

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Таныгин Максим Олегович

Должность: и.о. декана факультета фундаментальной и прикладной информатики

Дата подписания: 06.09.2024 14:35:26

Уникальный программный ключ:

65ab2aa0d384efe8480e6a4c688edd0c475e411a

Аннотация к рабочей программе

дисциплины «Нелинейные модели в задачах цифровой экономики»

1. Цель преподавания дисциплины

Формирование у студентов базовых знаний математического моделирования нелинейных систем со сложной динамикой, развитие практических навыков составления математических моделей в приложениях цифровой экономики, овладение методами решения практических задач с использованием современных технологий и средств математического моделирования.

2. Задачи изучения дисциплины

Получение базовых знаний математическому моделированию нелинейных систем; изучение численных методов реализации математических моделей, методов современной теории устойчивости и бифуркаций нелинейных систем в приложениях экономики; получение навыков математического моделирования использованием современных технологий и программных средств математического моделирования.

3. Индикаторы компетенций, формируемые в результате освоения дисциплины:

ПК-2.1 Анализирует описание экономических процессов и явлений

ПК-2.2 Строит стандартные теоретические и эконометрические модели на основе описания экономических процессов и явлений

ПК-2.3 Адаптирует модели к конкретным задачам экономики

4. Разделы дисциплины

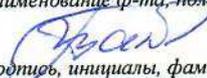
1. Основные понятия математического моделирования.
2. Нелинейные математические модели: динамическая система как основная математическая модель естествознания.
3. Введение в нелинейную динамику.
4. Математическое моделирование нелинейных явлений в экономике.

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета-
фундаментальной и прикладной
информатики

(наименование ф-та, полностью)

 М.О. Таныгин
(подпись, инициалы, фамилия)

« 31 » 08 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Нелинейные модели в задачах цифровой экономики

(наименование дисциплины)

ОПОП ВО 09.03.01 Информатика и вычислительная техника,

шифр и наименование направления подготовки

направленность (профиль) «Интеллектуальные системы в цифровой экономике»

наименование направленности (профиля)

форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Курск – 2021

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника на основании учебного плана ОПОП ВО 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль) «Интеллектуальные системы в цифровой экономике», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9, «25» июня 2021 г.).

Рабочая программа дисциплины обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе для обучения студентов по ОПОП 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль) «Интеллектуальные системы в цифровой экономике» на заседании кафедры вычислительной техники «31» августа 2021 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой ВТ _____ И.Е. Чернецкая

Разработчик программы,
д.т.н., профессор _____ Ж.Т. Жусубалиев

/ Директор научной библиотеки _____ В.Г. Макаровская

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль) «Интеллектуальные системы в цифровой экономике», одобренного Ученым советом университета протокол № 9 «25» 06 20 21 г. на заседании кафедры вычислительной техники «01» 07 20 23 г., протокол № 13.

Зав. кафедрой _____ И.Е. Чернецкая

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль) «Интеллектуальные системы в цифровой экономике», одобренного Ученым советом университета протокол № 7 «28» 02 20 22 г. на заседании кафедры вычислительной техники «30» 08 20 24 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой _____ И.Е. Чернецкая

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль) «Интеллектуальные системы в цифровой экономике», одобренного Ученым советом университета протокол № « » _____ 20 г. на заседании кафедры вычислительной техники « » _____ 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой _____ И.Е. Чернецкая

1.1 Цель и задачи дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

1.1 Цель дисциплины

Формирование у студентов базовых знаний математического моделирования нелинейных систем со сложной динамикой, развитие практических навыков составления математических моделей в приложениях цифровой экономики, овладение методами решения практических задач с использованием современных технологий и средств математического моделирования.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Получение базовых знаний по математическому моделированию нелинейных систем; изучение численных методов реализации математических моделей, методов современной теории устойчивости и бифуркаций нелинейных систем в приложениях экономики; получение навыков математического моделирования использованием современных технологий и программных средств математического моделирования.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 1.3 – Результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
код компетенции	наименование компетенции		
ПК-2	Способен разрабатывать экономические модели	ПК-2.1 Анализирует описание экономических процессов и явлений	Знать: постановку задачи математического моделирования; этапы построения и реализации математических моделей; основные численные методы реализации непрерывных и дискретных математических моделей; методы современной теории устойчивости и бифуркаций нелинейных систем; Уметь: получать модели нелинейных систем по заданной схеме замещения; разрабатывать численные алгоритмы математического моделирования непрерывных и дискретных моделей; разрабатывать численные алгоритмы поиска

