



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математические модели динамических систем

Кафедра прикладной математики

Образовательная программа
01.03.02- прикладная математика и информатик

Профиль подготовки
Математическое моделирование и вычислительная математика

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины: ***Часть, формируемая участниками образовательных отношений***

Махачкала, 2021

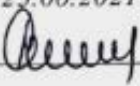
Рабочая программа дисциплины *Математические модели динамических систем* составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (уровень бакалавриата) от «10» января 2018г. №9.

Разработчик:
кафедра прикладной математики, Бейбалаев В.Д., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:
На заседании кафедры прикладной математики от 22 июня 2021 г.,
протокол № 10.

Зав. кафедрой  Кадиев Р.И.

На заседании Методической Совета факультета математики и
компьютерных наук от 23.06.2021 г., протокол № 6 .

Председатель  Бейбалаев В.Д.

Рабочая программа согласована с учебно-методическим управлением

«09» 07 2021 г. 

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Математические модели динамических систем входит в часть, формируемая участниками образовательных отношений образовательной программы *бакалавриата* по направлению подготовки 01.03.02 – Прикладная математика и информатика.

Дисциплина реализуется на факультете математики и компьютерных наук кафедрой прикладной математики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с исследованием математических моделей динамических систем и умением проводить расчетно-графических работ.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: универсальных- УК-1, общепрофессиональных – ОПК-1, профессиональных- ПК-1.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, лабораторные работы и самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольных и лабораторных работ и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 3 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен	
		из них						
	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
6	108	16	26				66	Экзамен
Итого:	108	16	26				66	

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения курса «Математические модели динамических систем» является формирование у студентов систематического представления о математическом моделировании как необходимом инструменте в современной науке и технике, а также обучение студентов оперированию основными математическими моделями динамических систем и использованию алгоритмов по основным темам дисциплины.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Математические модели динамических систем» входит в часть, формируемая участниками образовательных отношений образовательной программы *бакалавриата* по направлению подготовки 01.03.02 – Прикладная математика и информатика.

Курс «Математические модели динамических систем» вводится после изучения дисциплин алгебра, информатика, математический анализ, дифференциальные уравнения, так как для успешного усвоения этого курса студентам необходимы знания по указанным дисциплинам.

Изученные в курсе математические модели могут использовать при решении различных прикладных задач в естествознании.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.	Знает: структуру задач в области математики, теоретической механики и физики, а также базовые составляющие таких задач. Умеет: анализировать постановку данной математической задачи, необходимость и (или) достаточность информации для ее решения. Владеет: навыками сбора, отбора и обобщения научной информации в области математических дисциплин.	Контрольные работы, лабораторные работы, экзамен

	УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.	Знает: принципы математического моделирования разнородных явлений, систематизации научной информации в области математики и компьютерных наук. Умеет: системно подходить к решению задач на разнородные явления в области математики и компьютерных наук. Владет: навыками систематизации разнородных явлений путем математических интерпретаций и оценок.	
	УК-1.3. Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов	Знает: современные методы сбора и анализа научного материала с использованием информационных технологий; основные методы работы с ресурсами сети Интернет. Умеет: применять современные методы и средства автоматизированного анализа и систематизации научных данных; практически использовать научно образовательные ресурсы Интернет в научных исследованиях и в деятельности педагога. Владет: навыками использования информационных технологий в организации и проведении научного исследования; навыками	

		использования современных баз данных; навыками применения мультимедийных технологий обработки и представления информации; навыками автоматизации подготовки документов в различных текстовых и графических редакторах.	
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук. ОПК-1.2.	Знает: теоретические основы базовых математических дисциплин (математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей и математической статистики, теорией случайных процессов, численных методов), а также теоретической механики, физики. Умеет: решать задачи, связанные с исследованием различных методов, полученных в области математических и физических наук. Владеет: базовыми методами по исследованию математических и естественнонаучных задач. Знает: способы	Контрольные работы, лабораторные работы, экзамен

