

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

Филиал «Протвино»  
Кафедра «Информационные технологии»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор

подпись

/Евсиков А.А./  
Фамилия И.О.

« 17 » 09 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Компьютерные технологии анализа динамических систем

*наименование дисциплины (модуля)*

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

Уровень высшего образования

бакалавриат

*бакалавриат, магистратура, специалитет*

Направленность (профиль) программы (специализация)

«Медицинская физика»

Форма обучения

очная

*очная, очно-заочная, заочная*

Протвино, 2021

Преподаватель (преподаватели):

Гусев В.В., доцент, к.ф.-м.н., кафедра информационных технологий  
Фамилия И.О., должность, ученая степень, ученое звание, кафедра; подпись



Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) высшего образования

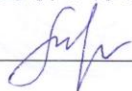
03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры информационных технологий  
(название кафедры)

Нужный Протокол заседания №9 от « 19 » апреля 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Нурматова Е.В.  
(Фамилия И.О., подпись)



СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой<sup>1</sup> Соколов А.А.  
(Фамилия И.О., подпись)



« 17 » 09 2021 г.

Эксперт (рецензент):

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность; если текст рецензии не прикладывается –  
подпись эксперта (рецензента), заверенная по месту работы)

<sup>1</sup> Для обеспечивающих кафедр.

## 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)	5
5 Содержание дисциплины (модуля)	6
6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)	8
7 Фонды оценочных средств по дисциплине (модулю)	8
8 Ресурсное обеспечение	9
Приложение .....	12

## 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 03.03.02 Физика: ПК-2. Способен принимать участие в проведении научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

### 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.ДВ.07.02* части образовательной программы, формируемая участниками образовательных отношений.

Дисциплина преподаётся в 7 семестре, на 4 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) <sup>1</sup>
<p><b>ПК-2. Способен принимать участие в проведении научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыт</b></p>	<p>ПК-2.1. Определяет цель проведения эксперимента по физике высоких энергий и закономерности физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента</p> <p>ПК-2.2. Анализирует современные экспериментальные, теоретические результаты исследований по заданной проблеме</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знать закономерности физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента, основы работы выбранной физико-технической системы</li> <li>2. Уметь проводить анализ и обобщение научных данных в соответствии с задачами исследования и определять направления дальнейших исследований и разработок</li> <li>3. Использует средства математического анализа сложных динамических систем</li> <li>4. Умеет выделять основные факторы влияния на поведение динамических систем</li> <li>5. Обоснованно выбирает вычислительные методы реализации математического моделирования динамических систем</li> </ol>

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.

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

- 17 часов – лекционные занятия;
- 34 часов – практические занятия.

57 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Промежуточный контроль (зачёт).

<sup>1</sup>Могут формулироваться в категориях «знать», «уметь», «владеть» или «иметь навыки».

**5 Содержание дисциплины (модуля)**  
очная 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	
<b>7 семестр /4курс (указать нужное)</b>						
Раздел 1 Основные понятия теории моделирования сложных систем.	1	1			1	
Раздел 2 Языки и инструментальные средства моделирования	9	3	6		9	
Раздел 3 Моделирование динамических систем	22	4	10		14	8
Раздел 4 Вычислительные методы решения задачи Коши	15	2	5		7	8
Раздел 5 Примеры динамических систем	17	3	6		9	8
Раздел 6 Моделирование распределённых систем	12	2	4		6	6
Раздел 7 Обработка результатов вычислительных экспериментов	5	2	3		5	
Промежуточная аттестация: экзамен	27					
<b>Итого за семестр / курс</b>	<b>108</b>	<b>17</b>	<b>34</b>		<b>51</b>	<b>30</b>