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
			инвариантных множеств и анализа их устойчивости; разрабатывать численные алгоритмы анализа бифуркаций в приложениях экономики Владеть: методикой формирования моделей типовых в приложениях экономики; основными численными методами математического моделирования нелинейных систем; основными методами современной теории устойчивости и бифуркаций нелинейных систем.
		ПК-2.2 Строит стандартные теоретические и эконометрические модели на основе описания экономических процессов и явлений	Знать: Этапы построения и реализации математических моделей; основные численные методы реализации непрерывных и дискретных математических моделей. Уметь: Обосновывать выбор схемы замещения и математической модели объектов исследования или явлений. Владеть: Навыками проведения вычислительного эксперимента для получения содержательной информации об объекте в целях решения прикладных задач экономики.
		ПК-2.3. Адаптирует модели к конкретным задачам экономики	Знать: типовые модели, применяемые в задачах экономики, современные информационные системы и технологии и пакеты прикладных программ математического моделирования нелинейных систем и бифуркационного анализа. Уметь: Обосновывать выбор математических моделей, современных информационных

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
			систем и пакетов прикладных программ математического моделирования для решения прикладных задач экономики. Владеть: Навыками выполнения математического моделирования нелинейных систем для решения прикладных задач экономики.

2 Указание места дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Нелинейные модели в задачах цифровой экономики» входит в часть, формируемая участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы – программы бакалавриата (специалитета, магистратуры) 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, направленность (профиль, специализация) «Интеллектуальные системы в цифровой экономике». Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

3 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетных единиц (з.е.) 144 часов

Таблица 3 – Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	65,15
Лекции	32
лабораторные занятия	32
практические занятия	0
Экзамен	1,15
Зачет	не предусмотрено
курсовой работа (проект)	не предусмотрено
расчетно-графическая (контрольная) работа	не предусмотрено
Аудиторная работа (всего):	64
в том числе:	
Лекции	32
лабораторные занятия	32
практические занятия	0

Самостоятельная работа обучающихся (всего)	51,85
Контроль/экс (подготовка к экзамену)	27

4 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

4.1 Содержание дисциплины

Таблица 4.1.1 – Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

	Раздел (тема) дисциплины	Содержание
1	2	3
1	Основные понятия математического моделирования.	Этапы математического моделирования и содержание его этапов. Содержание этапа формирования и реализации математической модели. Математические модели в физике, технике, экономике и применение цифровых технологий.
2	Нелинейные математические модели: динамическая система как основная математическая модель естествознания.	Динамические системы. Динамические модели с непрерывным временем: автономные и неавтономные динамические системы. Дискретные нелинейные модели: отображения Пуанкаре.
3	Введение в нелинейную динамику.	Динамические модели с непрерывным временем. Состояния равновесия и периодические решения (движения) нелинейных уравнений. Устойчивость и бифуркации в автономных и неавтономных системах с непрерывным временем. Устойчивость и бифуркации неподвижных точек и периодических движений в дискретных системах.
4	Математическое моделирование нелинейных явлений в экономике.	Нелинейные функции Калдора для инвестиций и сбережений. Модели экономического роста и бизнес циклов. Нелинейная динамика экономических циклов. Перемежаемость в экономических циклах, вызванная кризисом хаотических аттракторов. Глобальные бифуркации, мультистабильность, кризисы хаотических аттракторов в моделях экономики.

