

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.01.08 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) **Системное программирование и компьютерные технологии**

(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

2023

год набора

Составитель(и):

Левитес Вера Владимировна,
канд. пед. наук,
декан факультета МиЕН

Утверждено на заседании кафедры
математики, физики и информационных
технологий факультета
математических и естественных наук
(протокол № 07 от 02.03.2023)

Зав. кафедрой  Ляш О.И.

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

		<p>рамках математического моделирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками планирования и проведения вычислительных экспериментов; – методами решения обратных задач математического моделирования; методами решения обыкновенных дифференциальных уравнений; – методами решения краевых задач математической физики; – 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; – 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; – навыками постановки и решения задач моделирования в условиях большого объёма разнородной избыточной или недостаточной информации о многокомпонентных системах.
--	--	--

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) «Системное программирование и компьютерные технологии».

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 (часов)	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	28	48	–	76	20	149	–	27	Экзамен
Итого		7	252	28	48	–	76	20	149	–	27	Экзамен

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	6	10	–	16	4	24	–
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
	Итого:	28	48	–	80	20	149	27

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.