

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Факультет компьютерных систем и информационных технологий
Кафедра прикладной математики



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета компьютерных систем и информационных технологий

Кочевский А. А.

» август 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Математическое моделирование физических систем»

по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика
магистерская программа «Математическое моделирование сложных систем»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Математическое моделирование физических систем» по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика. – 12 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Математическое моделирование физических систем» составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 года № 13 (с изменениями и дополнениями), зарегистрированного в Министерстве юстиции Российской Федерации 06 февраля 2018 года за № 49939, учебного плана по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, (магистерская программа «Математическое моделирование сложных систем») и Положения о рабочей программе учебной дисциплины в ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля».

СОСТАВИТЕЛЬ

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики Малый Д. В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры прикладной математики

18 апреля 2023 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой прикладной математики _____ Малый В. В.

Переутверждена: «___» _____ 20__ г., протокол № _____

Согласована:

Декан факультета компьютерных систем и информационных технологий _____ Кочевский А. А.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий

19 апреля 2023 г., протокол № 8

Председатель учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий _____ Ветрова Н. Н.

© Малый Д. В., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – формирование у студентов навыков построения адекватных математических моделей физических объектов на основе универсальных методологических подходов; формирование навыков исследования математических моделей с помощью численного эксперимента.

Задачи: ознакомление с основными принципами применения математических методов и моделей; овладение основными принципами по организации, планированию и реализации эксперимента; приобретение навыков интерпретации результатов эксперимента.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Математическое моделирование физических систем» входит в блок дисциплин части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Математический анализ»; «Уравнение математической физики»; «Теория функций комплексного переменного»; «Общая теория рядов Фурье», «Алгебра и геометрия»; «Случайные процессы»; «Дискретные и вероятностные модели» и служит основой для освоения дисциплин: используется при подготовке магистерской диссертации.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Студенты, завершившие изучение дисциплины «Математическое моделирование физических систем», должны

знать: основные принципы математического моделирования физических объектов.

уметь: применять методы построения и исследования математических моделей физических объектов для решения естественно-научных и технических задач, использовать полученные результаты в реальных тематических и исследовательских ситуациях.

владеть навыками: применения.

Перечисленные результаты образования являются основой для формирования следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы (ОПОП ВО):

профессиональных:

ПК-1 способен обеспечить математическое и компьютерное моделирование сложных систем и процессов

ПК-3 способен публично представлять собственные и известные научные результаты

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (з.е.)		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Объем учебной дисциплины (всего)	216 (6 з.е.)	216 (6 з.е.)	-
Обязательная аудиторная учебная нагрузка дисциплины (всего) в том числе:			-
Лекции	30	16	-
Семинарские занятия	-	-	-
Практические занятия	30	16	-
Лабораторные работы	-	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-	-
Индивидуальное задание	36	36	-
Самостоятельная работа студента (всего)	156	184	-
Форма аттестации	зачет, экзамен	зачет, экзамен	-

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Моделирование как метод познания.

Роль математических методов и моделей в познании и научном объяснении явлений и процессов реального физического мира. Закон, закономерность и модель в современной науке. Цели и задачи моделирования.

Понятие модели. Натурные и абстрактные модели. Классификация абстрактных моделей.

Компьютерные модели.

Моделирование в физике и физико-технических науках.

Тема 2. Основные понятия математического моделирования.

Понятие “математическая модель”. Различные подходы к классификации математических моделей. Характеристики моделируемого явления. Уравнения математической модели. Внешние и внутренние характеристики математической модели. Замкнутые математические модели.

Тема 3. Примеры математических моделей в физике. Получение моделей из фундаментальных законов природы.

Сохранение массы и вещества:

Поток частиц в трубе. Основные предположения о гравитационном режиме течения грунтовых вод. Баланс массы в элементе грунта. Замыкание закона сохранения массы. Некоторые свойства уравнения Буссинеска.

Сохранение энергии:

Основные сведения о процессах теплопередачи. Вывод закона Фурье из молекулярно-кинетических представлений. Уравнение

баланса тепла. Постановка типичных краевых условий для уравнения теплопроводности. Особенности уравнений теплопроводности.

