



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.01.ДВ.02.02 МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ
С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль): Моделирование и цифровизация социально-экономических систем

Квалификация (степень): бакалавр

Форма обучения: очная

Институт: математики, естествознания и техники

Кафедра: математического моделирования, компьютерных технологий и информационной безопасности

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	4		
Семестр	7		

Лекции	12		
Лабораторные занятия	24		
Практические (семинарские) занятия	12		
в т. ч. практическая подготовка			
Форма(ы) промежуточной аттестации	Зачет		
Контроль			
Иные формы работы			
Самостоятельная работа	24		

Всего часов: 72

Трудоемкость: __ 2 __ зачетных единиц.

Разработчик(и) рабочей программы:

кандидат физико-математических наук, доцент

Е.В. Игони́на

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель изучения дисциплины: являются углубление и закрепление знаний студентов о системном подходе в разработке моделей сложных систем с учетом соблюдения условий устойчивости на основе применения современных программных средств.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных понятий и методов математического моделирования, особенностей моделирования неустойчивых систем (объектов, процессов);
- знакомство с классическими и современными методами исследования устойчивости сложных систем;
- формирование умения применять современные программные средства для моделирования сложных систем и исследования их устойчивости.

Место дисциплины в структуре ОПОП: реализуется в рамках вариативной части (части, формируемой участниками образовательных отношений) блока Б1. Дисциплины (модули).

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПКС-1	Знать: <ul style="list-style-type: none">- методы и приемы формализации задач, языки формализации функциональных спецификаций;- принципы построения и виды архитектуры программного обеспечения;- типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения.	Знает: <ul style="list-style-type: none">– способы разработки математических и компьютерных моделей с использованием функциональных возможностей программных средств Maxima и Scilab;– типовые решения и библиотеки программных модулей (в частности: Maxima и Scilab).
	Уметь: <ul style="list-style-type: none">- вырабатывать варианты реализации программного обеспечения;- применять методы и технологии проектирования программного обеспечения, программных интерфейсов, структур и баз данных.	Умеет: <ul style="list-style-type: none">– осуществлять выбор программного обеспечения для исследования моделей систем;– применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, программных интерфейсов для исследования систем.
	Владеть: <ul style="list-style-type: none">- действиями по разработке и согласованию технических спецификаций на программные	Владеет: <ul style="list-style-type: none">- функциональными возможностями программных средств Maxima и Scilab необходимых для моделирования и исследе-

	компоненты; – действиями по согласованию требований к программному обеспечению с заинтересованными сторонами, распределению заданий между программистами в соответствии с техническими спецификациями, осуществлению контроля выполнения заданий, формированию отчетности в соответствии с установленными регламентами.	дования устойчивости систем.
--	--	------------------------------

II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Очная форма обучения

№	Наименование разделов и тем	Всего часов	Ауд. Занятия			Сам. Раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
Раздел 1. Основные аспекты моделирования. Математическое моделирование.		24	4	8	4	8
1	Тема 1. Исторический обзор развития моделирования. Основные понятия моделирования. Роль моделирования в науке и технике. Компьютерное моделирование. Общая схема построения модели. Адекватность моделей. Классификация моделей.	3	1			2
2	Тема 2. Математическое моделирование и этапы построения математических моделей. Примеры построения математических моделей. Построение безразмерных обобщенных моделей. Методы исследования моделей, численное моделирование. Компьютерный вычислительный эксперимент. Практическое использование построенной модели и анализ результатов моделирования.	11	2	4	2	3
	Тема 3. Системный подход в моделировании. Моделирование сложных систем. Модели регрессионного анализа. Моделирование стохастических систем. Моделирование систем автоматического регулирования и управления. Развитие теории автоматического управления. Основные понятия теории автоматического управления. Математическое моделирование систем управления. Временные и частотные характеристики типовых звеньев. Преобразование Лапласа и передаточная функция.	11	2	4	2	3
Раздел 2. Основные вопросы теории устойчивости систем		24	4	8	4	8
3	Тема 4. Понятие устойчивости, асимптотическая устойчивость. Устойчивость решений дифференциальных уравнений. Виды устойчивости.	3	1			2

