

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1.	Кафедра	Математики, физики и информационных технологий
2.	Направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика
3.	Направленность (профиль)	Управление данными и машинное обучение
4.	Дисциплина (модуль)	К.М.01.07 Математическое моделирование
5.	Форма обучения	очная
6.	Год набора	2021

I. Методические рекомендации

1.1 Методические рекомендации по организации работы студентов во время проведения лекционных занятий

- В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации для практического занятия и указания для выполнения самостоятельной работы.
- В ходе лекционных занятий обучающемуся необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве.
- Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Рекомендуется активно задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

1.2 Методические указания к выполнению практических работ

- Практические работы сочетают элементы теоретического исследования и эмпирического познания. Выполняя практические работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, так как многие определения, казавшиеся отвлеченными, становятся вполне конкретными, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.
- Выполнение практических работ направлено на:
 - обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
 - формирование умений применять полученные знания в практической деятельности;
 - развитие аналитических, проектировочных, конструктивных умений;
 - выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.
- Форма организации обучающихся для проведения практического занятия – фронтальная, групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы.
- В ходе практических занятий реализуется интерактивная форма взаимодействия – в виде самостоятельных заданий.

- Результаты выполнения практической работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

1.3 Методические рекомендации к самостоятельной работе

- Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).
- Самостоятельная работа студентов (далее – СРС) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. СРС играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.
- К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом СРС играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.
- В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.
- Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. Они включают в себя:
 - изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, статистической, периодической и научной информации;
 - подготовку докладов и рефератов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ;
 - участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.
- Самостоятельная работа приобщает студентов к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.
- Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и лабораторных занятиях.

1.4 Методические рекомендации по решению тестовых заданий

- Тестовая система предусматривает вопросы/задания, на которые обучающийся должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность.
- При отсутствии какого-либо одного ответа на вопрос, предусматривающий множественный выбор, весь ответ считается неправильным.
- Ответы правильные выделяются в тесте подчеркиванием или любым другим допустимым символом.

1.5 Методические рекомендации по подготовке презентации

Алгоритм создания презентации:

- 1 этап – определение цели презентации
- 2 этап – подробное раскрытие информации,
- 3 этап – основные тезисы, выводы.

Следует использовать 10-15 слайдов. При этом:

- первый слайд – титульный, предназначен для размещения названия презентации, имени докладчика и его контактной информации;
- на втором слайде необходимо разместить содержание презентации, а также краткое описание основных вопросов;
- оставшиеся слайды имеют информативный характер.

Обычно подача информации осуществляется по плану: тезис – аргументация – вывод.

Требования к оформлению и представлению презентации:

- Читательность (видимость из самых дальних уголков помещения и с различных устройств), текст должен быть набран 24-30-ым шрифтом.
- Тщательно структурированная информация.
- Наличие коротких и лаконичных заголовков, маркированных и нумерованных списков.
- Каждому положению (идее) надо отвести отдельный абзац.
- Главную идею надо выложить в первой строке абзаца.
- Использовать табличные формы представления информации (диаграммы, схемы) для иллюстрации важнейших фактов, что даст возможность подать материал компактно и наглядно.
- Графика должна органично дополнять текст.
- Выступление с презентацией длится не более 10 минут.

1.6 Методические рекомендации по подготовке доклада

Алгоритм создания доклада:

- 1 этап – определение темы доклада
- 2 этап – определение цели доклада
- 3 этап – подробное раскрытие информации
- 4 этап – формулирование основных тезисов и выводов.

Требования к теме доклада:

Темы докладов формулируются таким образом, чтобы расширить знания студента о конкретном программном продукте или компьютерном устройстве, а также дать представление о возможности и использования в профессиональной деятельности, например:

1. Назначение и возможности редакторов трехмерной графики.
2. Сравнительный анализ возможностей текстовых процессоров пакетов MS Office и LibreOffice.
3. Обзор возможностей настольной издательской системы MS Publisher на примере создания информационного буклета
4. Сублимационная печать. Назначение, преимущества и недостатки.

