

**Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)**

**Филиал «Протвино»
Кафедра «Информационные технологии»**

**УТВЕРЖДАЮ
Директор**

_____/Евсиков А.А./
подпись *Фамилия И.О.*

«30» июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Компьютерные технологии анализа динамических систем

наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки (специальность)

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

код и наименование направления подготовки (специальности)

Уровень высшего образования

бакалавриат

бакалавриат, магистратура, специалитет

Направленность (профиль) программы (специализация)

«Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем»

Форма обучения

заочная

очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2023

Автор программы:

Гусев В.В., доцент, к.ф.-м.н., доцент, кафедра «Информационные технологии»

(подпись)

Программа составлена в соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом высшего образования и учебным планом по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Программа рассмотрена на заседании кафедры «Информационные технологии»

Протокол заседания № 11 от « 20 » июня 2023 г.

Заведующий кафедрой _____ / Нурматова Е.В./
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Рецензент: к.ф.-м.н., старший научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ
/В.Н. Ларин/

Оглавление

1 Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП	4
3 Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)	5
4 Объем дисциплины (модуля)	66
5 Содержание дисциплины (модуля)	77
6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)	98
7 Фонды оценочных средств по дисциплине (модулю)	99
8 Ресурсное обеспечение	100
Приложение	13

1 Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Дисциплина «Компьютерные технологии анализа динамических систем» имеет целью сформировать у обучающихся общепрофессиональные компетенции в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 09.03.01 Информатика и вычислительная техника:

УК-1 «Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач»;

УК-2 «Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений»;

Задачи дисциплины

Курс «Компьютерные технологии анализа динамических систем» предназначен для приобретения студентами: понимания места и роли моделирования при анализе и синтезе сложных динамических систем; умения применять современные технологии планирования и проведения компьютерного моделирования; знаний анализа и интерпретации результатов моделирования, проверки адекватности модели исследуемой системе.

Задачи дисциплины

После изучения дисциплины студенты должны знать:

- цели и методологию моделирования;
- основные классы существующих динамических моделей;
- методы формализации динамических систем и способы их реализации с помощью современных компьютерных технологий;
- навыки исследования и анализа динамических систем;

методы обработки данных компьютерных экспериментов. Объектами профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля) являются:

- Математическое и программное обеспечение ЭВМ, разработка которых требует применения методов системного анализа, управления, моделирования, для качественного проектирования, конструирования и эксплуатации.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Компьютерные технологии анализа динамических систем» относится к блоку дисциплин Б1.В.08 части образовательной программы, формируемая участниками образовательных отношений.

Дисциплина преподаётся в 6 семестре, на 3 курсе.

Приступая к изучению дисциплины «Компьютерные технологии анализа динамических систем», студент имеет знания и навыки по дисциплинам:

- Математический анализ и линейная алгебра
- Современные компьютерные технологии в науке

3 Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Формируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и формулировка)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) ¹
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие	1. Использует средства математического анализа сложных динамических систем 2. Умеет выделять основные факторы влияния на поведение динамических систем 3. Обоснованно выбирает вычислительные методы реализации математического моделирования динамических систем
	УК-1.2. Определяет и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи	
	УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов	
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними	1. Умеет обосновать выбор математических методов моделирования динамических систем с учётом их динамического поведения 2. Обоснованно выбирает программные средства имитации конкретных динамических систем 3. Обоснованно выбирает вычислительные методы реализации математического моделирования динамических систем 4. Способен проводить анализ устойчивости динамических систем..
	УК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта	
	УК-2.3. Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм	
	УК-2.4. Выполняет задачи в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости корректирует способы решения задач	
	УК-2.5. Представляет результаты проекта, предлагает возможности их использования и/или совершенствования	

¹Могут формулироваться в категориях «знать», «уметь», «владеть» или «иметь навыки».

Результат обучения сформулирован с учетом профессиональных стандартов 06.003 «Архитектор программного обеспечения»

4 Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 академических часов.

8 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем, в том числе:

- 4 часов – лекционные занятия;
- 4 часов – практические занятия.

91 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

9 часов отводится на промежуточный контроль (экзамен).

