

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной  
работе

                    Лейфа                     А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ  
СИСТЕМ»

Направление подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) образовательной программы – Математическое и программное обеспечение информационных систем

Квалификация выпускника – Магистр

Год набора – 2023

Форма обучения – Очная

Курс     2     Семестр     3    

Экзамен 3 сем

Общая трудоемкость дисциплины 216.0 (академ. час), 6.00 (з.е)

Составитель А.Г. Масловская, профессор, д-р. физ.-мат. наук

Факультет математики и информатики

Кафедра математического анализа и моделирования

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 10.01.18 № 13

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математического анализа и моделирования

01.09.2023 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой Максимова Н.Н. Максимова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Максимова Н.Н. Максимова

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2023 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

Формирование у студентов системы знаний, включающей: методы построения статических и динамических моделей сложных систем, а также подходы к компьютерной имитации таких систем с использованием современных программных и инструментальных средств, предоставляемых пакетами прикладных программ.

### Задачи дисциплины:

Приобретение студентами устойчивых навыков и умений, позволяющих выполнять математическую формализацию изучаемого процесса или явления, осуществлять выбор методологии для построения вычислительной схемы решения прикладной задачи, реализовывать модель с использованием специализированного программного обеспечения, выполнять постановку и проведение вычислительного эксперимента, анализировать полученные результаты.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Математическое и компьютерное моделирование сложных систем» включена в обязательную учебную программу. Для освоения дисциплины обучающиеся используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе обучения в вузе (в рамках высшего образования по направлениям подготовки бакалавриата или специалитета). Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой подготовкой и владеть компетенциями, современными знаниями специалиста или бакалавра.

Этот курс тесно связан с основными математическими и информационными дисциплинами, изученными ранее: дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных, численные методы, языки и методы программирования, прикладное программное обеспечение, практикум на ЭВМ, компьютерное моделирование. Освоение дисциплины «Математическое и компьютерное моделирование сложных систем» является необходимой составляющей для прохождения преддипломной практики, выполнения научно-исследовательской работы и написания выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

### 3.1. Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Теоретические и практические основы профессиональной деятельности	ОПК-3 Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ИД-2ОПК-3. Владеет методологией математического моделирования, знает и умеет реализовывать все этапы вычислительного эксперимента для решения задач профессиональной деятельности.  ИД-3ОПК-3. Знает методы оценки погрешности результатов моделирования и границ применимости конкретных моделей, а также подходы к проверке адекватности результатов
Информационно-	ОПК-4 Способен	ИД-3ОПК-4. Имеет практический

коммуникационные технологии для профессиональной деятельности	комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	и опыт применения программных средств для построения и программной реализации математических моделей.
---	---	---

#### 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.00 зачетных единицы, 216.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7	
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9				
1	Введение. Общие вопросы методологии математического и компьютерного моделирования	3	2					2						20	Устный опрос по теме лабораторной работы «Разработка графического интерфейса пользователя для реализации математической модели в

																				Matlab». Тест входного контроля.
2	Сложные системы: концепции построения и реализации моделей.	3	4				4												20	Устный опрос по теме лабораторной работы «Решение прикладных задач в постановке уравнений с частными производными в PDE toolbox ППП Matlab». Контрольная точка по курсовому проекту.
3	Обзор современного специализированного программного обеспечения для моделирования систем.	3	2				2												20	Устный опрос по теме лабораторной работы «Система инженерного анализа COMSOL MULTIPHYSICS: решение прикладных задач МКЭ»
4	Стохастические модели.	3	2				2												20	Устный опрос по теме лабораторной работы «Моделирование стохастических процессов и систем».
5	Модели с элементами неопределенности.	3	8				6		3										63	Устный опрос по теме лабораторной работы «Модели с элементами неопределенности». Контроль и защита курсового проекта. Тест промежуточ