Таблица 4.1.2 – Содержание дисциплины и ее методическое обеспечение

№ п/п	Раздел, темы дисциплины	Виды деятельности			Учебно-методические материалы	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)	Компетенции
		лек. час.	№ лаб.	№ пр.			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Основные понятия математического моделирования.	4	1	0	У-1, 2,3 МУ 1, 5	С(2)	ПК-2.2
2	Нелинейная динамическая система как основная математическая модель естествознания.	8	1	0	У-1, 2, 3 МУ 1-5	С(4), ЗЛ (4)	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
3	Введение в нелинейную динамику.	8	2,3	0	У-1,2	С(14),ЗЛ(14)	ПК-2.1

					МУ 1-5		ПК-2.2 ПК-2.3
4	Математическое моделирование нелинейных явлений в экономике.	12	4	0	У-1,2 МУ 1-5	С(18),ЗЛ(18)	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3

С – собеседование, ЗЛ – защита лабораторных работ

4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

№	Наименование лабораторной работы	Объем, час.
1	2	3
1	Устойчивость инвариантных множеств дискретных моделей.	2
2	Бифуркации в одномерных отображениях.	10
3	Локальные бифуркации в двумерных отображениях.	10
4	Математическое моделирование нелинейных импульсных систем методом точечных отображений Пуанкаре.	10
Итого		32

4.3 Самостоятельная работа студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час.
1	2	3	4
1	Основные понятия математического моделирования.	4 неделя	4
2	Нелинейная динамическая система как основная математическая модель естествознания.	8 неделя	15
3	Введение в нелинейную динамику.	12 неделя	15
4	Математическое моделирование нелинейных явлений в экономике.	18	17,85
Итого:			51,85

5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

библиотекой университета:

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;

- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

кафедрой:

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.
- путем разработки:
 - методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;
 - заданий для самостоятельной работы;
 - вопросов к зачету;
 - методических указаний к выполнению лабораторных и практических работ.

типографией университета:

- помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;
- удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

6 Образовательные технологии. Технологии использования воспитательного потенциала дисциплины

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования общепрофессиональных компетенций обучающихся.

Таблица 6.1 – Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении аудиторных занятий

№ п/п	Наименование раздела (лекции, практического или лабораторного занятия)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Объем, час.
1	2	3	4
1	Лекция, раздел: Математическое моделирование нелинейных явлений в экономике.	Интерактивные лекции по теме с использованием мультимедийной системы	2
2	Лабораторное занятие «Бифуркации в одномерных отображениях »	Разбор конкретных ситуаций: постановка задачи моделирования, выбор модели и разработка алгоритма решения задачи.	4
Итого:		В часах	6

Содержание дисциплины обладает значительным воспитательным потенциалом, поскольку в нем аккумулирован современный социокультурный и научный опыт человечества. Реализация воспитательного потенциала дисциплины осуществляется в рамках единого образовательного и воспитательного процесса и способствует непрерывному развитию личности каждого обучающегося. Дисциплина вносит значимый вклад в формирование общей и профессиональной культуры обучающихся. Содержание дисциплины способствует духовно-нравственному, профессионально-трудовому, культурно-творческому воспитанию обучающихся.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины подразумевает:

- целенаправленный отбор преподавателем и включение в лекционный материал, материал для практических и (или) лабораторных занятий содержания, демонстрирующего обучающимся образцы настоящего научного подвижничества создателей и представителей данной отрасли науки (производства, экономики, культуры), высокого профессионализма ученых (представителей производства,

деятелей культуры), их ответственности за результаты и последствия деятельности для природы, человека и общества; примеры подлинной нравственности людей, причастных к развитию науки, культуры, творческого мышления;

– применение технологий, форм и методов преподавания дисциплины, имеющих высокий воспитательный эффект за счет создания условий для взаимодействия обучающихся с преподавателем, другими обучающимися (командная работа, проектное обучение, деловые игры, разбор конкретных ситуаций, решение кейсов, мастер-классы, круглые столы, диспуты и др.);

– личный пример преподавателя, демонстрацию им в образовательной деятельности и общении с обучающимися за рамками образовательного процесса высокой общей и профессиональной культуры.