	Умеет использовать фундаментальные знания в профессиональной деятельности. ОПК-1.3. Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний, полученных в области математических и (или) естественных наук	использования знаний в различных областях математики при решении конкретных задач в области математики и естественных наук. Умеет: применять различные методы по исследованию математических и естественнонаучных задач. Владеет: навыками применения математических методов при решении конкретных задач в области математики и естественных наук. Знает: различные методы исследованию математических и естественнонаучных задач. Умеет: корректно выбрать методы решения конкретной задачи в области математики и естественных наук. Владеет: навыками выбора методов решения задач	
ПК-1 Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	ПК-1.1. Обладает умением сбора и обработки данных, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	Знает: основы теории вероятностей и математической статистики, численные методы; современные языки программирования и современные информационные технологии. Умеет: применять современные научные исследования для решения различных задач математических и естественных наук;	Контрольные работы, лабораторные работы, экзамен

		составлять программы на современных языках программирования. Владеет навыками программирования на современных языках и методами построения математических моделей.	
	ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научноисследовательской деятельности в математике и информатике.	Знает: методы построения математически модеелей; различные языки программирования. Умеет: решать задачи, связанные: с исследованием операций, численными методами; применять различные языки программирования в численном анализе. Владеет: методами построения математических моделей.	
	ПК-1.3. Имеет практический опыт использования методов современных научных исследований	Знает: методы исследования прикладных задач; современные информационные технологии. Умеет: применять методы исследования прикладных задач; современных информационных технологий. Владеет: навыками построения математических моделей для решения задач прикладного характера.	

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лаб. Раб.	Сам. раб	Подг. к экз.	Общ. тр		
Модуль 1. Линейные модели динамических систем				8		12	16		36		
1	Основные понятия динамических систем	3	1	2		2	4		8	Индивидуальный фронтальный опрос, лабораторная работа.	
2	Маятник.	3	2	2		4	4		10		
3	Маятник с затуханием.	3	3-4	2		4	4		10		---
4	Качественное исследование динамических систем	3	5-6	2		2	4		8	-----	
Модуль 2. Нелинейные модели динамических систем				8		14	14		36		
5	Модель Вольтерра	3	7-8	2		4	4		10	---	
6	Модели Дуффинга и Ван-Дер-Поля.	3	9-10	2		4	4		10		
7	Модели Лоренца и Ресслера.	3	11-12	2		4	4		10	---	

8	Распределенные системы. Брюсселятор.	3	13	2		2	2		6	Контрольная работа
18	Модуль 3 Подготовка к экзамену							36		Экзамен
Итого по 6 семестру:				16		26	30	36	108	
ИТОГО:				16		26	30	36	108	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1. Линейные модели динамических систем

Тема 1. Основные понятия динамических систем. Понятие математической модели. Понятие динамической системы. Особые точки. Типы особых точек. Фазовые траектории. Фазовая плоскость.

Тема 2. Маятник. Понятие маятника. Движение маятника вблизи положения устойчивого равновесия. Приведение уравнений к безразмерному виду. Движение маятника вблизи положения неустойчивого равновесия. Точное решение.

Тема 3. Маятник с затуханием. Уравнение маятника с затуханием. Особые точки. Фазовая плоскость.

Тема 4. Качественное исследование динамических систем. Автономные системы. Характеристическое уравнение. Исследование фазовых траекторий в зависимости от корней характеристического уравнения.

Модуль 2. Нелинейные модели динамических систем

Тема 1. Модель Вольтерра. Уравнение Мальтуса. Система уравнений Вольтерра. Модификации модели Вольтерра. Межвидовая конкуренция.

Тема 2. Модели Дуффинга и Ван-Дер-Поля. Система уравнений Дуффинга. Особые точки. Фазовая плоскость. Система уравнений Ван-Дер-Поля. Особые точки. Фазовая плоскость. Автоколебания. Предельные циклы.

Тема. 3. Модели Лоренца и Ресслера. Хаотическое поведение динамических систем. Система уравнений Лоренца. Особые точки. Фазовая плоскость. Странный аттрактор. Система уравнений Ресслера. Особые точки. Фазовая плоскость.

Тема 4. Распределенные системы. Брюсселятор. Распределенные системы. Брюсселятор. Особые точки. Фазовая плоскость. Самоорганизация, образование структур.