4	Тема 5. Методы Ляпунова в теории устойчивости движения: первый метод Ляпунова, второй метод Ляпунова. Устойчивость систем автоматического управления. Специальные вопросы теории устойчивости.	11	2	4	2	3
	Тема 6. Метод фазовой плоскости. Фазовые портреты линейных систем. Особенности фазовых портретов нелинейных систем. Методы построения фазовых портретов нелинейных систем	11	2	4	2	3
Раздел 3. Применение программных средств для разработки, анализа и верификации моделей		24	4	8	4	8
	Тема 7. Основы работы в системе компьютерной математики Maxima. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Нахождение решений дифференциальных уравнений в системе Maxima	12	2	4	2	4
5	Тема 8. Основные конструкции языка. Арифметические выражения в Scilab. Форматный вывод в командное окно. Работа с числовыми массивами в Scilab. Построение и оформление графиков функций. Условные операторы и оператор цикла с условием. Циклы с параметром и обработка массивов. Примеры исследования динамических систем в условиях неопределенности. Система визуального моделирования XCOS Scilab. Тулбокс SYSTEMS AND CONTROL.	12	2	4	2	4
<i>Форма отчетности: Зачет</i>						
<i>Итого за семестр</i>		72	12	24	12	24
в т.ч. практическая подготовка						
ИТОГО:		72	12	24	12	24

Очно-заочная форма обучения не реализуется

Заочная форма обучения не реализуется

III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Текущая аттестация проводится в форме контрольной работы, теста, реферата, творческого задания, кейса и др.

Типовой вариант контрольной работы

Упражнение 1. Для заданной системы определите тип и характер устойчивости положения равновесия. Постройте фазовые портреты в Maxima.

$$\begin{cases} \dot{x}_t = x + 3y \\ \dot{y}_t = -6x - 5y \end{cases}$$

Упражнение 2. При каких значениях параметра $a \in \mathbb{R}$ приведенная система имеет положение равновесия и оно является седлом? узлом? фокусом? Какой при этом система имеет фазовый портрет?

$$\begin{cases} \dot{x}_t = 2ax + y \\ \dot{y}_t = ay - 2ax \end{cases}$$

Упражнение 3. Постройте фазовые портреты для неоднородной системы:

$$\begin{cases} \dot{x}_t = 3x - 3 \\ \dot{y}_t = 2x + y - 1 \end{cases}$$

Примерная тематика рефератов

1. Использование пакета прикладных программ Scilab для исследования моделей динамических систем.
2. Исследование устойчивости систем с помощью вычислительных пакетов.
3. Виды устойчивости систем и методы исследования.
4. Поиск устойчивого решения ОДУ с помощью пакета Maxima.
5. Метод построения фазовой плоскости.
6. Моделирование систем автоматического регулирования и управления.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме зачета с использованием следующих оценочных материалов:

Вопросы к зачету (7 семестр, очная форма обучения)

1. Исторический обзор развития моделирования. Основные понятия моделирования. Роль моделирования в науке и технике.
2. Компьютерное моделирование. Общая схема построения модели.
3. Адекватность моделей. Классификация моделей.
4. Математическое моделирование и этапы построения математических моделей. Примеры построения математических моделей.
5. Построение безразмерных обобщенных моделей. Методы исследования моделей, численное моделирование.
6. Компьютерный вычислительный эксперимент. Практическое использование построенной модели и анализ результатов моделирования.
7. Системный подход в моделировании. Моделирование сложных систем.
8. Модели регрессионного анализа.
9. Моделирование стохастических систем.
10. Моделирование систем автоматического регулирования и управления.
11. Основные понятия теории автоматического управления.
12. Математическое моделирование систем управления.
13. Понятие устойчивости, асимптотическая устойчивость. Устойчивость решений дифференциальных уравнений. Виды устойчивости.
14. Методы Ляпунова в теории устойчивости движения: первый метод Ляпунова, второй метод Ляпунова. Устойчивость систем автоматического управления. Специальные вопросы теории устойчивости.
15. Метод фазовой плоскости. Фазовые портреты линейных систем. Особенности фазовых портретов нелинейных систем.
16. Функции и команды системы Maxima.
17. Управление процессом вычислений в Maxima.
18. Простейшие преобразования выражений.

19. Решение алгебраических уравнений и их систем.
20. Графические возможности.
21. Численные методы решения дифференциальных уравнений .
22. Общие сведения о дифференциальных уравнениях.
23. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка.
24. Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты 4 порядка точности.
25. Решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений методом конечных разностей
26. Нахождение решений дифференциальных уравнений в системе Maxima.
27. Встроенные функции для нахождения решений дифференциальных уравнений в системе Maxima
28. Решение дифференциальных уравнений и их систем в символьном виде.
29. Построение траекторий и поля направлений дифференциальных уравнений в системе Maxima
30. Реализация численных методов решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений в системе Maxima
31. Реализация метод Эйлера в системе Maxima
32. Реализация метода Рунге-Кутты в системе Maxima.
33. Основные конструкции языка и арифметические выражения в Scilab.
34. Форматный вывод в командное окно. Работа с числовыми массивами в Scilab.
35. Построение и оформление графиков функций.
36. Условные операторы и оператор цикла с условием. Циклы с параметром и обработка массивов.
37. Примеры исследования динамических систем в условиях неопределенности. Система визуального моделирования XCOS Scilab. Тулбокс SYSTEMS AND CONTROL.