Требования к оформлению доклада:

1. Объем доклада – 5 страниц (без титульного листа и списка источников).
2. Титульный лист должен быть оформлен по образцу (имеется файл с образцом).
3. Основной текст работы оформлен в соответствии с требованиями, указанными ниже.
4. В случае использования в тексте таблиц и/или рисунков на каждый объект должна быть ссылка в тексте работы. Например, «... основные виды программных средств представлены ниже (см. Таблица 1)» или «... схему передачи информации можно увидеть на рис. 1».
5. Количество источников должно быть не менее трех, на все должны быть ссылки внутри текста.
6. Список используемых источников должен быть оформлен в соответствии с требованиями, указанными ниже.

1.7 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена

- Экзамен осуществляется в рамках завершения изучения дисциплины (модуля) и позволяет определить качество усвоения изученного материала, а также степень сформированности компетенций.
- Студенты обязаны сдавать экзамен в строгом соответствии с утвержденными учебными планами, разработанными согласно образовательным стандартам высшего образования.
- По дисциплине экзамен принимается по билетам, содержащим два вопроса. Экзаменационные билеты утверждаются на заседании кафедры.
- Экзаменатору предоставляется право задавать студентам вопросы в рамках билета, а также, помимо теоретических вопросов, предлагать задачи практико-ориентированной направленности по программе данного курса.
- При явке на экзамен студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору в начале экзамена.
- Рекомендуются при подготовке к экзамену опираться на следующий план:
 1. Просмотреть программу курса, с целью выявления наиболее проблемных тем, вопросов, которые могут вызвать трудности при подготовке к экзамену.
 2. Темы необходимо изучать последовательно, внимательно обращая внимание на описание вопросов, которые раскрывают ее содержание. Начинать необходимо с первой темы.
 3. После работы над первой темой необходимо ответить на вопросы для самоконтроля и решить тестовые задания к ней. При этом для эффективного закрепления информации прорешать тест первый раз лучше без использования учебных материалов, второй раз с их использованием.
 4. И так далее по остальным темам.

II. Планы практических занятий

Практическая работа 1. Постановка и решение прямой и обратной задач математического моделирования.

Цель: рассмотреть реализацию решения прямой и обратной задач математического моделирования на примере задачи о баллистическом движении в вязкой среде.

Порядок выполнения работы:

1. Сформулировать прямую задачу.
2. Выполнить формализацию условия задачи, построить чертёж по условию. Записать физическую модель задачи.
3. Подумать, какие параметры не могут быть получены в результате прямых измерений. Сформулировать обратную задачу.
4. Используя второй закон Ньютона, записать уравнение движения в векторном виде.
5. Перейти к записи закона в проекциях на координатные оси.
6. Проанализировать полученную систему уравнений и сделать вывод, имеет ли она точное решение.
7. Преобразовать систему уравнений к виду, пригодному для использования численного метода Рунге-Кутты.
8. Записать математическую модель прямой задачи и охарактеризовать метод её решения.
9. Протабулировать значения модельных выходных характеристик с постоянным шагом по времени.
10. Используя полученную таблицу значений, решить обратную задачу двумя способами: как задачи безусловной минимизации нормы вектора невязки (одним из методов 1 первого порядка) и как задачи о решении СЛАУ (метод Ньютона-Гаусса и сингулярный анализ).
11. Сделать выводы о специфике решения прямой и обратной задач математического моделирования, используя теоретические сведения и результаты расчётов для рассмотренной задачи.

Литература: [1], [2], [3].

Практическая работа 2. Проектирование программной инфраструктуры

многовариантного вычислительного эксперимента.

Цель: создать диаграммы UML, характеризующие процесс проведения многовариантных экспериментов при решении задач вычислительной математики средствами объектно-ориентированного проектирования (программирования).

Порядок выполнения работы:

1. Выбрать задачу для численного исследования (см. Приложение или свой вариант по согласованию с преподавателем). Предполагая несколько методов решения, ввести функционал и критерий качества для выбора лучшего из методов по результатам вычислительных экспериментов в ходе решения задачи.
2. Выбрать три численных метода, которые позволяют построить приближённое решение задачи (см. Приложение или свой вариант по согласованию с преподавателем).
3. Считая, что решение выполняется программно в режиме консоли, выбрать формат и продумать структуру файла исходных данных, конфигурационного файла со значениями параметров методов, представление и хранения выходных данных (текстовый файл, файл изображения, таблица XLS и т.д.).
4. Описать сущности, ввести классы, перечислить их поля и методы, продумать иерархию наследования (с обязательным использованием абстрактного класса и интерфейсов).
5. Определить, какие связи между классами и экземплярами классов, а также какие паттерны проектирования могут быть использованы (отношения использования, зависимости, наследования, реализации, агрегации, композиции и т.д.; паттерны Одиночка, Посредник, Стратегия, Хранитель и т.д.).
6. Построить следующие диаграммы: прецедентов, классов, потоков данных и последовательности (Use Case, Class, Data Flow, Sequence diagrams). Используйте для построения Software Ideas Modeler (рекомендуется) или другое CASE-средство.

