

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Поверинов Игорь Егорович  
Должность: Проректор по учебной работе  
Дата подписания: 07.05.2024 10:39:12  
Уникальный программный ключ:  
6d465b936eef331cede482bded6d12a09821b052f016469813871a2caab0de1b2

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»**  
**(ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»)**

Факультет информатики и вычислительной техники  
Кафедра математического и аппаратного обеспечения информационных систем

Утверждена в составе  
образовательной программы  
высшего образования

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ**  
**И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ»**

Научная специальность – 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ  
Форма обучения – очная  
Год начала освоения – 2024

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доцент кафедры теплоэнергетических установок,  
кандидат физико-математических наук, доцент  
В.В. Андреев

ОБСУЖДЕНО:

На заседании кафедры математического и аппаратного обеспечения информационных систем 7 марта 2024 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой  
Т.Н. Копышева

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета информатики вычислительной техники  
А.В. Щипцова

Начальник отдела подготовки и  
повышения квалификации  
научно-педагогических кадров  
С.Б. Харитонова

## 1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля).

Цель изучения дисциплины – формирование и развитие у аспирантов компетенций в области решения математических задач, возникающих при математическом моделировании естественнонаучных и прикладных проблем, численными методами; овладение численными методами и комплексами программ для решения научных и технических, фундаментальных и прикладных проблем, позволяющими выпускнику успешно работать в различных областях профессиональной деятельности: научно-исследовательской, проектной и производственно-технологической с применением современных компьютерных технологий; изучение математических моделей, применяемых при описании физических, химических, биологических и других естественнонаучных, а также социальных, экономических и технических объектов.

Задачи дисциплины:

- формирование навыков в области построения и исследования математических моделей для описания объектов, типичных для приложений математики к различным областям науки и техники;
- изучение методов и подходов к постановке и проведению численных исследований естественнонаучных и научно-технических проблем, интерпретации экспериментальных данных с целью прогнозирования и контроля природных явлений и технологических процессов, а также разработки перспективных космических, летательных и плавательных аппаратов.

## 2. Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля).

В процессе освоения данной дисциплины обучающиеся формируют следующие результаты освоения дисциплины:

К7 – способность выполнять теоретические исследования процессов создания, накопления и обработки информации, включая анализ и создание моделей данных и знаний, языков их описания и манипулирования, разработку новых математических методов и средств поддержки интеллектуальной обработки данных;

К8 – способность разрабатывать новые математические модели объектов и явлений, развивать аналитические и приближенные методы их исследования, выполнять реализацию эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента;

К9 – способность объективно оценивать профессиональный уровень результатов научных исследований, в том числе с помощью международных баз данных публикационной активности.

## 3. Структура и содержание дисциплины (модуля).

### 3.1. Структура дисциплины (модуля).

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Формируемые компетенции	Форма текущего контроля
1	Раздел 1. Математические основы моделирования. Экстремальные задачи. Выпуклый анализ	К7, К8, К9	Контрольная работа; устный контроль; тестирование
2	Раздел 2. Численные методы. Пакеты прикладных программ. Нелинейные математические модели. Принятие	К7, К8, К9	Контрольная работа; устный контроль; тестирование

	решений. Задачи искусственного интеллекта. Стохастические модели.		
--	---	--	--

3.2. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы.

№ п/п	Темы занятий	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего часов
<b>Семестр 3</b>					
<b>Раздел 1. Математические основы моделирования. Экстремальные задачи. Выпуклый анализ</b>					
1.	Тема 1. Математические основы моделирования	6	6	8	20
2.	Тема 2. Теория вероятностей. Математическая статистика	2	2	8	12
3.	Тема 3. Элементы теории функций и функционального анализ	2	2	8	12
4.	Тема 4. Дифференциальные уравнения в частных производных	2	2	8	12
5.	Тема 5. Построение математических моделей с помощью вариационных принципов	4	4	8	16
<b>Итого за 3 сем., час</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>40</b>	<b>72</b>
<b>Семестр 4</b>					
<b>Раздел 2. Численные методы. Пакеты прикладных программ. Нелинейные математические модели. Принятие решений. Задачи искусственного интеллекта. Стохастические модели.</b>					
6.	Тема 6. Численные методы	4	4	15	23
7.	Тема 7. Пакеты прикладных программ	2	2	15	19
8.	Тема 8. Нелинейные математические модели	2	2	15	19
9.	Тема 9. Принятие решений. Задачи искусственного интеллекта	4	4	16	24
10.	Тема 10. Стохастические модели	2	2	15	23
<b>Итого за 4 сем., час</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>76</b>	<b>108</b>
<b>Итого, час</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>116</b>	<b>108</b>
<b>Итого, з.е.</b>					<b>5</b>

Вид промежуточной аттестации:

зачет – семестр 3;

кандидатский экзамен – семестр 4.