7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Таблица 7.1 – Этапы формирования компетенций

Код и наименование компетенции	Этапы* формирования компетенций и дисциплины (модули) и практики, при изучении/ прохождении которых формируется данная компетенция		
	начальный	основной	завершающий
1	2	3	4
ПК-2 Способен разрабатывать экономические модели	Математическая экономика, Исследование операций в экономике Эконометрия	Организация и методология научных исследований, Методы оптимизации Нелинейные модели в задачах цифровой экономики Теория систем и системный анализ	Производственная преддипломная практика, Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Таблица 7.2 – Показатели и критерии оценивания компетенций, шкала оценивания

Код Компетенции	Показатели оценивания компетенций	Критерии и шкала оценивания компетенции		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
ПК-2 основной	<p>1. Доля освоенных обучающимся знаний, умений, навыков от общего объема ЗУН, установленных в п.1.3 РПД</p> <p>2. Качество освоенных обучающимся знаний, умений, навыков</p> <p>3. Умение применять знания, умения, навыки в типовых и нестандартных ситуациях</p>	<p>Знать: постановку задачи математического моделирования; этапы построения и реализации математических моделей; основные численные методы реализации непрерывных и дискретных математических моделей; современные программные средства, пакеты прикладных программ для математического моделирования нелинейных систем.</p> <p>Уметь: разрабатывать численные алгоритмы математического моделирования непрерывных и дискретных моделей; разрабатывать численные алгоритмы анализа бифуркаций в инженерных приложениях; выполнять математическое моделирование дискретных динамических систем в приложениях экономики, а также интерпретировать результаты; применять программные средства, пакеты прикладных программ для математического моделирования.</p> <p>Владеть: понятийно-терминологическим аппаратом математического моделирования;</p>	<p>Знать: постановку задачи математического моделирования; этапы построения и реализации математических моделей; основные численные методы реализации непрерывных и дискретных математических моделей; методы современной теории устойчивости и бифуркаций нелинейных систем; методы моделирования нелинейных явлений; современные программные средства, пакеты прикладных программ для математического моделирования нелинейных систем.</p> <p>Уметь: получать модели нелинейных систем по заданной схеме замещения; разрабатывать численные алгоритмы математического моделирования непрерывных и дискретных моделей; разрабатывать численные алгоритмы анализа бифуркаций в инженерных приложениях; выполнять математическое моделирование нелинейных явлений и бифуркационный анализ дискретных динамических систем в приложениях экономики, а также интерпретировать результаты; применять программные</p>	<p>Знать: этапы построения и реализации математических моделей; основные численные методы реализации непрерывных и дискретных математических моделей; методы современной теории устойчивости и бифуркаций нелинейных систем; методы моделирования нелинейных явлений; численные методы моделирования и бифуркационного анализа кусочно-гладких математических моделей; современные программные средства, пакеты прикладных программ для математического моделирования нелинейных систем.</p> <p>Уметь: получать модели нелинейных систем по заданной схеме замещения; разрабатывать численные алгоритмы математического моделирования непрерывных и дискретных моделей; разрабатывать численные алгоритмы поиска инвариантных множеств и анализа их устойчивости; разрабатывать численные алгоритмы анализа бифуркаций в приложениях экономики; выполнять математическое моделирование нелинейных явлений и</p>

		<p>основными численными методами математического моделирования нелинейных систем;</p> <p>навыками решения типовых задач на ЭВМ; современными информационными технологиями и программными средствами моделирования нелинейных систем.</p>	<p>средства, пакеты прикладных программ для математического моделирования.</p> <p>.Владеть: понятийно-терминологическим аппаратом математического моделирования;</p> <p>основными численными методами математического моделирования нелинейных систем;</p> <p>основными методами современной теории устойчивости и бифуркаций нелинейных систем; навыками решения типовых задач на ЭВМ; современными информационными технологиями и программными средствами моделирования нелинейных систем.</p>	<p>бифуркационный анализ дискретных динамических систем в конкретных приложениях, а также интерпретировать результаты; применять программные средства, пакеты прикладных программ для математического моделирования.</p> <p>.Владеть: понятийно-терминологическим аппаратом математического моделирования; методикой формирования моделей типовых в инженерных приложениях; основными численными методами математического моделирования нелинейных систем;</p> <p>основными методами современной теории устойчивости и бифуркаций нелинейных систем;</p> <p>навыками решения типовых задач на ЭВМ;</p> <p>современными информационными технологиями и программными средствами моделирования нелинейных систем.</p>
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

