

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Мурманский арктический государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «МАГУ»)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**К.М.01.07 Математическое моделирование**

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

**основной профессиональной образовательной программы  
по направлению подготовки**

**01.03.02 Прикладная математика и информатика  
направленность (профиль) Управление данными и машинное обучение**

(код и наименование направления подготовки  
с указанием направленности (наименования магистерской программы))

**высшее образование – бакалавриат**

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование –  
специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

**бакалавр**

квалификация

**очная**

форма обучения

**2021**

год набора

**Составитель(и):**

Гомонов Александр Дмитриевич,  
к.т.н., доцент кафедры МФиИТ

Утверждено на заседании кафедры  
математики, физики и информационных  
технологий факультета  
математических и естественных наук  
(протокол № 07 от 12.04.2021)

Переутверждено на заседании кафедры  
математики, физики и информационных  
технологий факультета  
математических и естественных наук  
(протокол № 09 от 02.07.2021)

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Лазарева И.М.  
подпись Ф.И.О.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

Сформировать у студентов представление об общих принципах, примерах современных подходов, программных реализаций в области математического моделирования.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:  
Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<b>ОПК-3:</b> Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Применяет математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности ОПК-3.2 Модифицирует математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности ОПК-3.3 Использует фундаментальные результаты математики при создании моделей в области профессиональных интересов	<i>Знать:</i> <ul style="list-style-type: none"><li>– признаки классификации математических моделей и соответствующие классы;</li><li>– свойства моделей и требования к ним;</li><li>– современные направления в развитии математического моделирования;</li><li>– физические законы сохранения и движения и соответствующие им уравнения для вещества (энергии);</li><li>– особенности применения математических моделей и методов в различных предметных областях;</li><li>– специфику агентно- и проблемно-ориентированного подходов в практике моделирования сложных динамических систем;</li><li>– стандарты и типовые требования, предъявляемые к симуляторам.</li></ul>
		<i>Уметь:</i> <ul style="list-style-type: none"><li>– анализировать устойчивость, чувствительность и адекватность моделей;</li><li>– выполнять декомпозицию математической модели и параметрическую идентификацию моделей, получать результат моделирования на основе выходов ансамбля моделей;</li><li>– профессионально и творчески подходить к спецификации моделей при решении прикладных задач;</li><li>– анализировать результаты вычислительных экспериментов;</li><li>– выполнять визуализацию имеющихся данных;</li><li>– строить структурные и функциональные схемы моделей;</li><li>– ставить и решать задачи статистического и имитационного моделирования;</li><li>– строить фазовый портрет автономной динамической системы;</li><li>– выполнять дискретизацию непрерывной области исследования в соответствии с имеющимися данными;</li><li>– корректно совместно использовать экспериментальные данные различного типа и из различных источников для достижения целей моделирования;</li><li>– проводить исследования реальных систем с учётом разных масштабов времени и пространства;</li><li>– совместно использовать модели различных систем.</li></ul> <i>Владеть:</i> <ul style="list-style-type: none"><li>– графовыми и автоматными методами моделирования;</li><li>– численными методами для решения типовых задач в</li></ul>

		<p>рамках математического моделирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками планирования и проведения вычислительных экспериментов;</li> <li>– методами решения обратных задач математического моделирования; методами решения обыкновенных дифференциальных уравнений;</li> <li>– методами решения краевых задач математической физики;</li> <li>– навыками объектно-ориентированного подхода для программной реализации моделей и методов; различными системами координат и разностными сетками при выполнении дискретизации в задаче с непрерывным по пространству объектом исследования;</li> <li>– навыками работы с несколькими пакетами консольных утилит и/или графических инструментальных сред для моделирования изменчивости характеристик пространственно распределённых дискретных, непрерывных или непрерывных событийно-управляемых систем;</li> <li>– навыками постановки и решения задач моделирования в условиях большого объёма разнородной избыточной или недостаточной информации о многокомпонентных системах.</li> </ul>
--	--	--

### 3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к комплексному модулю «Математические методы» образовательной программы по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, направленность (профиль) Управление данными и машинное обучение.

### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц или 252 часа (из расчета 1 ЗЕ = 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕ	Общая трудоемкость (час)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС		Кол-во часов на контроль	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ			Общее количество часов на СРС	Из них – на курсовую работу		
4	7	7	252	30	50	–	80	22	145	–	27	Экзамен
<b>Итого</b>		<b>7</b>	<b>252</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>–</b>	<b>80</b>	<b>22</b>	<b>145</b>	<b>–</b>	<b>27</b>	<b>Экзамен</b>

Интерактивная форма реализуется в виде самостоятельных заданий на практических занятиях.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Кол-во часов на контроль
		ЛК	ПР	ЛБ				
1	Основы математического моделирования	8	12	–	20	6	20	–
2	Математические формализмы физических законов сохранения и движения	8	12	–	20	4	25	–
3	Моделирование изменчивости характеристик сплошных сред	4	6	–	10	4	30	–
4	Компьютерные технологии моделирования сложных динамических систем	6	14	–	20	4	40	–
5	Комплексные решения для моделирования многофакторных систем	4	6	–	10	4	30	–
	Экзамен							27
	<b>Итого:</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>–</b>	<b>80</b>	<b>22</b>	<b>145</b>	<b>27</b>

### Содержание дисциплины (разделов)

#### **Раздел 1. Основы математического моделирования**

Математические модели: свойства, классификационные признаки и классы; жизненный цикл математической модели, операции над математическими моделями. Вычислительный и компьютерный эксперимент: этапы планирования и осуществления. Прямая и обратная задачи математического моделирования. Регуляризация некорректных задач. Методы решения обратных задач. Имитационное моделирование (автоматный подход, клеточные автоматы, моделирование с помощью систем частиц). Статистическое моделирование (закон больших чисел, центральная предельная теорема, методы Монте-Карло). Численные методы: типовые задачи и свойства методов. Приложения обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем к задачам механики, электротехники, биологии, экономики. Фазовая плоскость и фазовый портрет динамической системы.