Сохранение числа частиц:

Основные понятия теории теплового излучения. Уравнение баланса числа фотонов в среде. Некоторые свойства уравнения переноса излучения.

Совместное применение нескольких фундаментальных законов:

Предварительные понятия газовой динамики. Уравнение неразрывности для сжимаемого газа. Уравнения движения газа. Уравнение энергии. Уравнения газовой динамики в лагранжевых координатах. Краевые условия для уравнений газовой динамики. Особенности моделей газовой динамики.

Тема 4. Технология математического моделирования и его этапы.

Составление модели. Проверка замкнутости модели.

Идентификация модели. Системы измерения и наблюдаемость модели относительно системы измерения.

Разработка процедуры вычисления внутренних характеристик модели. Численный эксперимент.

Переход к дискретным моделям:

Необходимость численного моделирования, элементарные понятия теории разностных схем. Непосредственная формальная аппроксимация. Интегро-интерполяционный метод. Принцип полной консервативности. Построение разностных схем с помощью вариационных принципов. Использование иерархического подхода к получению дискретных моделей.

Верификация и эксплуатация модели.

Тема 5. Построение моделей на основе вариационных принципов и иерархии моделей.

Уравнения движения, вариационные принципы и законы сохранения в механике:

Уравнения движения механической системы в форме Ньютона.

Уравнения движения в форме Лагранжа. Вариационный принцип Гамильтона. Законы сохранения и свойства пространства-времени.

Модели некоторых механических систем:

Маятник на свободной подвеске. Непотенциальные колебания.

Малые колебания струны. Электромеханическая аналогия.

Уравнение Больцмана и производные от него:

Описание совокупности частиц с помощью функции распределения. Уравнение Больцмана для функции распределения.

Распределение Максвелла и H -теорема. Уравнения для моментов функции распределения. Цепочка гидродинамических моделей газа.

Исследование математических моделей.

Тема 6.

Применение методов подобия:

Анализ размерностей и групповой анализ моделей. Автомодельные (самоподобные) процессы. Различные режимы распространения возмущений в нелинейных средах.

Принцип максимума в теории сравнения:

Формулировка, некоторые следствия. Классификация режимов с обострением. Расширение «автомодельного метода».

Метод осреднения:

Локализованные структуры в нелинейных средах. Различные способы осреднения. Классификация режимов горения теплопроводной среды.

Тема 7. Математическое моделирование сложных объектов.

Задачи технологии и экологии:

Физически «безопасный ядерный реактор. Гидрологический «барьер» против загрязнения грунтовых вод. Сложные режимы обтекания тел газом. Экологически приемлемые технологии сжигания углеводородных топлив.

Фундаментальные проблемы естествознания:

Нелинейные эффекты в лазерной термоядерной плазме.

Математическая реставрация Тунгусского феномена.

Климатические последствия ядерного конфликта.

Магнитогидродинамическое «динамо» Солнца.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Семестр 2		14		
Тема 1.	Моделирование как метод познания	2	2	
Тема 2.	Основные понятия математического моделирования.	4	2	-
Тема 3.	Примеры математических моделей в физике. Получение моделей из фундаментальных законов природы.	4	2	-
Тема 4.	Технология математического моделирования и его этапы.	4	2	-
Семестр 3		16		
Тема 5.	Построение моделей на основе вариационных принципов и иерархии моделей.	6	2	-
Тема 6.	Исследование математических моделей.	4	2	-
Тема 7.	Математическое моделирование сложных объектов.	6	4	-
Итого:		30	16	-

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Семестр 2		14		
Тема 1.	Моделирование как метод познания	2	2	
Тема 2.	Основные понятия математического моделирования.	4	2	-
Тема 3.	Примеры математических моделей в физике. Получение моделей из фундаментальных законов природы.	4	2	-
Тема 4.	Технология математического моделирования и его этапы.	4	2	-
Семестр 3		16		
Тема 5.	Построение моделей на основе вариационных принципов и иерархии моделей.	6	2	-
Тема 6.	Исследование математических моделей.	4	2	-
Тема 7.	Математическое моделирование сложных объектов.	6	4	-
Итого:		30	16	-