3.3. Темы занятий и краткое содержание.

Раздел 1. Математические основы моделирования. Экстремальные задачи.

Выпуклый анализ.

Тема 1. Математические основы моделирования.

Лекция 1. Основные принципы математического моделирования. Фундаментальные законы природы и моделирование.

1. Основные принципы математического моделирования.

Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике. Универсальность математических моделей.

2. Фундаментальные законы природы и моделирование.

Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.

Практическое занятие 1. Основные принципы математического моделирования. Фундаментальные законы природы и моделирование.

Построение математических моделей механики, гидродинамики и электродинамики на основе фундаментальных законов природы.

Лекция 2. Методы исследования математических моделей. Математические модели в научных исследованиях. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.

1. Методы исследования математических моделей.

Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.

2. Математические модели в научных исследованиях.

Математические модели в статистической механике, экономике, биологии.

3. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.

Задачи редукции к идеальному прибору. Синтез выходного сигнала идеального прибора. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.

Практическое занятие 2. Методы исследования математических моделей. Математические модели в научных исследованиях. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.

Анализ устойчивости. Проверка адекватности математических моделей. Задачи редукции к идеальному прибору.

Лекция 3. Модели динамических систем. Понятие о самоорганизации.

1. Модели динамических систем.

Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание. Режимы с обострением.

2. Понятие о самоорганизации.

Самоорганизация сложных систем. Диссипативные структуры.

Практическое занятие 3. Модели динамических систем. Понятие о самоорганизации.

Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание. Режимы с обострением.

*Тема 2. Теория вероятностей. Математическая статистика.*

Лекция 4. Теория вероятностей. Математическая статистика.

1. Аксиоматика теории вероятностей.

Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины и векторы.

2. Теория случайных процессов. Корреляция.

Элементы теории случайных процессов. Элементы корреляционной теории случайных векторов.

3. Методы точечных и интервальных оценок. Проверка статистических гипотез.

Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез.

#### 4. Статистический анализ.

Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений. Основы теории информации.

Практическое занятие 4. Теория вероятностей. Математическая статистика.

Задачи на применение основных положений теории вероятностей и математической статистики.

### *Тема 3. Элементы теории функций и функционального анализа.*

Лекция 5. Элементы теории функций и функционального анализа.

#### 1. Метрические и нормированные пространства.

Понятие меры и интеграла Лебега. Пространства интегрируемых функций. Пространства Соболева.

#### 2. Функционалы и операторы.

Линейные непрерывные функционалы. Теорема Хана-Банаха. Линейные операторы.

Практическое занятие 5. Элементы теории функций и функционального анализа.

Анализ и применение элементов теории функций и функционального анализа в моделировании систем.

### *Тема 4. Дифференциальные уравнения в частных производных.*

Лекция 6. Дифференциальные уравнения в частных производных.

#### 1. Дифференциальные уравнения в частных производных.

Уравнения в частных производных параболического, гиперболического и эллиптического типов.

#### 2. Физические процессы и явления, описываемые дифференциальными уравнениями в частных производных.

Примеры применения дифференциальных уравнений в частных производных параболического, гиперболического и эллиптического типов.

Практическое занятие 6. Дифференциальные уравнения в частных производных.

Методы аналитического и численного решений дифференциальных уравнений в частных производных параболического, гиперболического и эллиптического типов.

### *Тема 5. Построение математических моделей с помощью вариационных принципов.*

Лекция 7. Вариационные принципы. Принцип Гамильтона.

#### 1. Вариационные принципы.

Построение математических моделей с помощью вариационных принципов.

#### 2. Примеры задач на применение вариационных принципов.

Задача об автомобиле. Задача о преломлении лучей света на границе двух сред.