5 Содержание дисциплины (модуля)
заочная форма обучения

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (академ. часы)	в том числе:				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)				Самостоятельная работа обучающегося
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Всего	
4 семестр /4курс (указать нужное)						
Раздел 1 Основные понятия теории моделирования сложных систем. Языки и инструментальные средства моделирования. Моделирование динамических систем. Вычислительные методы решения задачи Коши.	4	2	2		4	45
Раздел 2 Примеры динамических системю Моделирование распределённых систем Обработка результатов вычислительных экспериментов	4	2	2		4	46
Промежуточный контроль (экзамен)	9					
Итого за семестр / курс	108	4	4			91

<i>№ раздела</i>	<i>Наименование раздела</i>	<i>Содержание тем</i>
1	Основные понятия теории моделирования сложных систем. Языки и инструментальные средства моделирования. Моделирование динамических систем. Вычислительные методы решения задачи Коши.	Классификация видов моделирования систем. Проблема качества моделирования. Адекватность модели изучаемой системе. Причины и устранение неадекватности модели изучаемой системе. Особенности компьютерного моделирования. Требования пользователя к модели. Основные этапы моделирования систем. Построение концептуальных моделей систем и их формализация. Алгоритмизация моделей систем и их машинная реализация. Обзор языков и программных средств моделирования. Среда моделирования SciLab. Понятие о динамической системе и её модели. Параметры состояния системы, начальные условия, закон функционирования. Точки равновесия, фазовое пространство, фазовая траектория, фазовый портрет системы. Устойчивость и неустойчивость точек равновесия. Точки равновесия в автономных динамических системах двух переменных. Аналитическое исследование и компьютерное моделирование поведения систем. Понятие о преобразовании Лапласа. Функциональное описание системы. Передаточная функция. Методы вычисления передаточной функции. Постановка задачи. Методы Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Пошаговый контроль точности.
2	Примеры динамических систем. Моделирование распределённых систем. Обработка результатов вычислительных экспериментов	Модели динамических систем: Колебательные системы, механические, электрические, химические системы. Биологические системы: модель Мальтуса динамики численности народонаселения земного шара; модель Ферхюльста численности однородной популяции; модель Вальтера-Лотки. Классификация задач математической физики. Начальные и граничные условия. Вычислительные методы исследования распределённых систем: метод Галёркина, метод конечных элементов; метод конечных разностей. Планирование вычислительных экспериментов. Методы теории планирования экспериментов. Факторные пространства. Оценка влияния и взаимосвязи факторов. Виды факторного анализа экспериментов. Обработка результатов вычислительных экспериментов. Метод наименьших квадратов. Регрессионный анализ результатов моделирования. Проверка адекватности модели. Корреляционный анализ результатов моделирования.

6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

Для обеспечения реализации программы дисциплины (модуля) разработаны:

- методические материалы к практическим (семинарским) занятиям;
- методические материалы по организации самостоятельной работы обучающихся;
- методические материалы по организации изучения дисциплины (модуля) с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;
- методические рекомендации для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по освоению программы дисциплины (модуля);
- методическое обеспечение инновационных форм учебных занятий и проч.

Методические материалы по дисциплине (модулю) и образовательной программе в целом представлены на официальном сайте образовательной организации (раздел «Сведения об образовательной организации» – Образование – Образовательные программы).

7 Фонды оценочных средств по дисциплине (модулю)

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы по дисциплине (модулю) разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения (знания, умения, навыки) и сформированные (формируемые) компетенции.

Эти фонды включают теоретические вопросы, типовые практические задания, контрольные работы, домашние работы, тесты и иные оценочные материалы, используемые при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются оценочными материалами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

8 Ресурсное обеспечение

Перечень литературы

Основная учебная литература

1. Чикуров, Н.Г. Моделирование систем и процессов : Учебное пособие / Н. Г. Чикуров. - М. : РИОР: ИНФРА-М, 2015. - 398с. : ил. - ISBN 978-5-16-006482-6.
Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов : учебное пособие / Н. Г. Чикуров. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2022. — 398 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01167-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1225064> (дата обращения: 09.04.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Компьютерное моделирование : учебник / В.М. Градов, Г.В. Овечкин, П.В. Овечкин, И.В. Рудаков. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2023. — 264 с. - ISBN 978-5-906818-79-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896364> (дата обращения: 17.04.2023). – Режим доступа: по подписке.
3. Поршнев С. Вычислительная математика. Курс лекций. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 320 с.: ил.
4. Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: Учеб. пособие. - 2-е изд., исправ. - М.: Едиторал, УРСС, 2003. - 144