4.3.2. Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Модуль 1. Линейные модели динамических систем

Лабораторная работа 1. Исследование математической модели линейного гармонического осциллятора.

Лабораторная работа 2. Вынужденные колебания гармонического осциллятора.

Лабораторная работа 3. Качественное исследование динамической системы.

Модуль 2. Нелинейные модели динамических систем

Лабораторная работа 4. Исследование математической модели «Хищник-жертва».

Лабораторная работа 5. Исследование математических моделей Дуффинга и Ван-Дер-Поля.

Лабораторная работа 6. Исследование математических моделей Лоренца и Ресслера.

Лабораторная работа 7. Исследование математической модели «Брюсселятор»

5. Образовательные технологии

Лабораторные работы проводятся в компьютерных классах с использованием меловой доски и мультимедийного проектора. Для проведения лабораторных занятий необходима аудитория, оснащенная компьютерами, мультимедиа-проектором, экраном, доской, ноутбуком (с программным обеспечением для демонстрации слайд-презентаций).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Подготовка к отчетам по лабораторным занятиям.
3. Исследование динамических систем в пакетах прикладных программ.
4. Подготовка к коллоквиуму.
5. Подготовка к экзамену.

№	Виды самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечения
1	Изучение рекомендованной литературы	Устный опрос по разделам дисциплины	См. разделы 6.2, 7.2, 8, 9 данного документа
2	Подготовка к зачету	Устный опрос, либо компьютерное тестирование	См. разделы 6.2, 7.2, 8, 9 данного документа
3	Исследование динамических систем в пакетах прикладных программ	Проверка домашнего задания	См. разделы 6.2, 7.2, 8, 9 данного документа
4	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы	См. разделы 6.2, 7.2, 8, 9 данного документа
5	Подготовка к экзамену	Устный опрос, либо компьютерное тестирование	См. разделы 6.2, 7.2, 8, 9 данного документа

Текущий контроль: проверка отчетов по лабораторным работам, защита.

Текущий контроль: проверка рефератов, решения задач из предложенного преподавателем списка.

Промежуточная аттестация: контрольные работы, коллоквиум.

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на

протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу практических и лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня усвоения тем. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения заданий, как домашних, так и лабораторных.

Промежуточный контроль проводится в форме контрольной работы и коллоквиума, в которых содержатся практические задачи и теоретические вопросы.

Итоговый контроль проводится либо в виде устного экзамена (зачета), либо в форме тестирования.

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

6.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Вопросы для самостоятельного изучения по конкретным разделам (модулям) приведены в п. 7.2 настоящей Программы. Там же приведены темы рефератов и типовые контрольные работы по пакетам прикладных программ.

Задания для проверочной работы, самостоятельной работы, домашние задания содержатся в пособиях, указанных в списке учебной литературы.

Методические разработки для выполнения работ имеются на кафедре ПМ и выдаются студентам методистом кафедры. Учебная литература (учебники, учебные пособия) и информационные ресурсы приведены в п. 8 настоящей "Программы".

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛИНЕЙНОГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Научить студентов провести компьютерный анализ динамики линейного гармонического осциллятора методом фазовой плоскости.

ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ

- знать какие принципиальные предположения привели к тому, что модель описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучить теоретический материал согласно списку литературы.
2. Исследовать математическую модель согласно следующему плану:
3. 3.1. Исследовать математическую модель линейного гармонического осциллятора:
 - Задавая различные начальные условия, построить фазовый портрет линейного гармонического осциллятора;
 - исследовать, как изменение частоты влияет на динамику колебаний.
- 3.2. Исследовать математическую модель линейного гармонического осциллятора в случае затухающих колебаний. Построить фазовый портрет динамической системы.
- 3.3. **Дополнительное задание:** найти общий интеграл системы.
4. Ответить на вопросы для самоконтроля.
5. Оформить отчет лабораторной работы по результатам проведенных исследований.

ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Что описывает модель?
2. Какие предположения используются при построении модели?
3. Каков смысл переменных модели? Каков смысл параметров модели?
4. Каковы возможные направления модификации модели?
5. Перечислите достоинства и недостатки модели.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Научить студентов провести компьютерный анализ динамики линейного гармонического осциллятора методом фазовой плоскости в случае присутствия внешней силы (вынужденных колебаний).

ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ

- знать какие принципиальные предположения привели к тому, что модель описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

6. Изучить теоретический материал согласно списку литературы.
7. Исследовать математическую модель согласно следующему плану:
8. 3.1. Исследовать математическую модель линейного гармонического осциллятора в случае присутствия вынуждающей силы:
 - Задавая различные начальные условия, построить фазовый портрет линейного гармонического осциллятора в случае присутствия вынуждающей силы;
 - исследовать, как изменение частоты вынуждающей силы влияет на динамику колебаний.
- 3.3. **Дополнительное задание:** найти общий интеграл системы.
9. Ответить на вопросы для самоконтроля.
10. Оформить отчет лабораторной работы по результатам проведенных исследований.

ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Что описывает модель?
2. Какие предположения используются при построении модели?
3. Каков смысл переменных модели? Каков смысл параметров модели?
4. Каковы возможные направления модификации модели?
5. Перечислите достоинства и недостатки модели.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ХИЩНИК-ЖЕРТВА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Научить студентов провести компьютерный анализ динамики двух взаимодействующих популяций на примере модели Вальтерры и Лотки «Хищник–жертва».

ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ

- знать какие принципиальные предположения привели к тому, что модель описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучить теоретический материал согласно списку литературы.
2. Исследовать математическую модель согласно следующему плану:
3. 3.1. Исследовать классическую модель Вольтерры–Лотки задавая различные начальные условия, построить фазовый портрет и зависимости размера популяций от времени;
- 3.2. Исследовать, как изменение параметров модели влияет на динамику роста популяций.
- 3.3. Исследовать модифицированную модель Вольтерры–Лотки при различных значениях параметров: задавая различные начальные условия, построить фазовый портрет и графики зависимостей размера популяций от времени.
4. **Дополнительное задание:** найти общий интеграл системы.
5. Ответить на вопросы для самоконтроля.
6. Оформить отчет лабораторной работы по результатам проведенных исследований.

ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Что описывает модель?
2. Какие предположения используются при построении модели?
3. Каков смысл переменных модели? Каков смысл параметров модели?
4. Каковы возможные направления модификации модели?
5. Перечислите достоинства и недостатки модели.
6. Как будет меняться динамика популяций жертв (в классической и модифицированной моделях), в случае, когда все хищники исчезнут?
7. Как будет меняться динамика популяций хищников (в классической и модифицированной моделях) в случае, когда все жертвы исчезнут?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДУФФИНГА И ВАН-ДЕР-ПОЛЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Научить студентов провести компьютерный анализ динамики моделей Дуффинга и Ван-Дер-Поля методом фазовой плоскости.

ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ

- знать какие принципиальные предположения привели к тому, что модель описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

11. Изучить теоретический материал согласно списку литературы.

12. Исследовать математическую модель согласно следующему плану:

13.3.1. Исследовать математические модели Дуффинга и Ван-Дер-Поля:

- Задавая различные начальные условия, построить фазовый портрет динамической системы Лоренца;
- исследовать, как изменение параметров системы влияет на динамику колебаний системы.

3.2. Исследовать математическую модель Ван-Дер-Поля, в случае, когда в системе возникают предельный цикл. Построить фазовый портрет динамической системы.

14. Ответить на вопросы для самоконтроля.

15. Оформить отчет лабораторной работы по результатам проведенных исследований.

ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Что описывает модель?
2. Какие предположения используются при построении модели?
3. Каков смысл переменных модели? Каков смысл параметров модели?
4. Каковы возможные направления модификации модели?
5. При каких значениях параметров в системе возникают хаотические колебания?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛОРЕНЦА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Научить студентов провести компьютерный анализ динамики модели Лоренца методом фазовой плоскости.

ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ

- знать какие принципиальные предположения привели к тому, что модель описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

16. Изучить теоретический материал согласно списку литературы.