#### 3. Принцип Гамильтона.

Общая схема принципа Гамильтона. Обобщенные координаты и скорости. Функция Лагранжа. Действие по Гамильтону. Вариация действия по Гамильтону.

Практическое занятие 7. Вариационные принципы. Принцип Гамильтона.

Решение задач на применение вариационных принципов и принципа Гамильтона.

Лекция 8. Модели Фойхта и Максвелла. Течение вязкой жидкости. Поведение вязкоупругого тела.

#### 1. Модели Фойхта и Максвелла.

Анализ моделей Фойхта и Максвелла.

2. Течение вязкой жидкости. Поведение вязкоупругого тела.

Модель течения вязкой жидкости. Модель вязкоупругого тела.

Практическое занятие 8. Течение вязкой жидкости. Поведение вязкоупругого тела

Методы решения и анализа моделей течения вязкой жидкости и вязкоупругого тела.

Раздел 2. Численные методы. Пакеты прикладных программ. Нелинейные математические модели. Принятие решений. Задачи искусственного интеллекта. Стохастические модели.

#### *Тема 6. Численные методы.*

Лекция 9. Интерполяция и аппроксимация. Численное дифференцирование и интегрирование. Численный поиск экстремума функций. Численные методы линейной алгебры.

1. Интерполяция и аппроксимация.

Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Сплайн-аппроксимация, интерполяция.

2. Численное дифференцирование и интегрирование.

Методы численного дифференцирования и интегрирования.

3. Численный поиск экстремума функций.

Численные методы поиска экстремума.

4. Численные методы линейной алгебры.

Вычислительные методы линейной алгебры.

Практическое занятие 9. Интерполяция и аппроксимация. Численное дифференцирование и интегрирование. Численный поиск экстремума функций. Численные методы линейной алгебры.

Анализ и решение задач на применение методов интерполяции и аппроксимации. Численные методы поиска экстремума. Численные методы линейной алгебры.

Лекция 10. Численное решение систем дифференциальных уравнений. Интегральные преобразования. Вычислительный эксперимент.

1. Численное решение систем дифференциальных уравнений.

Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Метод конечных элементов.

2. Интегральные преобразования.

Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др. Их численная реализация. Численные методы вейвлет-анализа.

3. Вычислительный эксперимент.

Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа. Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня.

Практическое занятие 10. Численное решение систем дифференциальных уравнений. Интегральные преобразования. Вычислительный эксперимент.

Анализ численных методов решения систем дифференциальных уравнений. Численная реализация преобразований Фурье, Лапласа, Хаара и др. Численные методы вейвлет-анализа. Анализ принципов проведения вычислительного эксперимента.

#### *Тема 7. Пакеты прикладных программ.*

Лекция 11. Пакеты прикладных программ.

1. Пакеты прикладных программ.

Пакеты прикладных программ для моделирования систем: Matlab, Mathematica, Mathcad, Maple, Comsol multiphysics.

Практическое занятие 11. Пакеты прикладных программ.

Возможности пакетов прикладных программ Matlab, Mathematica, Mathcad, Maple, Comsol multiphysics для моделирования систем.

#### *Тема 8. Нелинейные математические модели.*

Лекция 12. Нелинейные математические модели.

1. О нелинейности математических моделей.

Логистическая модель биологической популяции. Построение логистических кривых. Малые колебания при взаимодействии двух биологических популяций. Простейшая модель изменения зарплаты и занятости.

Практическое занятие 12. Нелинейные математические модели.

Анализ нелинейных математических моделей биологической популяции, малых колебаний при взаимодействии двух биологических популяций, модели изменения зарплаты и занятости.

#### *Тема 9. Принятие решений. Задачи искусственного интеллекта.*

Лекция 13. Принятие решений. Задачи искусственного интеллекта. Экстремальные задачи. Математическое программирование.

1. Принятие решений.

Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования.

2. Искусственный интеллект.

Искусственный интеллект. Распознавание образов.

3. Экстремальные задачи.

Экстремальные задачи. Выпуклый анализ. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум.

4. Математическое программирование.

Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс.

Практическое занятие 13. Решение экстремальных задач. Решение задач на математическое программирование.

Экстремальные задачи. Выпуклый анализ. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс.

Лекция 14. Задачи оптимального управления.

1. Вариационное исчисление.

Основы вариационного исчисления.