Дополнительная учебная литература

1. Коробова, Л. А. Теория динамических систем (теория и практика) : учебное пособие / Л. А. Коробова, Ю. А. Сафонова ; науч. ред. Л. А. Коробова ; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. – 100 с. : граф., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482071> (дата обращения: 09.04.2023). – Библиогр.: с. 91. – ISBN 978-5-00032-290-1. – Текст : электронный.
2. Осипов, В. В. Моделирование динамических процессов методом точечных представлений : монография / В. В. Осипов. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 304 с. - ISBN 978-5-7638-2538-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/441549> (дата обращения: 09.04.2023). – Режим доступа: по подписке.
3. Северцев, Н. А. Динамические системы: безопасность и отказоустойчивость : учебное пособие для вузов / Н. А. Северцев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05711-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515633> (дата обращения: 17.04.2023).

• Периодические издания

1. Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика: научный журнал / Учредитель: Московский государственный университет – М.: Издательство Московского университета – Журнал основан в 1977 году. – Полные электронные версии статей журнала доступны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8373>
2. Дискретный анализ и исследование операций: научный журнал / Учредители Сибирское отделение РАН, Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН., гл. ред. В.Л. Береснев. - Журнал основан в 1994 году Полные электронные версии статей журнала доступны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34840618>
3. Программные продукты и системы / учредители: МНИИПУ (г.Москва), гл.редакция международного журнала «Проблемы теории и практики управления» (г. Москва), ЗАО НИИ «Центрпрограммсистем» (г. Тверь); гл. ред. С.В. Емельянов. – Тверь.: НИИ «Центрпрограммсистем». Журнал основан в 1995 году. Полные электронные версии статей журнала доступны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9834>; Сайт журнала www.swsys.ru

4. Информационные технологии и вычислительные системы / Учредитель Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" РАН"; гл. ред. С.В. Емельянов, - М.: Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" РАН". Год основания 1995 г. Полные электронные версии статей журнала доступны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=42666898>

• **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Электронно-библиотечные системы и базы данных

1. ЭБС «Znaniium.com»: <http://znaniium.com/>
2. ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Юрайт»: <https://urait.ru/>
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru/>
5. Научная электронная библиотека (РУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ): <http://нэб.пф/>
7. Базы данных российских журналов компании «EastView»: <https://dlib.eastview.com/>

Научные поисковые системы

1. Math-Net.Ru - современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности поиска информации о математической жизни в России — <http://www.mathnet.ru/>
2. Google Scholar - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций <https://scholar.google.ru/>
3. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
4. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

1. Открытое образование <https://openedu.ru/>
2. Образовательный математический сайт EXPonenta.ru <http://exponenta.ru/default.asp>
3. Математический сайт Math.ru <http://math.ru/lib/>
4. Сайт РАН Институт Вычислительной математики. <http://www.inm.ras.ru/>
5. Проект Инициативного Народного Фронта Образования - ИНФО-проект. Школа программирования CodingCraft: <http://codingcraft.ru/>.
6. Портал Life-prog: <http://life-prog.ru/>.
7. OpenNet: www.opennet.ru.
8. Алгоритмы, методы, программы: algolist.manual.ru.

Необходимое материально-техническое обеспечение

Проведение практических занятий по дисциплине предполагает использование специализированных аудиторий, оснащенных персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть и имеющих доступ к ресурсам глобальной сети Интернет.

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определенном порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Компьютерный класс (15 ПК): оборудование в собственности.

Программное обеспечение:

- Scilab (.свободная лицензия, код доступа не требуется)
- LibreOffice (свободная лицензия, код доступа не требуется)

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использовать специализированное программное и материально-техническое обеспечение:

- обучающиеся с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости могут использовать адаптивные технические средства: специально оборудованные джойстики, увеличенные выносные кнопки, клавиатуры с большими клавишами.
- обучающиеся с ограничениями по зрению могут прослушать доступный аудиоматериал или прочесть тексты, увеличив шрифт на экране монитора компьютера. Рекомендуется использовать экранную лупу и другие визуальные вспомогательные средства, чтобы изменить шрифт текста, межстрочный интервал, синхронизацию с речью и т.д., программы экранного доступа (скринридеры для прочтения текстовой информации через синтезированную речь) и/или включить функцию «экранного диктора» на персональном компьютере с операционной системой Windows 7, 8, 10.
- обучающиеся с ограничениями по слуху могут воспользоваться компьютерной аудиогарнитурой при прослушивании необходимой информации и портативной индукционной системой серии «ИСТОК».