Вопросы к экзамену (7 семестр, очная форма обучения)

1. Математическое моделирование.
2. Этапы построения математических моделей.
3. Реализация математических моделей в виде компьютерных программ.
4. Практическое использование построенной модели и анализ результатов моделирования.
5. Первый метод Ляпунова.
6. Второй (прямой) метод Ляпунова.
7. Классификация математических моделей в зависимости от сложности объекта моделирования.
8. Классификация математических моделей в зависимости от оператора модели.
9. Классификация математических моделей в зависимости от параметров модели.

10. Классификация математических моделей в зависимости от целей моделирования.
11. Классификация в зависимости от методов реализации.
12. Основные понятия теории устойчивости.
13. Теоремы об устойчивости систем линейных дифференциальных уравнений
14. Некоторые критерии устойчивости.
15. Устойчивость решений нелинейных дифференциальных уравнений.
16. Устойчивость систем автоматического управления.
17. Абсолютная устойчивость.
18. Стабилизация управляемых движений.
19. Устойчивость и оптимальность процессов управления.
20. Синтез стабилизирующих адаптивных управлений.
21. Устойчивость движения механических систем.
22. Устойчивость систем с распределенными параметрами.
23. Основы работы в пакете прикладных программ Scilab.
24. Арифметические вычисления. Построение графиков.
25. Решение дифференциальных уравнений в Maxima.
26. Численные методы решения дифференциальных уравнений.
27. Нахождение решений дифференциальных уравнений в системе Maxima.
28. Построение траекторий и поля направлений дифференциальных уравнений в системе Maxima.
29. Основы работы в системе компьютерной математики Maxima.
30. Примеры исследования динамических систем в условиях неопределенности.
31. Система визуального моделирования XCOS Scilab.

IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Основная литература

1. Лисяк, Н. К. Моделирование систем : учебное пособие : [16+] / Н. К. Лисяк, В. В. Лисяк. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2017. – Часть 1. – 107 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499733> (дата обращения: 24.08.2021). – Библиогр.: с. 101-102. – ISBN 978-5-9275-2504-1. – Текст : электронный.
2. Шабаршина, И. С. Основы компьютерной математики: задачи системного анализа и управления : учебное пособие : [16+] / И. С. Шабаршина, Е. В. Корохова, В. В. Корохов. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2018. – 76 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577786> (дата обращения: 24.08.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3118-9. – Текст : электронный.

4.2. Дополнительная литература

1. Губина, Т. Н. Решение дифференциальных уравнений в системе компьютерной математики Mathima : учебное пособие / Т. Н. Губина, Е. В. Андропова ; Федеральное агентство по образованию, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Центр свободного программного обеспечения. – Елец : Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2009. – 99 с. – Режим доступа: _____ по _____ подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=272098> (дата обращения: 24.08.2021). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.
2. Игонина Е.В. Программные средства математического моделирования. Учебное пособие. - Елец – 2019. http://www.elsu.ru/uploads/files/2020-10/1603134806_uchebnoe-posobie-igonina-2019.pdf
3. Масина О.Н., Дружинина О.В., Рапопорт Л.Б. Элементы теории устойчивости математических моделей управляемых систем. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2019. – 143 с http://www.elsu.ru/uploads/files/2020-04/1586241874_maket_masina_druzhinina_rapoport.pdf

V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	http://edu.ru/	Российское образование: Федеральный портал. Включает ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений; государственные образовательные стандарты; нормативные документы; каталог экскурсий и обучающих программ.	Свободный доступ
2.	http://citforum.ru/database/osbd/contents.shtml	Информационно-аналитические материалы	Свободный доступ

VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1.	http://www.biblioclub.ru	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограничен-
----	---	--	---

			ный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	www.garant.ru	Информационно-правовой портал	Свободный доступ
3.	www.elibrary.ru	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ
4.	www.consultant.ru	Российская компьютерная справочно-правовая система	Свободный доступ

VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice;
- Maxima - свободная система компьютерной алгебры,
- Scilab - свободная компьютерная математическая система.

VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия, групповые и индивидуальные консультации, текущая и промежуточная аттестации проводятся в специализированных компьютерных классах. Перечень основного оборудования: автоматизированные рабочие места с компьютерами, программное обеспечение общего и профессионального назначения.

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.