Таблица 7.3 – Паспорт комплекта оценочных средств для текущего контроля

№	Раздел (тема) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Технология формирования	Оценочные средства		Описание шкал оценивания
				наименование	№№ заданий	
1	2	3	4	5	6	7
1	Основные понятия	ПК-2.3, ПК-2.2,	Лекция, СРС	С (вопросы	110	Согласно табл.7.2.

	математического моделирования.	ПК-2.1		для устного опроса)		
2	Нелинейная динамическая система как основная математическая модель естествознания.	ПК-2.3, ПК-2.2, ПК-2.1	Лекция, СРС, лабораторные занятия	С (вопросы для устного опроса)	1-10	Согласно табл.7.2.
3	Введение в нелинейную динамику.	ПК-2.3, ПК-2.2, ПК-2.1	Лекция, СРС, лабораторные занятия	С (вопросы для устного опроса).	1-11	Согласно табл.7.2.
4	Математическое моделирование нелинейной динамики в задачах экономики.	ПК-2.3, ПК-2.2, ПК-2.1	Лекция, СРС, лабораторные занятия	С (вопросы для устного опроса)	1-10	Согласно табл.7.2.

Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

1. Примеры вопросов устного опроса по теме «Основные понятия математического моделирования и применение цифровых технологий».

(а) *Этапы математического моделирование и их содержание.*

(б) *По заданной схеме замещения объекта построить математическую модель в форме динамической системы с непрерывным временем.*

2. Примеры вопросов устного опроса по теме «Нелинейная динамическая система как основная математическая модель естествознания».

(а) *Что такое «потенциальная» функция? Для автономной динамической системы, заданной уравнением $\dot{x} = x^2$ найдите потенциальную функцию. Покажите, что особые точки этого уравнения отвечают точкам локального экстремума потенциальной функции.*

(б) *Дана неавтономная динамическая система вида*

$$\dot{x} = f(t, x), \quad f(t+1) = f(t, x).$$

Пусть $\varphi(t, t_0, x_0)$ – решение этого уравнения, проходящее через x_0 в момент времени t_0 .

Покажите, что

$$\varphi(t+1, t_0+1, x_0) = \varphi(t, t_0, x_0)$$

и

$$\varphi(t+1, t_0, x_0) = \varphi(t, t_0, \varphi(t_0+1, t_0, x_0)).$$

3. Примеры вопросов устного опроса по теме «Введение в нелинейную динамику».

(а) Рассмотрите разностное уравнение (итерируемое отображение)

$$x_{k+1} = x_k - \frac{1}{4}(x_k^2 - 2).$$

Определите начальное значение x_0 , при котором орбита (1) сходится $\sqrt{2}$

Сравните время сходимости такого метода расчета $\sqrt{2}$ с временем сходимости широко известного алгоритма вычисления $\sqrt{2}$ методом Ньютона.

(б) *Определите значение параметра λ , при котором отображение $x_{k+1} = \lambda(x_k - x_k^2)$ претерпевает бифуркацию удвоения периода.*

4. Примеры вопросов устного опроса по теме «Математическое моделирование нелинейной динамики в задачах экономики».

(а) *Получите дискретную модель Солоу с уровнями неэффективности.*

(б) *Критерии линейной устойчивости периодических орбит двумерных отображений.*

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости представлены в УММ по дисциплине.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в виде бланкового тестирования.