<i>№ раздела</i>	<i>Наименование раздела</i>	<i>Содержание тем</i>
1	Основные понятия теории моделирования сложных систем.	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.
2	Языки и инструментальные средства моделирования	Обзор языков и программных средств моделирования. Среда моделирования SciLab
3	Моделирование динамических систем	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.
4	Вычислительные методы решения задачи Коши	Постановка задачи. Методы Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Пошаговый контроль точности.
5	Примеры динамических систем	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.
6	Моделирование распределённых систем	Классификация задач математической физики. Начальные и граничные условия. Вычислительные методы исследования распределённых систем: метод Галёркина, метод конечных элементов; метод конечных разностей.
7	Обработка результатов вычислительных экспериментов	Планирование вычислительных экспериментов. Методы теории планирования экспериментов. Факторные пространства. Оценка влияния и взаимосвязи факторов. Виды факторного анализа экспериментов. Обработка результатов вычислительных эксперимента. 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. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2021. — 398 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI: <https://doi.org/10.12737/5753>. - ISBN 978-5-369-01167-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1225064> (дата обращения: 04.05.2021). – Режим доступа: по подписке.
2. Градов В.М. Компьютерное моделирование: Учебник [Электронный ресурс]/ В.М. Градов, Г.В. Овечкин, П.В. Овечкин, И.В. Рудаков — М.: КУРС: ИНФРА-М, 2018. — 264с. - ISBN 978-5-906818-79-9 // ЭБС "Znanium.com". - URL:<http://znanium.com/catalog/product/911733> (дата обращения: 17.04.2019). Режим доступа: ограниченный по логину и паролю
3. Кобелев, Н. Б. Имитационное моделирование: Учебное пособие / Н.Б. Кобелев, В.А. Половников, В.В. Девятков; Под общ. ред. Н.Б. Кобелева. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 368 с. - ISBN 978-5-905554-17-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/961800> (дата обращения: 28.04.2021). – Режим доступа: по подписке

#### *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: 17.04.2021). – Библиогр.: с. 91. – ISBN 978-5-00032-290-1. – Текст : электронный
2. Чубич, В. М. Активная идентификация стохастических динамических систем: планирование эксперимента для моделей непрерывно-дискретных систем : учебное пособие : [16+] / В. М. Чубич, Е. В. Филиппова ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 96 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574667> (дата обращения: 17.04.2021). – Библиогр. в кт. – ISBN 978-5-7782-3397-3. – Текст : электронный.
3. Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: Учеб. пособие. - 2-е изд., исправ. - М.: Едиторал, УРСС, 2003. - 144 с.
4. Северцев, Н. А. Динамические системы: безопасность и отказоустойчивость : учебное пособие для вузов / Н. А. Северцев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05711-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493435> (дата обращения: 17.04.2021)

#### • 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 доступ-

ны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: [https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=25528](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=25528)

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](http://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?titleid=8746>
5. Открытые системы СУБД / учредитель и издатель: ООО «Издательство «Открытые системы»; гл. ред. Д. Волков. – М.: Издательство «Открытые системы». Журнал основан в 1999 году. Сайт журнала <http://www.osp.ru/os/> Полные электронные версии статей журнала доступны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9826>

• **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://biblio-online.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.рф/>
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/>
5. WorldWideScience.org - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. <http://worldwidescience.org/>

*Профессиональные ресурсы сети «Интернет»*

1. Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.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](http://www.opennet.ru).
8. Алгоритмы, методы, программы: [algotlist.manual.ru](http://algotlist.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 прочитать 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 дисциплины «Компьютерные технологии анализа динамических систем» программы бакалавров по направлению 03.03.02 Физика выпускник должен обладать следующими компетенциями

Профессиональные компетенции:

**ПК-2. Способен принимать участие в проведении научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта**

## Описание показателей и критериев оценивания компетенций

**ПК-2. Способен принимать участие в проведении научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта**

<b>ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ</b> (код и наименование)	<b>КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ</b> <b>ШКАЛА оценивания</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
ПК-2.1. Определяет цель проведения эксперимента по физике высоких энергий и закономерности физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента	Отсутствие знаний	Демонстрирует слабое знания закономерностей физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента по физике высоких энергий. Допускает множественные грубые ошибки	Демонстрирует удовлетворительные знания закономерностей физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента по физике высоких энергий.. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует хорошие знания закономерностей физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента по физике высоких энергий. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание закономерностей физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента по физике высоких энергий. Не допускает ошибок.
ПК-2.2. Анализирует современные экспериментальные, теоретические результаты исследований по заданной проблеме	Отсутствие умения	Не умеет или слабо умеет анализировать современные экспериментальные, теоретические результаты исследований по заданной проблеме. Допускает множественные грубые ошибки.	Умеет удовлетворительно анализировать современные экспериментальные, теоретические результаты исследований по заданной проблеме Допускает достаточно серьезные ошибки.	Умеет хорошо анализировать современные экспериментальные, теоретические результаты исследований по заданной проблеме. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует высокий уровень умения анализировать результаты современных экспериментальных и теоретических исследований по заданной проблеме. 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.