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами (образовательная программа, учебные пособия и др.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Приложение к рабочей программе дисциплины

Фонды оценочных средств

В результате освоения программы магистратуры по направлению подготовки 27.04.03 «Системный анализ и управление» с учетом направленности магистерской программы – «Информационные технологии в физических установках» выпускник должен обладать следующими компетенциями:

Профессиональные компетенции:

УК-1 «Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач»;

УК-2 «Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений»;

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

УК-1 «Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач»

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ШКАЛА оценивания				
	1	2	3	4	5
УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие	Отсутствие знаний	Не знает или слабо знает, как анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие. Допускает множественные грубые ошибки	Удовлетворительно знает, как анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Хорошо знает, как анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание, как анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие. Не допускает ошибок.
УК-1.2. Определяет и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи	Отсутствие знаний	Не знает или слабо знает, как определять и ранжировать информацию, требуемую для решения поставленной задачи. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует удовлетворительный уровень знаний, как определять и ранжировать информацию, требуемую для решения поставленной задачи. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует хороший уровень знаний, как определять и ранжировать информацию, требуемую для решения поставленной задачи. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует высокий уровень знаний, как определять и ранжировать информацию, требуемую для решения поставленной задачи. Не допускает ошибок.
УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов	Отсутствие знаний	Не знает или слабо знает, как осуществлять поиск информации для решения по-	Демонстрирует удовлетворительный уровень знаний, как определять и ранжи-	Демонстрирует хороший уровень знаний, как определять и ранжировать информа-	Демонстрирует высокий уровень знаний, как определять и ранжировать информацию,

		ставленной задачи по различным типам запросов. Допускает множественные грубые ошибки.	ровать информацию, требуемую для решения поставленной задачи. Допускает достаточно серьезные ошибки.	цию, требуемую для решения поставленной задачи. Допускает отдельные негрубые ошибки.	требуемую для решения поставленной задачи. Не допускает ошибок.
--	--	---	--	--	---

УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ШКАЛА оценивания				
	1	2	3	4	5
УК-2.1. Определяет круг задач в рамках поставленной цели, определяет связи между ними	Отсутствие знаний	Не знает или слабо знает, как определить круг задач в рамках поставленной цели, определяя связи между ними. Допускает множественные грубые ошибки	Удовлетворительно знает, как определить круг задач в рамках поставленной цели, определяя связи между ними. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Хорошо знает, как определить круг задач в рамках поставленной цели, определяя связи между ними. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание, определить круг задач в рамках поставленной цели, определяя связи между ними. Не допускает ошибок.
УК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта	Отсутствие знаний	Не знает или слабо знает, как предложить способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; не оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует удовлетворительный уровень знаний, как предложить способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценить предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует хороший уровень знаний, как предложить способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценить предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует высокий уровень знаний, как предложить способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценить предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта. Не допускает ошибок.
УК-2.3. Планирует реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых	Отсутствие знаний	Не знает или слабо знает, как спланировать реализацию задач в зоне своей ответственности с уче-	Демонстрирует удовлетворительный уровень знаний, как спланировать реализацию задач в зоне	Демонстрирует хороший уровень знаний, как спланировать реализацию задач в зоне своей ответственности	Демонстрирует высокий уровень знаний, как спланировать реализацию задач в зоне своей ответственности с

норм		том имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм. Допускает множественные грубые ошибки.	своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм. Допускает достаточно серьезные ошибки.	с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм. Допускает отдельные негрубые ошибки.	учетом имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм. Не допускает ошибок.
УК-2.4. Выполняет задачи в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости корректирует способы решения задач	Отсутствие знаний	Не знает или слабо знает, как выполнить задачи в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости корректируя способы решения задач. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует удовлетворительный уровень знаний, как выполнить задачи в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости корректируя способы решения задач. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует хороший уровень знаний, как выполнить задачи в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости корректируя способы решения задач. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует высокий уровень знаний, как выполнить задачи в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости корректируя способы решения задач. Не допускает ошибок.
УК-2.5. Представляет результаты проекта, предлагает возможности их использования и/или совершенствования	Отсутствие знаний	Не знает или слабо знает, как представить результаты проекта, предложить возможности их использования и/или совершенствования. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует удовлетворительный уровень знаний, как представить результаты проекта, предложить возможности их использования и/или совершенствования. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует хороший уровень знаний, как представить результаты проекта, предложить возможности их использования и/или совершенствования. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует высокий уровень знаний, как представить результаты проекта, предложить возможности их использования и/или совершенствования. Не допускает ошибок.