17. Исследовать математическую модель согласно следующему плану:

18.3.1. Исследовать математическую модель Лоренца:

- Задавая различные начальные условия, построить фазовый портрет динамической системы Лоренца;
- исследовать, как изменение параметров системы влияет на динамику колебаний системы.

3.2. Исследовать математическую модель Лоренца, в случае, когда в системе возникают хаотические колебания. Построить фазовый портрет динамической системы.

19. Ответить на вопросы для самоконтроля.

20. Оформить отчет лабораторной работы по результатам проведенных исследований.

ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

6. Что описывает модель?

7. Какие предположения используются при построении модели?

8. Каков смысл переменных модели? Каков смысл параметров модели?

9. Каковы возможные направления модификации модели?

10. При каких значениях параметров в системе возникают хаотические колебания?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ТРИМОЛЕКУЛЯРНАЯ МОДЕЛЬ («брюсселятор»): ТОЧЕЧНАЯ И РАСПРЕДЕЛЕННАЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Научить студентов исследовать автоколебательную систему химических реакций на примере тримолекулярной модели «Брюсселятор» (точечной и распределенной).

ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ

- знать какие принципиальные предположения привели к тому, что модель описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучить теоретический материал согласно списку литературы.
2. Исследовать точечную модель при различных соотношениях между параметрами распределения. Построить фазовый портрет и графики зависимости концентраций веществ от времени для двух случаев.
 - автоколебания;
 - затухающие колебания.
3. Исследовать распределенную модель при различных соотношениях между параметрами. Построить графики зависимости концентрации веществ от координаты для 2–3 моментов времени и соответствующий им вид реактора для случаев, когда в системе образуются и не образуются структуры.
4. Ответить на вопросы для самоконтроля.
5. Оформить отчет лабораторной работы по результатам проведенных исследований.

ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Что описывает модель?
2. Какие предположения используются при построении модели?
3. Каков смысл переменных модели? Каков смысл параметров модели?
4. Каковы возможные направления модификации модели?
5. Перечислите достоинства и недостатки модели.
6. Что описывают точечная и распределенная модели?
7. При выполнении какого условия в точечной модели особая точка меняет свой тип, то есть происходит топологическое изменение в фазовой плоскости (неустойчивый фокус – неустойчивый узел и устойчивый фокус- устойчивый узел)?
8. При выполнении каких условий в распределенной системе возможны процессы самоорганизации?

Ориентировочный перечень вопросов к экзамену по всему курсу *Общие вопросы.*

1. Понятие математической модели. Основные типы математических моделей.
2. Этапы построения математической модели.
3. Понятие динамической системы.
4. Особые точки. Типы особых точек.
5. Фазовые траектории. Фазовая плоскость.
6. Понятие маятника. Движение маятника вблизи положения устойчивого равновесия.
7. Приведение уравнений маятника к безразмерному виду.

8. Движение маятника вблизи положения неустойчивого равновесия. Точное решение.
9. Уравнение маятника с затуханием. Особые точки. Фазовая плоскость.
10. Автономные системы. Характеристическое уравнение.
11. Исследование фазовых траекторий в зависимости от корней характеристического уравнения.
12. Уравнение Мальтуса.
13. Система уравнений Вольтерра.
14. Модификации модели Вольтерра. Межвидовая конкуренция.
15. Система уравнений Дуффинга. Особые точки. Фазовая плоскость.
16. Система уравнений Ван-Дер-Поля. Особые точки. Фазовая плоскость.
17. Автоколебания. Предельные циклы.
18. Хаотическое поведение динамических систем.
19. Система уравнений Лоренца. Особые точки. Фазовая плоскость. Странный аттрактор.
20. Система уравнений Ресслера. Особые точки. Фазовая плоскость.
21. Распределенные системы. Брюсселятор. Особые точки. Фазовая плоскость.
22. Самоорганизация в динамических системах, образование структур.

Темы для самостоятельных работ.

1. Возмущение дифференциальных уравнений.

2. Моделирование динамических систем в среде MathCAD.

- Компьютерное моделирование физических процессов;
- Компьютерное моделирование химических и биологических процессов.