#### **Раздел 2. Математические формализмы физических законов сохранения и движения**

Общие принципы. Приложения дифференциальных уравнений в частных производных: краевые задачи математической физики. Уравнения статики и динамики: состояния, переноса вещества, преобразования энергии, непрерывности (неразрывности). Уравнения газо-, гидро-, флюидо-, электро-, термодинамики.

#### **Раздел 3. Моделирование изменчивости характеристик сплошных сред**

Дискретизация. Источники данных: проблемы совместного использования данных контактных измерений и дистанционное зондирование. Учёт факторов процессов для различных масштабов изменчивости (по времени, по пространству). Региональные и глобальные модели сложных динамических систем. Численные схемы: системы координат и разностные сетки. Способы комбинирования сеток. Совместные двухкомпонентные модели систем (океан-атмосфера, суша-море, ионосфера-ближний космос, литосфера-ионосфера и др.).

#### **Раздел 4. Компьютерные технологии моделирования сложных динамических систем**

Объектно-ориентированный подход в разработке программной инфраструктуры для моделирования и осуществления многовариантных компьютерных экспериментов. Агентно-ориентированный подход в имитационном моделировании. Проблемно-ориентированные языки программирования, пакеты консольных программ и графические инструментальные среды (среды визуального моделирования) для моделирования динамических систем. Стандарты для симуляторов CSSL. Моделирование гибридных (непрерывных событийно-управляемых) систем. Примеры программных реализаций моделей динамических систем: циркуляции океана (атмосферы), изменчивости структуры и численности биоты, функционирования сетей

городской инфраструктуры, транспортировки и потребления источников энергии, конкурентного поведения агентов социально-экономических процессов и т.д.)

## **Раздел 5. Комплексные решения для моделирования многокомпонентных систем**

Математическое обеспечение и программные продукты поддержки принятия управленческих решений. Концепции управления социально-экономическим развитием региона, изменчивости больших морских экосистем, морского пространственного планирования и т.д.)

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **Основная литература:**

1. Горлач, Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация : учеб. пособие [Электронный ресурс] / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. – СПб : Лань, 2016. – 292 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74673>.
2. Плохотников, К.Э. Метод и искусство математического моделирования. Курс лекций : учеб. пособие [Электронный ресурс]. – М. : ФЛИНТА, 2012. – 518 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/44670>.
3. Computational Infrastructure for Geodynamics (Python) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://github.com/geodynamics>, свободный.

### **Дополнительная литература:**

4. Колесов, Ю.Б. Математическое моделирование гибридных динамических систем: учеб. пособие : учеб. пособие [Электронный ресурс] / Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сениченков. – СПб.: СПбГПУ, 2014. – 236 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64806>.
5. Математическое моделирование и исследование устойчивости биологических сообществ : учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.Ю. Александров [и др.]. – СПб. : Лань, 2017. – 272 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91912>.
6. Михайлов, Г. А. Методы Монте-Карло : Расширенный лекционный курс. Новосибирский государственный университет [Электронный ресурс] / Г. А. Михайлов, А. В. Войтишек. Режим доступа: <http://mmf.nsu.ru/sites/default/files/mikhailovga-voytishekav-monte-carlo-methods-advanced-course.pdf>, свободный.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В образовательном процессе используются:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная мебель, перечень технических средств обучения - ПК, оборудование для демонстрации презентаций, наглядные пособия);
- компьютерный класс для проведения занятий лабораторного (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная мебель, перечень технических средств обучения - ПК, оборудование для демонстрации презентаций, наглядные пособия);
- помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета).
- Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

### **7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ:**

- 7.1.1. Лицензионное программное обеспечение отечественного производства: не требуется.
- 7.1.2. Лицензионное программное обеспечение зарубежного производства: текстовый процессор Microsoft Word.
- 7.1.3. Свободно распространяемое программное обеспечение отечественного производства: не требуется.

7.1.4. Свободно распространяемое программное обеспечение зарубежного производства: просмотрщик pdf-документов (Adobe Acrobat Reader, Foxit Reader или другой по выбору), Интернет-браузер, Python 3.6 Anaconda, RStudio.

## **7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ:**

- ЭБС «Издательство Лань» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;
- ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>

## **7.3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ:**

- Информационно-аналитическая система SCIENCE INDEX
- Электронная база данных Scopus
- Базы данных компании CLARIVATE ANALYTICS

## **7.4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ:**

- Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>
- ООО «Современные медиа технологии в образовании и культуре» <http://www.informio.ru/>

## **8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ.**

Не предусмотрено.

## **9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ.**

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.