При балльно-рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения.

3 курс, 6 семестр (экзамен)

По итогам работы в семестре студент может получить максимально 70 баллов. Итоговой формой контроля во II семестре является **экзамен**. На экзамене студент может набрать максимально 30 баллов. В течение II семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Работа на практических занятиях	35
2	Подготовка к устному опросу	10
3	Подготовка к устному опросу	10
4	Аудиторные занятия (посещение)	15
Итого:		70

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51 до 70** баллов, то он получает допуск к экзамену.

Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок

Общая сумма баллов за семестр (с учетом оценки на экзамене)	Итоговая оценка
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
61-70	Удовлетворительно
в том числе:	
61-70	Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно»
51-60	Только допуск к экзамену
0-50	Неудовлетворительно (студент не допущен к экзамену)

График выполнения самостоятельных работ студентами в 6 семестре

Виды работ	Недели учебного процесса		
	1	2	3
УО 2.1	ВЗ	ЗЗ	ВЗ
УО 2.2		ВЗ	ЗЗ

ВЗ – выдача задания

ЗЗ – защита задания

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

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

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций

Тест на усвоение материала

1. Классические модели

1.1 Модель спроса-предложения $\begin{cases} s_{n+1} = ap_n - b \\ d_{n+1} = -cp_n + g \\ s_{n+1} = d_{n+1} \end{cases}$ соответствует устойчивому состоянию

рынка при каких значениях $A = \frac{a}{c}$?

- а) $A > 2$
- б) $0 < A < 2$
- с) $0 < A < 1$
- д) $-1 < A < 1$

1.2 Модель спроса-предложения $\begin{cases} s_{n+1} = ap_n - b \\ d_{n+1} = -cp_n + g \\ s_{n+1} = d_{n+1} \end{cases}$ соответствует неустойчивому состоянию

рынка при каких значениях $A = \frac{a}{c}$?

- а) $A > 2$
- б) $0 < A < 2$
- с) $0 < A < 1$
- д) $1 < A$

1.3 Какое максимальное количество точек равновесия имеет система

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = N_1(t) * [r_1 * (ng_1 - N_1(t)) - a_{l2} * N_2(t)] \\ \frac{dN_2}{dt} = N_2(t) * [r_2 * (ng_2 - N_2(t)) - a_{l1} * N_1(t)] \end{cases}, \text{ соответствующая модели конкуренции}$$

популяций?

- а) 3
- б) 2
- с) 4
- д) 5

1.4 Какого типа точка равновесия $(N_1 = 0, N_2 = 0)$ системы

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = N_1(t) * [r_1 * (ng_1 - N_1(t)) - a_{l2} * N_2(t)] \\ \frac{dN_2}{dt} = N_2(t) * [r_2 * (ng_2 - N_2(t)) - a_{l1} * N_1(t)] \end{cases}, \text{ соответствующей модели конкуренции}$$

популяций?

- а) устойчивый узел
- б) неустойчивый узел
- с) устойчивый фокус
- д) неустойчивый фокус
- с) центр

2. Качественная теория динамических систем

2.1 Какие точки равновесия уравнения $\frac{dx}{dt} = (x+2)(x+1)(3-x)(5-x)$ являются устойчивыми?

а) $x_1 = -1; x_2 = 3$

б) $x_1 = -1; x_2 = 5$

с) $x_1 = -2; x_2 = 3$

д) $x_1 = 3; x_2 = 5$

2.2 Какие точки равновесия уравнения $\frac{dx}{dt} = (x+2)(x-3)(3+x)(5-x)$ являются неустойчивыми?