3. Методы построения инвариантных многообразий и гомоклинических точек.

- Инвариантные многообразия.
- Построение локальных инвариантных многообразий.
- Построение глобальных инвариантных многообразий.

Темы для рефератов.

1. Первый алгоритм построения глобальных инвариантных многообразий.

2. Второй алгоритм построения инвариантных многообразий гиперболической точки.

3. Численное моделирование поведения траекторий отображения Икеда.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Дисциплина «Математические модели динамических систем» содержит внутри 2 модуля.. Эти модули имеют определенную логическую завершенность по отношению к установленным целям и результатам обучения. При изучении этих модулей должны развиваться компетенции УК-1, ОПК-1 и ПК-1 применительно к математическим моделям динамических систем.

При изучении дисциплины рекомендуется рейтинговая технология обучения, которая позволяет реализовать комплексную систему оценивания учебных достижений студентов. Текущие оценки усредняются на протяжении семестра при изучении модулей. Комплексность означает учет всех форм учебной и творческой работы студента в течение семестра.

Рейтинг направлен на повышение ритмичности и эффективности самостоятельной работы студентов. Он основывается на широком использовании тестов и заинтересованности каждого студента в получении более высокой оценки знаний по дисциплине.

Принципы рейтинга: непрерывный контроль (в идеале на каждом из аудиторных занятий) и получение более высокой оценки за работу, выполненную в срок. При проведении практических занятий необходимо предусматривать широкое использование активных и интерактивных форм (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр).

Рейтинг включает в себя два вида контроля: текущий, промежуточный и итоговый по дисциплине.

Текущий контроль (ТК) - основная часть рейтинговой системы, основанная на беглом опросе раз в неделю или в две недели. Формы: тестовые оценки в ходе практических занятий, оценки за выполнение индивидуальных заданий и лабораторных работ. Важнейшей формой ТК, позволяющей опросить всех студентов на одном занятии являются короткие тесты из 2-3 тестовых заданий.

Основная цель ТК: своевременная оценка успеваемости студентов, побуждающая их работать равномерно, исключая малые загрузки или перегрузки в течение семестра.

Лекционные занятия желательно проводить в режиме презентаций с демонстрацией применения основных методов анализа и синтеза. Это существенно улучшает динамику лекций.

Целесообразно обеспечивать студентов на 1-2 лекции вперед раздаточным материалом в электронном виде (сложные схемы, графики, аналитические исследования и опорный конспект). Основное время лекции лучше тратить на

подробные аналитические комментарии и особенности применения рассматриваемого материала в профессиональной деятельности студента.

Лабораторный практикум проводится фронтальным методом в классах, оборудованных компьютерами.

Промежуточный контроль (ПК) - это проверка знаний студентов по разделу программы. Формы: контрольная работа из 3-5 заданий.

Цель ПК: побудить студентов отчитаться за усвоение раздела дисциплины накопительным образом, т.е. сначала за первый, затем за второй модуль.

Итоговый контроль по дисциплине (ИКД) - это проверка уровня учебных достижений студентов по всей дисциплине за семестр. Формы контроля: экзамен в 6 семестре. Цель итогового контроля: проверка базовых знаний по дисциплине, полученных при изучении всех модулей семестра.

Распределение объемов различного вида контролей можно проиллюстрировать следующими цифрами на примере семестра: текущий контроль – 15 условных баллов; промежуточный контроль - 35 условных баллов; итоговый контроль - 50 условных баллов. Вся дисциплина оценивается в 100 условных баллов, если вся дисциплина оценивается цифрой, отличной от 100 баллов, то под условным баллом следует понимать процент от максимального числа баллов.

При этом действует следующая система перевода рейтинговых (условных) баллов в обычную шкалу оценок: “Отлично” (5) - 86–100 условных баллов; “Хорошо” (4) - 66–85 условных баллов; “Удовлетворительно” (3) - 51–65 условных баллов; “Неудовлетворительно” (2) - < 51 условных баллов.

Приведенные цифры говорят о том, что на любой стадии обучение студента можно считать удовлетворительным, если он набирает не менее 51 условных баллов. Так, например, набрав в ходе ТК и ПК 51 баллов, студент гарантирует себе оценку “удовлетворительно”.