2. Оптимальное управление.

Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.

3. Принятие решений.

Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения.

Практическое занятие 14. Вариационное исчисление. Оптимальное управление.

Решение задач на вариационное исчисление. Решение задачи оптимального управления.



### *Тема 10. Стохастические модели.*

Лекция 15. Метод Монте-Карло. Моделирование систем массового обслуживания (СМО). Задача Дирихле и краевая задача в вероятностном представлении.

1. Метод Монте-Карло.

Метод Монте-Карло. Численное интегрирование стохастических уравнений в среднеквадратичном и слабом смысле.

2. Моделирование систем массового обслуживания (СМО).

Моделирование систем массового обслуживания (СМО). Марковские модели массового обслуживания. Расчет показателей эффективности СМО различных типов.

3. Задача Дирихле и краевая задача в вероятностном представлении.

Вероятностное представление задачи Дирихле и краевой задачи для уравнения теплопроводности.

Практическое занятие 15. Метод Монте-Карло. Моделирование систем массового обслуживания (СМО).

Метод Монте-Карло. Численное интегрирование стохастических уравнений в среднеквадратичном и слабом смысле. Моделирование систем массового обслуживания (СМО). Марковские модели массового обслуживания. Расчет показателей эффективности СМО различных типов.

Лекция 16. Стохастические математические модели. Противоречивые задачи.

1. Стохастические математические модели.

Математические модели в экономике. Качественные, имитационные и реляционные модели.

2. Противоречивые задачи.

Противоречивые задачи оптимизации. Источники противоречий в экономике и их моделирование. Методы принятия решений в условиях нечеткой и неточной информации.

Практическое занятие 16. Анализ стохастических математических моделей. Противоречивые задачи.

Математические модели в экономике. Качественные, имитационные и реляционные модели. Противоречивые задачи оптимизации. Источники противоречий в экономике и их моделирование. Методы принятия решений в условиях нечеткой и неточной информации.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля).**

Формы и виды контроля знаний аспирантов, предусмотренные по данной дисциплине:

текущий контроль;

промежуточная аттестация (зачет, кандидатский экзамен).

*Критерии получения зачета по дисциплине (модулю):*

- оценка «зачтено» ставится, если обучающийся выполнил не менее половины аудиторных контрольных работ, домашних заданий, докладов, ответил на половину вопросов к зачету;

- оценка «не зачтено» ставится, если обучающийся выполнил менее половины аудиторных контрольных работ, домашних заданий, докладов, не ответил на половину вопросов к зачету.

*Критерии экзаменационной оценки:*

- для оценки «отлично» - наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объёме пройденного программного материала правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы;
- для оценки «хорошо» - наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала;
- для оценки «удовлетворительно» - наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике;
- для оценки «неудовлетворительно» - наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

4.1. Примерный перечень вопросов к зачету

1. Основные принципы математического моделирования.
2. Фундаментальные законы природы и моделирование.
3. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике. Универсальность математических моделей.
4. Методы исследования математических моделей.
5. Математические модели в научных исследованиях.
6. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.
7. Проверка адекватности математических моделей.
8. Задачи редукции к идеальному прибору.
9. Синтез выходного сигнала идеального прибора.
10. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.
11. Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание. Режимы с обострением.
12. Понятие о самоорганизации. Самоорганизация сложных систем. Диссипативные структуры.
13. Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины и векторы.
14. Элементы теории случайных процессов.
15. Элементы корреляционной теории случайных векторов.
16. Методы точечных и интервальных оценок.
17. Элементы теории проверки статистических гипотез.
18. Элементы многомерного статистического анализа.
19. Основные понятия теории статистических решений.
20. Основы теории информации.
21. Элементы теории функций и функционального анализа.
22. Метрические и нормированные пространства.
23. Понятие меры и интеграла Лебега.
24. Пространства интегрируемых функций. Пространства Соболева.
25. Линейные непрерывные функционалы. Теорема Хана-Банаха. Линейные операторы.
26. Анализ и применение элементов теории функций и функционального анализа в моделировании систем.
27. Дифференциальные уравнения в частных производных.
28. Уравнения в частных производных параболического типа.