Для тестирования используются контрольно-измерительные материалы (КИМ) – вопросы и задания в тестовой форме, составляющие банк тестовых заданий (БТЗ) по дисциплине, утвержденный в установленном в университете порядке.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины, указанные в разделе 4 настоящей программы. Все темы дисциплины отражены в КИМ в равных долях (%). БТЗ включает в себя не менее 100 заданий и постоянно пополняется. БТЗ хранится на бумажном носителе в составе УММ и электронном виде в ЭИОС университета.

Для проверки знаний используются вопросы и задания в различных формах:

- закрытой (с выбором одного или нескольких правильных ответов),
- открытой (необходимо вписать правильный ответ),
- на установление правильной последовательности,
- на установление соответствия.

Умения, навыки (или опыт деятельности) и компетенции проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач и различного вида конструкторов.

Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант КИМ включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат КИМ позволяет объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

Примеры типовых заданий для проведения промежуточной аттестации обучающихся:

Задание в закрытой форме: Нарисуйте фазовый портрет на окружности и определите устойчивость состояний равновесия автономного дифференциального уравнения $\dot{x} = 2 \sin x$.

Задание в открытой форме: Для неавтономного дифференциального уравнения с периодическим внешним воздействием $\dot{x} = \sin(2\pi x) + a \sin(2\pi t)$ найдите эквивалентную систему автономных уравнений на торе.

$$(1) \dot{\theta} = 1, \quad \dot{x} = \sin(2\pi x) + a \sin(2\pi \theta)$$

$$(2) \dot{\theta} = 1, \quad \dot{x} = \sin(2\pi \theta) + a \sin(2\pi x)$$

$$(3) \dot{\theta} = x, \quad \dot{x} = \sin(2\pi \theta) + a \sin(2\pi x)$$

Задание на установление правильной последовательности:

Исследование устойчивости состояния равновесия автономного уравнения проводится в следующей последовательности:

(а) Редукция уравнения к локальной форме. Поиск состояний равновесия. Линеаризация уравнения. Анализ расположения собственных значений матрицы Якоби, вычисленной в особой точке, относительно мнимой оси комплексной плоскости.

(б) Редукция уравнения к локальной форме. Линеаризация уравнения. Анализ расположения собственных значений матрицы Якоби, вычисленной в особой точке, относительно мнимой оси комплексной плоскости. Поиск состояний равновесия.

(в) Редукция уравнения к локальной форме. Поиск состояний равновесия.. Анализ расположения собственных значений матрицы Якоби, вычисленной в особой точке, относительно мнимой оси комплексной плоскости. Линеаризация уравнения

Задание на установление соответствия: Отображение

$$x_{k+1} = (1 + \lambda)x + x_k^2 \text{ при } \lambda = 0 \text{ претерпевает}$$

- (а) касательную бифуркацию;
- (б) бифуркацию удвоения периода;
- (в) транскритическую бифуркацию.

Компетентностно-ориентированная задача: Постройте треугольной устойчивости неподвижной точки двумерного отображения $x_{k+1} = 1 + \lambda x_k^2 - y_k$
 $y_{k+1} = bx$.

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся представлены в УММ по дисциплине.

7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций:

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций, регулируются следующими нормативными актами университета:

- Положение П02.016-2018 «О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ»;

- методические указания, используемые в образовательном процессе, указанные в списке литературы.

Для текущего контроля по дисциплине в рамках действующей в университете балльно-рейтинговой системы применяется следующий порядок начисления баллов.

Таблица 7.4 – Порядок начисления баллов в рамках БРС

Форма контроля	Минимальный балл		Максимальный балл	
	балл	примечание	балл	примечание
1	2	3	4	5
Лабораторное занятие. Устойчивость инвариантных множеств дискретных моделей.	3	Выполнил, но «не защитил»	6	Выполнил и «защитил»
Лабораторное занятие. Бифуркации в одномерных отображениях.	3	Выполнил, но «не защитил»	6	Выполнил и «защитил»
Лабораторное занятие. Локальные бифуркации в двумерных отображениях.	3	Выполнил, но «не защитил»	6	Выполнил и «защитил»
Лабораторное занятие. Математическое моделирование нелинейных импульсных систем методом точечных отображений Пуанкаре.	3	Выполнил, но «не защитил»	6	Выполнил и «защитил»
СРС	12		24	
Итого	24		48	
Посещаемость	0		16	
Экзамен	0		36	
Итого	24		100	

Для промежуточной аттестации обучающихся, проводимой в виде тестирования, используется следующая методика оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности. В каждом варианте КИМ –16 заданий (15 вопросов и одна задача).