												ого контроля.
6	Экзамен	3							0.3	35.7		Устный экзамен.
	Итого		18.0	0.0	16.0	3.0	0.0	0.3	35.7	143.0		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Введение. Общие вопросы методологии математического и компьютерного моделирования.	Понятие модели, свойства моделей, цели моделирования, классификация математических моделей, схема вычислительного эксперимента, верификация результатов моделирования.
2	Сложные системы: концепции построения и реализации моделей.	Математическое моделирование и системный анализ. Понятие системы. Атрибуты системы. Сложная система. Задачи, возникающие при исследовании систем. Системный подход при решении задач проектирования и реализации моделирующих систем. Классификация методов описания сложных систем в системном анализе. Языки концептуального моделирования систем. Классификация математических моделей систем. Статические и динамические модели систем, дискретные и непрерывные.
3	Обзор современного специализированного программного обеспечения для моделирования систем.	Обзор методов, используемых для моделирования процессов и явлений. Методология математического моделирования и МКЭ. МКЭ как математический аппарат реализации моделей систем. Средства визуального моделирования сложных динамических систем. Конечно-элементные системы научных и инженерных расчетов. Возможности, сравнительная характеристика, особенности (PDE toolbox Matlab, ANSYS, FLEX PDE, NASTRAN, COMSOL MULTIPHYSICS). Пакет визуального моделирования COMSOL MULTIPHYSICS. Основные принципы работы с COMSOL: навигатор моделей, рабочая среда, задание областей, постановка задачи, инициализация краевых условий, генерация сетки, решение простейших задач, визуализация результатов, выражения и функции в COMSOL. Практическое моделирование в COMSOL, решение мультифизических задач. Связь с Matlab.
4	Стохастические модели.	Организация случайных блужданий. Методы Монте-Карло для решения прикладных задач. Модель броуновского движения. Модель Изинга. Модель финансовой системы.

5	Модели с элементами неопределенности.	Фракталы. Размерности. Фракталы в природе. Основы теории перколяции. Клеточный автомат. Нечеткие модели. Обзор основных классов моделей.
---	---------------------------------------	--

## 5.2. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Лабораторная работа № 1 «Разработка графического интерфейса пользователя для реализации математической модели в Matlab»	Лабораторные работы предполагают выполнение индивидуальных заданий по соответствующим темам дисциплины с использованием возможностей математических прикладных программ (ППП Matlab, ППП COMSOL MULTIPHYSICS). Лабораторные работы выполняются строго в соответствии с выданным преподавателем заданием и вариантом. Завершающим этапом выполнения работы является оформление отчета. Отчет оформляется каждым студентом в отдельной тетради. Отчет содержит: лист задания, раздел, содержащий теоретические основы соответствующего раздела курса, включая расчетные формулы основного метода и расчет погрешности метода, раздел, содержащий описание программной реализации: листинг программного блока, раздел, содержащий описание результатов, полученных с использованием возможностей ППП Matlab или ППП COMSOL MULTIPHYSICS.
Лабораторная работа № 2 «Реализация детерминированных моделей в PDE toolbox ППП Matlab»	Лабораторные работы предполагают выполнение индивидуальных заданий по соответствующим темам дисциплины с использованием возможностей математических прикладных программ (ППП Matlab, ППП COMSOL MULTIPHYSICS). Лабораторные работы выполняются строго в соответствии с выданным преподавателем заданием и вариантом. Завершающим этапом выполнения работы является оформление отчета. Отчет оформляется каждым студентом в отдельной тетради. Отчет содержит: лист задания, раздел, содержащий теоретические основы соответствующего раздела курса, включая расчетные формулы основного метода и расчет погрешности метода, раздел, содержащий описание программной реализации: листинг программного блока, раздел, содержащий описание результатов, полученных с использованием возможностей ППП Matlab или ППП COMSOL MULTIPHYSICS.
Лабораторная работа № 3 «Система инженерного анализа COMSOL MULTIPHYSICS: решение прикладных задач МКЭ»	Лабораторные работы предполагают выполнение индивидуальных заданий по соответствующим темам дисциплины с использованием возможностей математических прикладных программ (ППП Matlab, ППП COMSOL MULTIPHYSICS). Лабораторные работы выполняются строго в соответствии с выданным преподавателем заданием и вариантом. Завершающим этапом выполнения