а) $x_1 = -3; x_2 = 3$

б) $x_1 = -2; x_2 = 5$

с) $x_1 = -2; x_2 = 3$

д) $x_1 = 3; x_2 = 5$

2.3 Фазовые траектории системы $\begin{cases} \frac{dx}{dt} = P(x, y, t) \\ \frac{dy}{dt} = Q(x, y, t) \end{cases}$ определены в пространстве координат

а) (x, t)

б) (x, y)

с) (y, t)

д) (x, y, t)

2.4 Какая точка (x, y) системы $\begin{cases} \frac{dx}{dt} = (x-3)(y-5)(x-6) \\ \frac{dy}{dt} = (y-3)(x-5)(y-6) \end{cases}$ не является точкой равновесия?

а) $P(x=3, y=6)$

б) $P(x=6, y=3)$

с) $P(x=3, y=3)$

д) $P(x=5, y=3)$

2.5 Какая матрица является матрицей линеаризации системы $\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 2x + 3y + 4 \\ \frac{dy}{dt} = x - 6y + 5 \end{cases}$

а) $\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & -6 \end{pmatrix}$

б) $\begin{pmatrix} 2 & 4 \\ 3 & 5 \end{pmatrix}$

с) $\begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 1 & -6 \end{pmatrix}$

д) $\begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 \\ 1 & -6 & 5 \end{pmatrix}$

2.6 Собственные значения матрицы линеаризации в точке равновесия (x_0, y_0) системы

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = P(x, y) \\ \frac{dy}{dt} = Q(x, y) \end{cases} \quad \text{равны } (\lambda_1 = 2, \lambda_2 = 5) . \text{ К какому типу относится эта точка равновесия?}$$

- а) устойчивый узел
- б) неустойчивый узел
- с) устойчивый фокус
- д) неустойчивый фокус
- с) центр

2.7 Собственные значения матрицы линеаризации в точке равновесия (x_0, y_0) системы

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = P(x, y) \\ \frac{dy}{dt} = Q(x, y) \end{cases} \quad \text{равны } (\lambda_1 = 2, \lambda_2 = -5) . \text{ К какому типу относится эта точка равновесия?}$$

- а) устойчивый узел
- б) неустойчивый узел
- с) устойчивый фокус
- д) неустойчивый фокус
- с) седловая точка

2.8 Собственные значения матрицы линеаризации в точке равновесия (x_0, y_0) системы

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = P(x, y) \\ \frac{dy}{dt} = Q(x, y) \end{cases} \quad \text{равны } (\lambda_1 = -2, \lambda_2 = -3) . \text{ К какому типу относится эта точка равновесия?}$$

- а) устойчивый узел
- б) неустойчивый узел
- с) устойчивый фокус
- д) неустойчивый фокус
- с) седловая точка

2.9 Собственные значения матрицы линеаризации в точке равновесия (x_0, y_0) системы

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = P(x, y) \\ \frac{dy}{dt} = Q(x, y) \end{cases} \quad \text{равны } (\lambda_1 = 2 + 3i, \lambda_2 = 2 - 3i) . \text{ К какому типу относится эта точка равновесия?}$$

- а) устойчивый узел
- б) неустойчивый узел
- с) устойчивый фокус
- д) неустойчивый фокус
- с) центр

2.10 Собственные значения матрицы линеаризации в точке равновесия (x_0, y_0) системы

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = P(x, y) \\ \frac{dy}{dt} = Q(x, y) \end{cases} \quad \text{равны } (\lambda_1 = 2i, \lambda_2 = -2i) . \text{ К какому типу относится эта точка равновесия?}$$

- а) устойчивый узел

- б) неустойчивый узел
- с) устойчивый фокус
- д) неустойчивый фокус
- с)!!! центр

3. Распределённые системы

3.1 Какого типа уравнение $a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y, u)$ ($a_{11} = 2, a_{12} = 1, a_{22} = 3$) ?

- а) эллиптического
- б) параболического
- с) тригонометрического
- д) гиперболического

3.2 Какого типа уравнение $a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y, u)$ ($a_{11} = 1, a_{12} = 1, a_{22} = 1$) ?

- а) эллиптического
- б) параболического
- с) тригонометрического
- д) гиперболического

3.3 Какого типа уравнение $a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y, u)$ ($a_{11} = 1, a_{12} = 2, a_{22} = 1$) ?

- а) эллиптического
- б) параболического
- с) тригонометрического
- д) гиперболического

Пример задания к Теме 3.