Каждый верный ответ оценивается следующим образом:

- задание в закрытой форме –2 балла,
- задание в открытой форме – 2 балла,
- задание на установление правильной последовательности – 2 балла,
- задание на установление соответствия – 2 балла,
- решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.

Максимальное количество баллов за тестирование –36 баллов.

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

8.1. Основная учебная литература

1. Жусубалиев, Ж. Т. Бифуркации в широтно-импульсных системах автоматического управления [Текст] : учебное пособие / Ж. Т. Жусубалиев, В. С., Титов, О. О. Яночкина ; Курский государственный технический университет. - 2-е изд., перераб. и доп. - Курск : КурскГТУ, 2009. - 124 с.

2. Моделирование экономических процессов [Электронный ресурс] : учебник / под ред.: М. В. Грачева, Ю. Н. Черемных, Е. А. Туманова. - Москва :

Юнити-Дана, 2015. - 544 с. – Режим доступа:
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=119452>

3. Власов, М. П. Моделирование экономических систем и процессов [Текст] : учебное пособие / М. П. Власов, П. Д. Шимко. - М. : Инфра-М, 2013. - 336 с.

8.2. Дополнительная учебная литература

1. Душин, С. Е. Моделирование систем управления [Текст] : учебное пособие / С. Е. Душин, А. В. Красов, Н. Н. Кузьмин ; под ред. С. Е. Душина. - Москва : Студент, 2012. - 348 с.

2. Киреев В. И. Численные методы в примерах и задачах [Текст] : учебное пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - Изд. 4-е, испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 448 с.

4. Волков, Е. А. Численные методы [Текст] : учебное пособие / Е. А. Волков. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2007. - 256 с.

8.3 Перечень методических указаний

1. Устойчивость инвариантных множеств дискретных моделей : методические указания для студентов направлений подготовки 09.03.01 и 09.04.01 / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост. Ж. Т. Жусубалиев. - Электрон.текстовые дан. (2531 КБ). - Курск : ЮЗГУ, 2021. - 12 с. : ил. - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный.

2. Бифуркации в одномерных отображениях : методические указания для студентов направлений подготовки 09.03.01 и 09.04.01 / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост. Ж. Т. Жусубалиев. - Электрон.текстовые дан. (3837 КБ). - Курск : ЮЗГУ, 2021. - 18 с. : ил. - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный.

3. Локальные бифуркации в двумерных отображениях : методические указания для студентов направлений подготовки 09.03.01 и 09.04.01 / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост. Ж. Т. Жусубалиев. - Электрон.текстовые дан. (1425 КБ). - Курск : ЮЗГУ, 2021. - 15 с. : ил. - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный.

4. Математическое моделирование нелинейных импульсных систем методом точечных отображений Пуанкаре : методические указания для студентов направлений подготовки 09.03.01 и 09.04.01 / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост. Ж. Т. Жусубалиев. - Электрон.текстовые дан. (911 КБ). - Курск : ЮЗГУ, 2021. - 23 с. : ил. - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный.

5. Моделирование : методические указания к выполнению самостоятельных работ по дисциплине «Моделирование» для студентов направления подготовки 09.03.01 / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост. Ж. Т. Жусубалиев. - Электрон.текстовые дан.

(280 КБ). - Курск : ЮЗГУ, 2021. - 10 с. - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный.

8.4 Другие учебно-методические материалы

1. Жусубалиев, Ж. Т. Хаотическая динамика импульсных систем [Текст] : учебное пособие / Ж. Т. Жусубалиев, В.Г. Рубанов, В. С. Титов, О. О. Яночкина. – Курск, Белгород: Изд.-во БГТУ, 2018. - 143 с.