	<p>работы является оформление отчета. Отчет оформляется каждым студентом в отдельной тетради. Отчет содержит: лист задания, раздел, содержащий теоретические основы соответствующего раздела курса, включая расчетные формулы основного метода и расчет погрешности метода, раздел, содержащий описание программной реализации: листинг программного блока, раздел, содержащий описание результатов, полученных с использованием возможностей ППП Matlab или ППП COMSOL MULTIPHYSICS.</p>
Лабораторная работа № 4 «Моделирование стохастических процессов и систем»	<p>Лабораторные работы предполагают выполнение индивидуальных заданий по соответствующим темам дисциплины с использованием возможностей математических прикладных программ (ППП Matlab, ППП COMSOL MULTIPHYSICS). Лабораторные работы выполняются строго в соответствии с выданным преподавателем заданием и вариантом. Завершающим этапом выполнения работы является оформление отчета. Отчет оформляется каждым студентом в отдельной тетради. Отчет содержит: лист задания, раздел, содержащий теоретические основы соответствующего раздела курса, включая расчетные формулы основного метода и расчет погрешности метода, раздел, содержащий описание программной реализации: листинг программного блока, раздел, содержащий описание результатов, полученных с использованием возможностей ППП Matlab или ППП COMSOL MULTIPHYSICS.</p>
Лабораторная работа № 5 «Моделирование систем с элементами неопределенности (фракталы, перколяция, клеточный автомат, нечеткая модель)»	<p>Лабораторные работы предполагают выполнение индивидуальных заданий по соответствующим темам дисциплины с использованием возможностей математических прикладных программ (ППП Matlab, ППП COMSOL MULTIPHYSICS). Лабораторные работы выполняются строго в соответствии с выданным преподавателем заданием и вариантом. Завершающим этапом выполнения работы является оформление отчета. Отчет оформляется каждым студентом в отдельной тетради. Отчет содержит: лист задания, раздел, содержащий теоретические основы соответствующего раздела курса, включая расчетные формулы основного метода и расчет погрешности метода, раздел, содержащий описание программной реализации: листинг программного блока, раздел, содержащий описание результатов, полученных с использованием возможностей ППП Matlab или ППП COMSOL MULTIPHYSICS.</p>

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических
-------	-----------------------------	---------------------------	------------------------------



			часах
1	Введение. Общие вопросы методологии математического и компьютерного моделирования.	Самостоятельная работа по теме лабораторной работы. Самостоятельная работа по теме курсового проекта.	20
2	Сложные системы: концепции построения и реализации моделей.	Самостоятельная работа по теме лабораторной работы. Самостоятельная работа по теме курсового проекта.	20
3	Обзор современного специализированного программного обеспечения для моделирования систем.	Самостоятельная работа по теме лабораторной работы. Самостоятельная работа по теме курсового проекта.	20
4	Стохастические модели.	Самостоятельная работа по теме лабораторной работы. Самостоятельная работа по теме курсового проекта.	20
5	Модели с элементами неопределенности.	Самостоятельная работа по теме лабораторной работы. Самостоятельная работа по теме курсового проекта.	63

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02 – «Прикладная математика и информатика» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При преподавании дисциплины «Математическое и компьютерное моделирование сложных систем» используются как традиционные (лекция, проблемная лекция, лекция-семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, семинар-дискуссия, «мозговой штурм», «метод проектов», возможно использование ресурсов сети Internet и электронных учебников). Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения. Лабораторные занятия проводятся с использованием активных и интерактивных форм обучения.

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Математическое и компьютерное моделирование сложных систем».

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения лекционных и лабораторных занятий посредством устного опроса по контрольным вопросам соответствующего раздела, а также проверки отчетов по лабораторным работам. Промежуточный контроль осуществляется два раза в семестр в виде подведения итогов сдачи текущих лабораторных работ. Промежуточный контроль осуществляется после успешного прохождения студентами текущего контроля в виде экзамена. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и для промежуточной аттестации: балльно-

рейтинговая система оценки знаний учащихся.

Курсовой проект выполняется по теме, предложенной преподавателем. Общее направление и тематика курсового проекта определяются индивидуально для каждого студента. Предложенная тема может быть заменена на другую тему или модифицирована только по согласованию с преподавателем, ведущим дисциплину.

При предложении студентом собственной тематики он предъявляет не только формулировку, но и математическую постановку задачи, отвечающую требованию корректности и соответствующую по сложности приведенным ниже вариантам заданий. Тема курсового проекта может быть косвенным или прямым образом связана с тематикой магистерской диссертации. Конкретная тема курсового проекта формулируется студентом индивидуально и утверждается в срок до 15 сентября текущего учебного семестра. Далее, как правило, тема изменению не подлежит.

Тема курсового проекта должна отражать специфику: постановки прикладной задачи, метода ее решения и реализации математической модели с использованием инструментальных средств математических пакетов. Исходя из целей и задач курсового проектирования по дисциплине «Математическое и компьютерное моделирование сложных систем» рекомендуются следующие формулировки тем курсовых проектов: «Решение прикладной задачи ...: моделирование в средах Matlab-COMSOL», «Моделирование процесса...: реализация в пакетах Matlab- FlexPDE», «Конечно- элементное моделирование .... в ...: реализация в ППП Matlab», «Использование инструментария пакета COMSOL Multiphysics... для моделирования процесса ...», «Проектирование и реализация модели ... в среде ...», «Сеточное решение задачи моделирования ... в среде ...», «Моделирование ... характеристик процесса ... на основе сеточных методов», «Решение задачи ... с использованием программных инструментов» и т.п.