Исследование динамической системы

$$\frac{dx}{dt} = f_1(x, y); \quad \frac{dy}{dt} = f_2(x, y);$$

Задание:

- найти точки равновесия
- определить их тип
- построить фазовые траектории

Варианты:

1) $\frac{dx}{dt} = 25 + x^2 - 4y^2; \quad \frac{dy}{dt} = 5xy + 1;$

2) $\frac{dx}{dt} = x^2 - y^2; \quad \frac{dy}{dt} = 5xy - 3;$

3) $\frac{dy}{dt} = 1 - x^2 - y^2; \quad \frac{dx}{dt} = xy;$

4) $\frac{dx}{dt} = 5 + x^2 - y^2; \quad \frac{dy}{dt} = x - 2y;$

5) $\frac{dx}{dt} = 77 - x^2 + 4y^2; \quad \frac{dy}{dt} = xy;$

6) $\frac{dy}{dt} = 3 - x^2 - y^2; \quad \frac{dx}{dt} = xy - 2;$

- 7) $\frac{dx}{dt} = 4 + 5x^2 - y^2; \quad \frac{dy}{dt} = xy - 1;$
- 8) $\frac{dy}{dt} = 1 - 4x^2 - 3y^2; \quad \frac{dx}{dt} = -11xy;$
- 9) $\frac{dx}{dt} = 50 + 5x^2 - 6y^2; \quad \frac{dy}{dt} = 3x - 2y;$
- 10) $\frac{dx}{dt} = -x^2 + y^2; \quad \frac{dy}{dt} = 10 - xy;$
- 11) $\frac{dy}{dt} = 3 + x^2 + y^2; \quad \frac{dx}{dt} = xy - 2;$
- 12) $\frac{dx}{dt} = 4 + 5x^2 + 4y^2; \quad \frac{dy}{dt} = 6xy - x;$
- 13) $\frac{dy}{dt} = 10 - 2x^2 - 3y^2; \quad \frac{dx}{dt} = -xy - y;$
- 14) $\frac{dx}{dt} = 5x^2 + 6y^2; \quad \frac{dy}{dt} = 3xy - 2y;$
- 15) $\frac{dx}{dt} = 8 - x^2 + 2y^2; \quad \frac{dy}{dt} = 10x - xy;$
- 16) $\frac{dy}{dt} = 3 - 4x^2 - 2y^2; \quad \frac{dx}{dt} = 5xy - 2y;$

Контрольные вопросы

1. Математическое моделирование. Понятие математического моделирования. Понятие системы в математическом моделировании.
2. Классификация математических моделей в зависимости от сложности объекта моделирования
3. Классификация математических моделей в зависимости от оператора модели (линейный, нелинейный, алгоритмический и др.)
4. Классификация математических моделей в зависимости от параметров модели
5. Классификация математических моделей в зависимости от целей моделирования
6. Исследование особых точек дифференциального уравнения одной переменной $\frac{dx}{dt} = F(x)$.
7. Исследование качественной структуры особых точек двух уравнений $\begin{cases} \frac{dx}{dt} = P(x(t), y(t)) \\ \frac{dy}{dt} = Q(x(t), y(t)) \end{cases}$
8. Понятие фазовых траекторий.
9. Определение матрицы линеаризации.
10. Получение характеристического уравнения.
11. Классификация грубых особых точек через корни характеристического уравнения.
12. Предельные циклы динамических систем.
13. Модель конкуренции популяций. Постановка задачи.

14. Модель конкуренции популяций. Особые точки и возможные конфигурации системы от параметров задачи.
15. Модель конкуренции популяций. Анализ особых точек.
16. Классификация колебательных систем.
17. Линейная и нелинейная колебательная система.
18. Сосредоточенные и точечные системы.
19. Консервативные и неконсервативные системы.
20. Консервативный осциллятор.
21. Линейный осциллятор с затуханием.
22. Классификация уравнений математической физики двух переменных.
23. Физические процессы, описываемые уравнения эллиптического типа.
24. Физические процессы, описываемые уравнения гиперболического типа.
25. Физические процессы, описываемые уравнения параболического типа.
26. задача интерполирования,
27. задача аппроксимации.
28. Интерполяция по Лагранжу.
29. Сглаживание опытных данных методом наименьших квадратов