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

1. <http://www.biblioclub.ru> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
2. <http://www.bibliocomplectator.ru/available> – Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks.
3. <http://www.prlib.ru>) – Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина.
4. <http://нэб.рф/> – Национальная Электронная Библиотека (НЭБ).
5. <http://www.iop.org/> – журналы издательства Института Физики (IOP Institute of Physics).
7. <http://ieeexplore.ieee.org/> – IEEE Xplore Digital Library – доступ к сайтам журналов и к аннотациям статей в журналах издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) <http://www.ieee.org/>.
8. <http://www.elsevier.com/journals> – сайты журналов издательства Elsevier (доступ только к аннотациям статей и к статьям открытого доступа).
9. <http://www.rusicon.ru/> – Российский архив по системам и управлению (РУСИСОН).
10. <http://www.lib.swsu.ru> – Электронная библиотека ЮЗГУ.
11. <http://window.edu.ru/library> - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и лабораторные занятия. Студент не имеет права пропускать занятия без уважительных причин.

На лекциях кроме теоретического материала разбираются примеры решения задач. Каждая тема завершается контрольной работой и выдачей заданий для самостоятельной работы, а также вопросов для самопроверки.

На лекциях студент должен конспектировать материал. Перед лекционными занятиями следует повторить материал предыдущей лекции. Он поможет в усвоении нового материала, позволит быть готовыми к экспресс-опросу на лекции. Систематическое повторение отнимает незначительное время и в дальнейшем сэкономит его в процессе подготовки к занятиям.

Изучение разделов лекционного курса завершают лабораторные занятия, решение задач на ЭВМ с использованием современных пакетов прикладных программ и языков программирования.

На лабораторных занятиях студенты изучают методы решения экстремальных задач, алгоритмы их численной реализации, условия их применения и получают навыки решения типовых оптимизационных задач.

Важное место в образовательном процессе занимает самостоятельная работа студентов. Она необходима как для подготовки к лабораторным занятиям, так и контрольным работам. Кроме того, самостоятельная работа способствует более углубленному изучению учебного материала.

Качество работы студентов оценивается по результатам решения тестовых задач на лабораторных занятиях, защиты отчетов и выполнения контрольных работ. Для успешной сдачи экзамена необходимо иметь конспект лекций. Подготовка по учебным пособиям, где материал дан в значительно большем объеме потребует у студента значительных временных затрат, которых в экзаменационную сессию всегда не хватает. Перед экзаменом полезно проработать тестовые задачи.

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

В электронном виде хранится учебно-методический комплекс, выполненный в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования. Операционная система Windows 7 (<https://www.microsoft.com>), Lazarus (<http://www.lazarus.freepascal.org/>), MikTeX (<https://miktex.org/>).

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

Для осуществления практической подготовки обучающихся при реализации дисциплины используются оборудование и технические средства обучения кафедры вычислительной техники.

1. Аудитория а. 300:

Столы, парты, скамейки для обучающихся, стол, стул для преподавателя. Мультимедиа центр: Ноутбук ASUS X50VL PMD – T2330/14"/1024 Mb/160 Gb/ сумка Проектор in Focus IN24+ (39945,45). Стойка для интерактивной доски Hitachi. Интерактивная доска Hitachi EX-82: StazBourd с аксессуарами.

2. Аудитория а 303: Маркерная доска, столы, стулья, парты для обучающихся, стол, стул для преподавателя. ПЭВМ INTEL i3-7100/H110M-R C/SI White Box LGA1151.mATX/8Gb/1TB/DVDRW/LCD 21.5"/k+m/ – 10 шт.

3. Аудитория а 301: Столы, стулья для обучающихся, стол, кресло для

преподавателя.

Многопроцессорный вычислительный комплекс: 10 шт. Процессор, монитор, жесткий диск, клавиатура, мышь, опер. память, корпус, матер. плата.

13 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочесть задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

14 Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу дисциплины

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц	Дата	Основание для изменения и подпись лица, проводившего изменения
	измененных	замененных	аннулированных	новых			