Примерные тематики курсовых проектов:

- математическое моделирование процесса теплопроводности с учетом запаздывания по времени;
- моделирование стационарной теплопроводности при воздействии на объект сосредоточенного источника;
- сеточное моделирование процесса нестационарной теплопроводности твердотельных сред;
- компьютерное моделирование стационарной теплопроводности в условиях конвективного теплообмена;
- моделирование стационарной теплопроводности для сред с нелинейными теплофизическими характеристиками;
- моделирование нелинейных волновых процессов;
- моделирование процессов типа «реакция-диффузия-конвекция»;
- математическое моделирование динамики процесса теплопроводности в сплошной среде;
- математическое моделирование распределения потенциала поля, созданного системой зарядов;
- численное решение одного класса модельных задач теории упругости;
- модельное решение задач электростатики;
- решение прикладных задач в постановке уравнений с частными производными для областей с криволинейными границами.

Экзамен сдается в конце учебного семестра. Форма сдачи экзамена – письменная. Необходимым условием допуска на экзамен является сдача всех лабораторных работ. Экзаменационный билет содержит теоретические вопросы и кейс- задание. Экзамен проходит в письменной форме с последующей индивидуальной беседой преподавателя с экзаменуемым. На письменную работу над билетом отводится 2 акад. часа.

Критерии оценки экзамена. Каждый пункт оценен определенным количеством баллов, до начала экзамена преподаватель озвучивает и отображает на доске шкалу перевода баллов в традиционную пятибалльную оценку. При изложении ответа на вопрос

студент должен дать развернутые ответы на теоретические вопросы. Студент должен продемонстрировать ориентацию в материале, глубину знаний, междисциплинарные связи, владение специальными знаниями согласно программному материалу.

Итоговая оценка выставляется студенту с учетом общего рейтинга по дисциплине и набранных за семестр баллов, включая баллы за посещение занятий.

Учебно- методическое обеспечение самостоятельной работы студентов: основная и дополнительная литература, официальные ресурсы сети Internet, установленное в вузе программное обеспечение.

Примерные вопросы к экзамену:

1. Понятие модели, свойства моделей, цели моделирования.
2. Общие принципы построения математических моделей. Классификация моделей.
3. Схема вычислительного эксперимента, верификация результатов моделирования.
4. Принципы моделирования. Примеры математических моделей физических систем.
5. Моделирование и системный анализ. Сложные системы.
6. Обзор методов, используемых для моделирования процессов и явлений. Методология математического моделирования и МКЭ. МКЭ как математический аппарат реализации моделей систем.
7. Детерминированные модели, описываемые дифференциальными уравнениями.
8. Пакеты прикладных программ конечно- элементного моделирования сложных систем: возможности, сравнительная характеристика, особенности (Характеристика пакета COMSOL).
9. Основы метода конечных элементов. Система базисных и весовых функций. Конечно-элементная аппроксимация решений дифференциальных уравнений.
10. Метод Монте- Карло как метод моделирования стохастических явлений и процессов.
11. Модели фрактальных систем и процессов (фрактал и фрактальная размерность).
12. Основные понятия теории перколяции.
13. Основы нечеткого моделирования.
14. Клеточный автомат.

## **9. УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) литература

- 1 Данилов, А. М. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. М. Данилов, И. А. Гарькина, Э. Р. Домке. — Электрон. текстовые данные. — Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ЭБС АСВ, 2011. — 296 с. — 978-5-9282-0733-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23100.html>
- 2 Нерсисянц, А. А. Имитационное моделирование инфокоммуникационных сетей и устройств : учебное пособие / А. А. Нерсисянц. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 113 с. — ISBN 978-5-4497-1708-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/122222.html>
- 3 Численные методы: использование инструментальных средств и реализация алгоритмов на базе ППП MATLAB [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Масловская, А. В. Павельчук ; АмГУ, ФМиИ. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2016. - 212 с. [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7430.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7430.pdf)
- 4 Павловский, Юрий Николаевич. Имитационное моделирование [Текст] : учеб. пособие: доп. НМС / Ю. Н. Павловский, Н. В. Белотелов, Ю. И. Бродский. - М. : Академия, 2008. - 236 с.
- 5 Сырецкий Г.А. Моделирование систем. Часть 3 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.А. Сырецкий. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 95 с. — 978-5-7782-1734-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44964.html>
- 6 Масловская А.Г. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: методические рекомендации к выполнению курсовой работы / А.Г.