29. Уравнения в частных производных гиперболического типа.
30. Уравнения в частных производных эллиптического типа.
31. Физические процессы и явления, описываемые дифференциальными уравнениями в частных производных.
32. Примеры применения дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа.
33. Примеры применения дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа.
34. Примеры применения дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа.
35. Методы аналитического и численного решений дифференциальных уравнений в частных производных параболического, гиперболического и эллиптического типов.
36. Вариационные принципы. Принцип Гамильтона.
37. Построение математических моделей с помощью вариационных принципов.
38. Примеры задач на применение вариационных принципов.
39. Общая схема принципа Гамильтона. Обобщенные координаты и скорости. Функция Лагранжа. Действие по Гамильтону. Вариация действия по Гамильтону.
40. Решение задач на применение вариационных принципов и принципа Гамильтона.
41. Модели Фойхта и Максвелла.
42. Модель течения вязкой жидкости. Модель вязкоупругого тела.

#### 4.2. Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Понятие меры и интеграла Лебега. Метрические и нормированные пространства. Евклидовы пространства. Процесс ортогонализации.
2. Пространство интегрируемых функций. Пространства Соболева.
3. Линейные непрерывные функционалы. Теорема Хана-Банаха.
4. Линейный оператор в конечном пространстве, его матрица. Норма линейного оператора. Дифференциальные и интегральные операторы.
5. Линейные обыкновенные дифференциальные уравнения и системы.
6. Фундаментальная система решений. Определитель Вронского.
7. Устойчивость по Ляпунову. Теорема об устойчивости по первому приближению.
8. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум.
9. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс.
10. Основы вариационного исчисления.
11. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.
12. Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость.
13. Случайные величины и векторы. Элементы корреляционной теории случайных векторов. Центральная предельная теорема.
14. Элементы теории случайных процессов. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез.
15. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений.
16. Основы теории информации.
17. Общая проблема принятия решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения.
18. Задачи исследования операций. Экспертизы и неформальные процедуры.

19. Искусственный интеллект. Распознавание образов.
20. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.
21. Численное дифференцирование и интегрирование.
22. Численные методы поиска экстремума.
23. Вычислительные методы линейной алгебры.
24. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.
25. Сплайн-аппроксимация, интерполяция.
26. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара. Численные методы вейвлет-анализа.
27. Проекционно-сеточные методы. Вариационно-сеточные методы. Метод конечных элементов.
28. Принципы, методы и этапы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа. Отличительные характеристики и преимущества вычислительного эксперимента.
29. Сравнение результатов вычислительных экспериментов с результатами натуральных экспериментов.
30. Сравнение результатов вычислительных экспериментов с результатами с результатами анализа математических моделей.
31. Представление о языках программирования высокого уровня.
32. Пакеты прикладных программ.
33. Проблемно-ориентированные коды и вычислительные эксперименты.
34. Элементарные математические модели в механике.
35. Элементарные математические модели в гидродинамике.
36. Элементарные математические модели в электродинамике.
37. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.
38. Вариационные принципы построения математических моделей.
39. Методы исследования математических моделей. Устойчивость моделей. Проверка адекватности математических моделей.
40. Качественные и аналитические методы исследования математических моделей.
41. Алгоритмы и методы компьютерного моделирования на основе результатов натуральных экспериментов.
42. Алгоритмы и методы имитационного моделирования на основе анализа математических моделей.
43. Эффективные вычислительные методы и алгоритмы с применением современных компьютерных технологий.
44. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.
45. Математические модели в статистической механике.
46. Математические модели в экономике.
47. Математические модели в биологии.
48. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.
49. Задачи редукции к идеальному прибору. Синтез выходного сигнала идеального прибора. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.
50. Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание.
51. Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры.
52. Режимы с обострением.
53. Постановка и проведение натуральных экспериментов, статистический анализ их результатов, в том числе с применением современных компьютерных технологий.
54. Математическая теория планирования эксперимента: формулировка проблемы, классификация методов. Пассивный и активный эксперимент.

Каждому аспиранту на экзамене дополнительно задаются вопросы по теме диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).