#### 4 курс, 7 семестр (зачёт )

По итогам работы в семестре студент может получить максимально 70 баллов. Итоговой формой контроля во 7 семестре является **зачёт**. К зачёту студент должен набрать максимально 30 баллов. В течение 7 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

#### График выполнения самостоятельных работ студентами в 7 семестре

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
УО2.1			ВЗ		33												
УО2.3						ВЗ	33										
УО2.4								ВЗ		33							
УО2.5											ВЗ		33				

ВЗ – выдача задания

33 – 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

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = N_1(t) * [r1 * (ng1 - N_1(t)) - al2 * N_2(t)] \\ \frac{dN_2}{dt} = N_2(t) * [r2 * (ng2 - N_2(t)) - al1 * N_1(t)] \end{cases}, \text{ соответствующая модели конкуренции}$$

популяций?

- а) 3
- б) 2
- с) 4
- д) 5

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

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = N_1(t) * [r1 * (ng1 - N_1(t)) - al2 * N_2(t)] \\ \frac{dN_2}{dt} = N_2(t) * [r2 * (ng2 - N_2(t)) - al1 * N_1(t)] \end{cases}, \text{ соответствующей модели конкуренции}$$

популяций?

- а) устойчивый узел
- б) неустойчивый узел
- с) устойчивый фокус
- д) неустойчивый фокус
- е) 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)  $x_1 = -1; x_2 = 5$
- в)  $x_1 = -2; x_2 = 3$
- г)  $x_1 = 3; x_2 = 5$

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)  $x_1 = -2; x_2 = 5$
- в)  $x_1 = -2; x_2 = 3$
- г)  $x_1 = 3; x_2 = 5$

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)  $(x, y)$
- в)  $(y, t)$
- г)  $(x, y, t)$

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)  $P(x=6, y=3)$
- в)  $P(x=3, y=3)$
- г)  $P(x=5, y=3)$

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- а) устойчивый узел
- б) неустойчивый узел
- с) устойчивый фокус
- д) неустойчивый фокус
- е)!!! 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)  $\frac{dx}{dt} = 5 + x^2 - y^2; \frac{dy}{dt} = x - 2y;$
- 5)  $\frac{dx}{dt} = 77 - x^2 + 4y^2; \frac{dy}{dt} = xy;$
- 6)  $\frac{dy}{dt} = 3 - x^2 - y^2; \frac{dx}{dt} = xy - 2;$
- 7)  $\frac{dx}{dt} = 4 + 5x^2 - y^2; \frac{dy}{dt} = xy - 1;$
- 8)  $\frac{dy}{dt} = 1 - 4x^2 - 3y^2; \frac{dx}{dt} = -11xy;$
- 9)  $\frac{dx}{dt} = 50 + 5x^2 - 6y^2; \frac{dy}{dt} = 3x - 2y;$
- 10)  $\frac{dx}{dt} = -x^2 + y^2; \frac{dy}{dt} = 10 - xy;$
- 11)  $\frac{dy}{dt} = 3 + x^2 + y^2; \frac{dx}{dt} = xy - 2;$
- 12)  $\frac{dx}{dt} = 4 + 5x^2 + 4y^2; \frac{dy}{dt} = 6xy - x;$
- 13)  $\frac{dy}{dt} = 10 - 2x^2 - 3y^2; \frac{dx}{dt} = -xy - y;$
- 14)  $\frac{dx}{dt} = 5x^2 + 6y^2; \frac{dy}{dt} = 3xy - 2y;$
- 15)  $\frac{dx}{dt} = 8 - x^2 + 2y^2; \frac{dy}{dt} = 10x - xy;$
- 16)  $\frac{dy}{dt} = 3 - 4x^2 - 2y^2; \frac{dx}{dt} = 5xy - 2y;$

### 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