4.5. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Семестр 2			44		
Тема 1.	Моделирование как метод познания	изучение теоретического курса; выполнение индивидуального задания	11	14	-
Тема 2.	Основные понятия математического моделирования.	изучение теоретического курса; выполнение индивидуального задания	11	14	-
Тема 3.	Примеры математических моделей в физике. Получение моделей из фундаментальных законов природы.	изучение теоретического курса; выполнение индивидуального задания	11	14	-
Тема 4.	Технология математического моделирования и его этапы.	изучение теоретического курса; выполнение индивидуального задания	11	14	
Семестр 3			112		
Тема 5.	Построение моделей на основе	изучение теоретического курса; выполнение	36	40	-

	вариационных принципов и иерархии моделей.	индивидуального задания; подготовка к экзамену			
Тема 6.	Исследование математических моделей.	изучение теоретического курса; выполнение индивидуального задания; подготовка к экзамену	36	40	-
Тема 7.	Математическое моделирование сложных объектов.	изучение теоретического курса; выполнение индивидуального задания; подготовка к экзамену	40	48	-
Итого:			156	184	-

4.7. Курсовые работы/проекты

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

– традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

– технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

– технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

– технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

– технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

– технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования

– технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором или преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине, в следующих формах:

- фронтальные и индивидуальные опросы;
- защита индивидуальных заданий.

Фонды оценочных средств, включающие типовые индивидуальные задания, контрольные работы, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме:

письменного экзамена, включающего теоретические вопросы и практические задания. В случае неполного, спорного или некорректного выполнения задания письменного экзамена, допускается уточняющий устный опрос студента, на основании которого возможна корректировка оценки результатов промежуточной аттестации. Допуск к промежуточной аттестации производится на основании положительных результатов по всем формам текущего контроля;

зачета (предполагает выполнение всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины).

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице.

Шкала оценивания	Характеристика знания предмета и ответов	
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено

хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.	
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.	не зачтено

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

Трусов, П. В. Введение в математическое моделирование: учеб. пособие / Под ред. П. В. Трусова - Москва : Логос, 2004. - 440 с. - ISBN 5-94010-272-7. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента".

Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / Самарский А. А., Михайлов А. П. - 2-е изд., испр. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 320 с. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента".

Маликов, Р. Ф. Основы математического моделирования: учебное пособие для вузов / Маликов Р. Ф. - Москва: Горячая линия - Телеком, 2010. - 368 с. - ISBN 978-5-9912-0123-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента".

Бычкова, Т. В. Математическое моделирование: учебное пособие для бакалавров очной и заочной формы обучения направлений подготовки 21. 03. 02 Землеустройство и кадастры, 20. 03. 02 Природообустройство и водопользование / Бычкова Т. В. - Брянск: Брянский ГАУ, 2019. - 102 с. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента".

Дуев, С. И. Решение задач математического моделирования в системе MathCAD : учебное пособие / Дуев С. И. - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 128 с. - ISBN 978-5-7882-2251-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента".

Дуреева, Н. С. Роль моделей в теории познания : учеб. пособие / Н. С. Дуреева, Р. Н. Галиахметов - Красноярск : СФУ, 2011. - 192 с. - ISBN 978-5-7638-2291-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента".

б) дополнительная литература:

Афифи, А. Статистический анализ: подход с использованием ЭВМ [Текст] / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.

Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах [Текст] / И.Л. Акулич. – М: Высшая школа, 1986. – 319 с.

Прицкер, А. Введение в имитационное моделирование [Текст] / А. Прицкер. – М.: Мир, 1987. – 644 с.

Розен, В.В. Математические модели принятия решений в экономике [Текст] / В.В. Ро-зен. – М.: Высшая школа, 2002. – 288 с.

Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование [Текст] / Ю.И. Рыжков. – СПб.: КОРОНА принт; М.: Альтекс-А, 2004. – 384 с.

Бегун, П.И. Моделирование в биомеханике [Текст] / П.И. Бегун, П.Н. Афонин. – М.: Высшая школа, 2004. – 390 с.

Орехов, Н.А. Математические методы и модели в экономике [Текст] / Н.А. Орехов, А.Г. Левин, Е.А. Горбунов. – М.: Юнити - ДАНА, 2004. – 302 с.

в) методические указания:

г) Интернет-ресурсы:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации – <https://minobrnauki.gov.ru/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/