Масловская – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017. – 40 с. Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7697.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7697.pdf)

7. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем : сб. учеб.-метод. материалов для направления подготовки 01.04.02 «Приклад. математика и информатика»/ АмГУ, ФМиИ; сост. А. Г. Масловская. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 18 с. Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7911.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7911.pdf)

8. Масловская А.Г. Аппроксимация функций в задачах обработки экспериментальных данных [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Масловская ; Амур. гос. ун-т, Фак. математики и информатики, Каф. мат. анализа и моделирования. - Благовещенск : АмГУ, 2021. - 20 с. [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/11701.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/11701.pdf)

9. Масловская А.Г. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Масловская ; Амур. гос. ун-т, Фак. математики и информатики, Каф. мат. анализа и моделирования. - Благовещенск : АмГУ, 2021. - 47 с. [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/11700.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/11700.pdf)

10. Масловская А.Г., Мороз Л.И. Математическое и компьютерное моделирование: специальные главы [Электронный ресурс] : практикум: Часть I: Моделирование в условиях неопределенности. Моделирование фрактальных структур: для направления подготовки 01.04.02 "Приклад. математика и информатика" / АмГУ, ФМиИ ; сост.: А. Г. Масловская, Л. И. Мороз. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2019. - 72 с. [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/11278.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/11278.pdf)

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	MATLAB+SIMULINK	Academic classroom 25 по договору №2013.199430/949 от 20.11.2013.
2	Comsol Multiphysics	Лицензия на учебный класс по сублицензионному договору №20/15/230 т 16.12.2015.
3	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU- это крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 14 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 2200 российских научно-технических журналов, в том числе более 1100 журналов в открытом доступе.
4	<a href="http://www.mathnet.ru/">http://www.mathnet.ru/</a>	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru – это современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России. Библиотека ряда рецензируемых периодических изданий по математическому и естественно-научному направлениям, гибкий интерфейс, удобная поисковая система, дополнительные ресурсы. Открыт свободный доступ к полным текстам статей журналов Академиздатцентра "Наука" РАН. Доступ

		предоставляется по прошествии трех лет с момента выхода соответствующего номера журнала.
5	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>	Электронно-библиотечная система IPRbooks – научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования.
6	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>	Цель издательства Юрайт – предоставление преподавателям и учащимся качественного образовательного контента. ЭБС Юрайт – это сайт для поиска изданий и доступа к тексту издания в отсутствие традиционной печатной книги. Для удобства навигации по электронной библиотеке издания сгруппированы в каталог по тематическому принципу. Пользователям доступны различные сервисы для отбора изданий и обеспечения с их помощью комфортного учебного процесса. Время пользования и количество пользователей не ограничено.
7	<a href="http://lanbook.com/">http://lanbook.com/</a>	Ресурс, включающий в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. <a href="http://exponenta.ru/">http://exponenta.ru/</a> Имеются ресурсы: Internet- класс по Высшей Математике; работа с примерами, решенными в средах ППП; банк решенных студенческих задач; обсуждение на форуме.

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	<a href="https://www.runnet.ru">https://www.runnet.ru</a>	RUNNet (RussianUNiversityNetwork) – научно-образовательная телекоммуникационная сеть, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (NationalResearchandEducationNetworks, NREN) и с Интернет.
2	<a href="http://www.ict.edu.ru/about">http://www.ict.edu.ru/about</a>	Информационно- коммуникационные технологии в образовании – федеральный образовательный портал, обеспечивающий информационную поддержку образования в области современных информационных и телекоммуникационных технологий, а также деятельности по применению ИКТ в сфере образования.
3	<a href="https://reestr.minsvyaz.ru">https://reestr.minsvyaz.ru</a>	Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных
4	<a href="http://www.informika.ru">http://www.informika.ru</a>	Сайт «Информика». Обеспечивает информационную поддержку всестороннего развития и продвижения

		новых информационных технологий в сферах образования и науки России <a href="http://www.mathnet.ru/">http://www.mathnet.ru/</a> Math- Net.Ru. Общероссийский математический портал. Современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России.
5	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно- аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
6	<a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>	GoogleScholar — поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.

#### **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно- библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

На занятиях применяется следующее техническое оборудование: ПЭВМ на базе процессора Intel Pentium, проектор. Лекции проводятся в стандартной аудитории, оснащенной в соответствии с требованиями преподавания теоретических дисциплин, включая мультимедиа-проектор. Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе, рассчитанном на 10 посадочных рабочих мест пользователей, в котором установлен и применяется ППП Matlab и ППП COMSOL MULTIPHYSICS. Данное оборудование и программное обеспечение применяется при изучении дисциплины.