлениям $0, \infty, 1, -1$, и по ним нарисовать интегральные кривые:
а) $(y^2 + 1)y' = y - x$; б) $(x^2 + y^2)y' = 4x$.
2. Построить фазовый поток для следующих систем
а) $\begin{cases} \dot{x} = -x \\ \dot{y} = 2y \end{cases}$ б) $\begin{cases} \dot{x} = x + 3y \\ \dot{y} = y - 3x \end{cases}$
3. Выписать замену координат в окрестности точки $(0; 1)$, выпрямляющую поле:
а) $\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = -x \end{cases}$ б) $\begin{cases} \dot{x} = x + 2y \\ \dot{y} = y - 2x \end{cases}$
4. Как изменяется фазовый объем для системы линейных автономных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами на плоскости?

Типовые вопросы экзамена (ПК-4)**Типовые вопросы и задания для экзамена (8 семестр)**

1. Неблуждающие и блуждающие точки и множества динамических систем.
 2. Основные свойства неблуждающего множества: симметрия по времени, инвариантность, замкнутость.
 3. Связь неблуждающего множества динамической системы с предельными множествами ее движений.
 4. Центральное множество динамической системы. Теорема Биркгофа о центре.
 5. Устойчивые по Ляпунову инвариантные множества динамической системы.
 6. Линейные системы с постоянными коэффициентами.
 7. Фундаментальная матрица системы.
 8. Экспонента матрицы. Общий вид решения линейной системы с постоянными коэффициентами.
 9. Алгебраическая классификация двумерных линейных систем.
- Привести примеры дискретной группы симметрий динамических систем.
- Привести примеры тривиальных непрерывных групп симметрий динамических систем.

Типовые задания для экзамена (ПК-4)

1. Построить бифуркационную диаграмму для пространства параметров и расширенную бифуркационную диаграмму для прямого произведения фазового пространства и пространства параметров: $\begin{cases} \dot{x} = -x \\ \dot{y} = a + y^2 \end{cases}$.
2. Построить бифуркационную диаграмму для пространства параметров $\begin{cases} \dot{x} = ax + by \\ \dot{y} = cx + dy \end{cases}$.
3. Определить, при каких значениях параметров происходят бифуркации положений равновесия и указать тип бифуркации:
а) $\dot{x} = rx(1-x) - px$; б) $\begin{cases} \dot{x} = x \\ \dot{y} = a + y^2 \end{cases}$.

- 1 2. Построить бифуркационную диаграмму для пространства параметров .
- 2 3. Определить, при каких значениях параметров происходят бифуркации положений равновесия и указать тип бифуркации:

а) .

4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Зачет

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено» (50 - 100 баллов)	ПК-4	владеет методами математической обработки результатов исследований, полученных при решении конкретной теоретической задачи
«не зачтено» (0 - 49 баллов)	ПК-4	не владеет методами математической обработки результатов исследований, полученных при решении конкретной теоретической задачи

Экзамен

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично» (85 - 100 баллов)	ПК-4	Отлично умеет применять в своей деятельности методы математической обработки результатов исследований, полученных при решении конкретной теоретической задачи
«хорошо» (70 - 84 баллов)	ПК-4	Хорошо умеет применять в своей деятельности методы математической обработки результатов исследований, полученных при решении конкретной теоретической задачи
«удовлетворительно» (50 - 69 баллов)	ПК-4	Удовлетворительно умеет применять в своей деятельности методы математической обработки результатов исследований, полученных при решении конкретной теоретической задачи
«неудовлетворительно» (менее 50 баллов)	ПК-4	Не умеет применять в своей деятельности методы математической обработки результатов исследований, полученных при решении конкретной теоретической задачи

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;

- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Понтрягин, Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. - 2023-02-12; Обыкновенные дифференциальные уравнения. - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. - 396 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/92055.html>
2. Братусь А. С., Новожилов А. С., Платонов А. П. Динамические системы и модели биологии : научное издание. - Москва: Физматлит, 2009. - 400 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67304>
3. Арнольд, В. И. Геометрические методы в теории обыкновенных дифференциальных уравнений. - 2023-02-12; Геометрические методы в теории обыкновенных дифференциальных уравнений. - Москва: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. - 400 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/91926.html>

6.2 Дополнительная литература:

1. Филиппов А.Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям : учеб. пособие. - 3-е изд., стер.. - Москва: Наука, 1970. - 96 с.

6.3 Иные источники:

1. Российская национальная библиотека - www.nlr.ru
2. Российский общеобразовательный портал - <http://www.school.edu.ru/>
3. Учебный портал - www.tgsa.ru

4. Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

LibreOffice

Операционная система "Альт Образование"

Microsoft Windows 10

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>
2. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>
3. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>
4. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: <https://www.prilib.ru>
5. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. – URL: <https://biblioclub.ru>
6. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания. – URL: <https://www.monographies.ru>
7. Электронная библиотека РФФИ. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>
8. Springer Open (ресурсы Springer открытого доступа): база данных. – URL: <https://www.springeropen.com>
9. Web of Science: политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных. – URL: <https://apps.webofknowledge.com>
10. Scopus: база данных. – URL: <https://www.scopus.com>
11. Платформа Springer Link. – URL: <https://link.springer.com>

Электронная информационно-образовательная среда

https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.