### 5.1. Рекомендуемая основная литература.

№	Название
1.	Зализняк, В.Е. Введение в математическое моделирование: учебное пособие для вузов/ В.Е. Зализняк, О. А. Золотов. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 133 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12249-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://www.urait.ru/bcode/488304">https://www.urait.ru/bcode/488304</a>
2.	Бордовский, Г.А. Физические основы математического моделирования: учебник и практикум для вузов / Г.А. Бордовский, А.С. Кондратьев, А. Чоудери. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05365-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://www.urait.ru/bcode/491147">https://www.urait.ru/bcode/491147</a>

### 5.2. Рекомендуемая дополнительная литература.

№	Название
1.	Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. — Электрон. дан. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 243 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/70743">https://e.lanbook.com/book/70743</a> . — Загл. с экрана.
2.	Гребенникова, И.В. Методы математической обработки экспериментальных данных: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2015. — 124 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/98332">https://e.lanbook.com/book/98332</a> . — Загл. с экрана.
3.	Горюнов, А.Ф. Методы математической физики в примерах и задачах. В 2 т. Т. I [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2015. — 872 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/71999">https://e.lanbook.com/book/71999</a> . — Загл. с экрана.
4.	Горюнов, А.Ф. Методы математической физики в примерах и задачах. В 2 т. Т. II [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2015. — 772 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/72000">https://e.lanbook.com/book/72000</a> . — Загл. с экрана.
5.	Даутов, Р.З. Программная реализация метода конечных элементов в MATLAB [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Казань: КФУ, 2014. — 106 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/72805">https://e.lanbook.com/book/72805</a> . — Загл. с экрана.
6.	Егупов, Н.Д. Алгоритмическая теория систем управления, основанная на спектральных методах. В двух томах. Том 2. Матрично-вычислительные технологии на базе интегральных уравнений [Электронный ресурс]: монография / Н.Д. Егупов. — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 464 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/106542">https://e.lanbook.com/book/106542</a> . — Загл. с экрана.
7.	Карасев, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика: математическая статистика: практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.А. Карасев, Г.Д. Лёвшина. — Электрон. дан. — Москва: МИСИС, 2016. — 120 с. — Режим

	доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93597">https://e.lanbook.com/book/93597</a> . — Загл. с экрана.
8.	Лесин, В.В. Основы методов оптимизации [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 344 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/86017">https://e.lanbook.com/book/86017</a> . — Загл. с экрана.
9.	Анализ математических моделей Базель II [Электронный ресурс] / Ф.Т. Алескеров [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2013. — 296 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/91176">https://e.lanbook.com/book/91176</a> . — Загл. с экрана.
10.	Вьюгин, В.В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: МЦНМО, 2013. — 304 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/56397">https://e.lanbook.com/book/56397</a> . — Загл. с экрана.
11.	Кохонен Т., Самоорганизующиеся карты [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 660 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/94143">https://e.lanbook.com/book/94143</a> . — Загл. с экрана.
12.	Марголис, Н.Ю. Имитационное моделирование [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Томск: ТГУ, 2015. — 130 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/71552">https://e.lanbook.com/book/71552</a> . — Загл. с экрана.
13.	Мелас, В.Б. Планирование и анализ для регрессионных моделей: учеб. пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Б. Мелас, П.В. Шпилев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГУ, 2014. — 96 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/94675">https://e.lanbook.com/book/94675</a> . — Загл. с экрана.
14.	Пытьев, Ю.П. Вероятность, возможность и субъективное моделирование в научных исследованиях. Математические и эмпирические основы, приложения [Электронный ресурс] / Ю.П. Пытьев. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2017. — 256 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/104992">https://e.lanbook.com/book/104992</a> . — Загл. с экрана.
15.	Петько, В.И. Методы идентификации нелинейных динамических объектов [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Минск: , 2016. — 139 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/90455">https://e.lanbook.com/book/90455</a> . — Загл. с экрана.
16.	Степанов, А.А. От математики к обобщенному программированию [Электронный ресурс] / А.А. Степанов, Д.Э. Роуз. — Электрон. дан. — Москва: ДМК Пресс, 2016. — 264 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/97345">https://e.lanbook.com/book/97345</a> . — Загл. с экрана.
17.	Адаменко, М.В. Основы классической криптологии: секреты шифров и кодов [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва: ДМК Пресс, 2016. — 296 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/82817">https://e.lanbook.com/book/82817</a> . — Загл. с экрана.
18.	Жданов, А.А. Автономный искусственный интеллект [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 362 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/70761">https://e.lanbook.com/book/70761</a> . — Загл. с экрана.