Примеры оценочных средств (тестовых заданий) для текущего промежуточного и выходного контроля успеваемости по дисциплине:

Первый уровень сложности тестовых заданий (ТЗ) соответствует удовлетворительному владению предметом. Он представляет минимум базовых знаний, необходимых для дальнейшего обучения в университете и включает в себя знания - копии ключевых понятий и формул. Проверке этого уровня посвящены простейшие тестовые задания с нормой трудности в 1 балл.

Второй уровень ТЗ соответствует хорошим знаниям и предполагает глубокое понимание понятий и формул, умения их преобразовывать и интерпретировать.

Проверке второго уровня посвящены тестовые задания повышенной трудности, с нормой трудности в 2 балла.

Третий уровень ТЗ соответствует отличным знаниям и предполагает навыки по использованию ключевых понятий и формул в стандартных, а иногда и в не стандартных ситуациях. Проверке третьего уровня посвящены наиболее трудные задания, с нормой трудности в 3 балла.

Задания каждого уровня снабжены соответствующими обозначениями. Это позволяет адаптивно строить усвоение программы дисциплины, когда каждый студент по мере усвоения курса на более низком уровне будет пробовать себя на более высоком уровне.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Зайцев А.А. Лекции по теории динамических систем : учебное пособие / Зайцев А.А.. — Калининград : Калининградский государственный университет, 2004. — 106 с. — ISBN 5-88874-444-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/23850.html> (дата обращения: 28.12.2021).
2. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Е.. Теория колебаний. - М.: Наука, 1981.- 568с.
3. Андронов Ф.А., Леонтович Е.А., Гордон И.И., и др. Качественная теория динамических систем.- М.: Наука, 1966.- 428с.
4. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний.- М.: Наука, 1974.- 245с.

б) дополнительная литература:

1. Пуанкаре А. О кривых определенных дифференциальными уравнениями.- М.: Наука, 1947.- 127с.
2. Баутин Н.Н., Леонтович Е.А. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. М., Наука, 1990.
3. Картвелишвили В.М., Мазуров М.Е., Петров Л.Ф. Прикладные
4. системно-динамические модели. Теория и практика. М., изд-во РЭУ
5. им. Плеханова, 2018.
6. Ампилова Н.Б. Численное исследование поведения инвариантных кривых в окрестности неподвижных точек отображения Гардини. Нелинейные динамические системы. вып.1. сб. статей под редакцией Г.А. Леонова, С.-Петербург, изд. СПб университета, 1997, стр.5-13.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Образовательный математический сайт
(<http://www.exponenta.ru/soft/mathcad/mathcad.asp>);
2. Программное обеспечение MathCAD, Math lab
(<http://subscribe.ru/catalog/comp.soft.winsoft.science>);
3. Программное обеспечение PTC Mathcad 15 F000 Russian + Самоучитель
(<http://ewgk.com/soft/41668-ptc-mathcad-15-f000-russian-samouchitel.html>);
- 4) Программное обеспечение MATLAB R2011b
(<http://www.softforfree.com/programs/matlab-26810.html>)

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Для успешного освоения курса студентам рекомендуется проводить самостоятельный разбор материалов лабораторных занятий в течении семестра. В случае затруднений в понимании и освоении каких-либо тем решать дополнительные задания из учебных пособий, рекомендуемых к данному курсу.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Для успешного освоения дисциплины, обучающийся использует следующие программные средства: пакеты для решения задач математического программирования: MathCAD и Mat LAB.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и групповых и индивидуальных консультаций. Кабинет для текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Все лекционные аудитории укомплектованы мультимедийными и техническими средствами обучения. В каждой аудитории 35 рабочих мест. Лабораторные занятия проводятся по подгруппам в компьютерных классах. Компьютерные классы оснащены необходимым числом компьютеров и мультимедийным оборудованием. На компьютерах установлено необходимое программное обеспечение.

Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека) и

электронная информационно-образовательная среда обеспечивает одновременный доступ обучающихся, включая удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.