*5.3. Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы, интернет-ресурсы.*

№	Перечень программного обеспечения, профессиональных баз данных и информационных справочных систем, интернет-ресурсов
Перечень программного обеспечения	
1.	Пакет офисных программ Microsoft Office
2.	Операционная система Windows
Перечень ЭБС	
1.	Научная библиотека ЧувГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://library.chuvsu.ru">http://library.chuvsu.ru</a>
2.	Электронно-библиотечная система IPRBooks [Электронный ресурс]. – Режим

	доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>
3.	Образовательная платформа «Юрайт»: для вузов и ссузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="https://www.urait.ru">https://www.urait.ru</a>
<b>Интернет-ресурсы</b>	
1.	Единое окно к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
2.	Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://www.rsl.ru">http://www.rsl.ru</a>
3.	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://www.nlr.ru">http://www.nlr.ru</a>
4.	Научная электронная библиотека «Киберленинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://cyberleninka.ru">http://cyberleninka.ru</a>
5.	Научная электронная библиотека «Elibrary» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>
6.	Библиографическая и реферативная база данных «Scopus» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a>
7.	Поисковая платформа «Web of Science» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="https://webofknowledge.com">https://webofknowledge.com</a>

## **6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).**

Учебные аудитории для лекционных и практических занятий по дисциплине оснащены мультимедийным проектором и настенным экраном.

Учебные аудитории для самостоятельных занятий по дисциплине оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

## **7. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям лиц с ограниченными возможностями.**

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

## **8. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы.**

Самостоятельная работа определяется спецификой дисциплины и методикой ее преподавания, временем, предусмотренным учебным планом, а также ступенью обучения, на которой изучается дисциплина.

Для самостоятельной подготовки можно рекомендовать следующие источники: конспекты лекций и/или практических и лабораторных занятий, учебную литературу соответствующего профиля.

Преподаватель в начале чтения курса информирует обучающихся о формах, видах и содержании самостоятельной работы, разъясняет требования, предъявляемые к результатам самостоятельной работы, а также формы и методы контроля и критерии оценки.

#### *Методические рекомендации по подготовке к зачету*

Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором обучающиеся получают предварительный перечень вопросов к зачёту и список рекомендуемой литературы, их ставят в известность относительно критериев выставления зачёта и специфике текущей и промежуточной аттестации. С самого начала желательно планомерно осваивать материал, руководствуясь перечнем вопросов к зачету и списком рекомендуемой литературы, а также путём самостоятельного конспектирования материалов занятий и результатов самостоятельного изучения учебных вопросов.

Темы, вынесенные на самостоятельное изучение, необходимо законспектировать. В конспекте кратко излагается основная сущность учебного материала, приводятся необходимые обоснования, табличные данные, схемы, эскизы, графики и т.п. Конспект целесообразно составлять целиком на тему. При этом имеется возможность всегда дополнять составленный конспект материалами из журналов, данных из Интернета и других источников. Таким образом, конспект становится сборником необходимых материалов, куда аспирант вносит всё новое, что он изучил, узнал. Такие конспекты представляют, большую ценность при подготовке к занятиям.

Основные этапы самостоятельного изучения учебных вопросов:

1. Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.
2. Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.
3. Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.
4. Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.
5. Составление опорного конспекта.

#### *Методические рекомендации по подготовке к экзамену*

Экзамен преследует цель оценить работу обучающегося за определенный курс: полученные теоретические знания, их прочность, развитие логического и творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умения анализировать и синтезировать полученные знания и применять на практике решение практических задач.

Формулировка вопросов совпадает с формулировкой перечня вопросов, доведенного до сведения обучающихся за один месяц до экзаменационной сессии. В процессе подготовки к экзамену организована предэкзаменационная консультация для всех учебных групп. Результат экзамена выражается оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

С целью уточнения оценки экзаменатор может задать не более одного-двух дополнительных вопросов, не выходящих за рамки требований рабочей программы дисциплины. Под дополнительным вопросом подразумевается вопрос, не связанный с тематикой вопросов билета. Дополнительный вопрос, также как и основные вопросы билета, требует развернутого ответа. Кроме того, преподаватель может задать ряд



уточняющих и наводящих вопросов, связанных с тематикой основных вопросов билета.  
Число уточняющих и наводящих вопросов не ограничено.