Рекомендуемые задачи и численные методы

1. Решение СЛАУ.

- 1.1. Метод простых итераций.
- 1.2. Метод Якоби.
- 1.3. Метод Зейделя.

2. Решение систем нелинейных уравнений.

- 2.1. Метод простых итераций.
- 2.2. Метод Зейделя.
- 2.3. Метод Ньютона.

3. Численное интегрирование (определённый интеграл).

- 3.1. Метод прямоугольников (какой-нибудь из трёх).
- 3.2. Метод трапеций.
- 3.3. Метод Симпсона.

4. Численное дифференцирование (производная n-го порядка).

- 4.1. Простейшие конечные разности.
- 4.2. Полиномиальные формулы.
- 4.3. Метод Рунге-Ромберга.

5. Решение задачи Коши для ОДУ.

- 5.1. Метод Пикара.
- 5.2. Метод ломаных.
Метод Рунге-Кутты.

6. Одномерная безусловная оптимизация (методы 0-го порядка).

- 6.1. Метод дихотомии.
- 6.2. Метод золотого сечения.
- 6.3. Метод Фибоначчи.

7. Одномерная безусловная оптимизация (методы 1 и 2 порядка).

- 7.1. Метод касательных.
- 7.2. Метод Ньютона-Рафсона.
- 7.3. Метод секущих.

8. Многомерная безусловная минимизация (методы 1-го порядка).

- 8.1. Метод покоординатного спуска.
- 8.2. Метод наискорейшего спуска.
- 8.3. Метод сопряжённых градиентов (или направлений – что нравится).

9. Многомерная безусловная минимизация.

- 9.1. Метод Ньютона.
- 9.2. Один из квазиньютоновских методов.
- 9.3. Метод Левенберга-Марквардта.

10. Многомерная условная минимизация

- 10.1. Метод неопределённых множителей Лагранжа.
- 10.2. Метод штрафных функций.
- 10.3. Смешанная стратегия (метод, основанный на двух предыдущих).

Литература: [1], [2], [3], [4].

Практическая работа 3. Методы Монте-Карло в задачах численного интегрирования (стохастическое моделирование в детерминированных задачах)

Цель: научиться использовать простейший и геометрический методы Монте-Карло для приближённого вычисления определённых интегралов.

Порядок выполнения работы:

1. Найти точное значение определённого интеграла вручную, используя известные методы нахождения первообразной.
2. Выбрать множитель в подынтегральном выражении, который можно интерпретировать как плотность распределения некоторой случайной величины (СВ).
3. Проверить корректность своего выбора.
4. Получить аналитическую запись функции распределения этой СВ.
5. По формуле разыгрывания случайной величины определить выражение, содержащее новую равномерно распределённую на промежутке $(0;1)$ СВ.
6. Подготовить в выбранной среде программирования генератор реализаций равномерно распределённой на промежутке $(0;1)$ СВ и процедуру пересчёта выражения, в котором используются генерируемые значения.
7. Найти выборочное среднее последовательности значений выражения, получаемых по сгенерированным реализациям СВ. Результат – приближённое значение интеграла.
8. Оценить погрешность расчётов: теоретическую (допустимую при выбранном уровне значимости) и реальную.

Литература: [1], [2], [3], [6].

Практическая работа 4. Математические модели в биологии: уравнение Мальтуса, уравнения Лоттки-Вольтерры.

Цель: научиться проводить исследование взаимодействующих биологических систем (популяций).

Порядок выполнения работы:

1. Познакомиться с биологической интерпретацией и формальной записью уравнений Мальтуса и Лоттки-Вольтерры.
2. Провести линеаризацию системы уравнений Лоттки-Вольтерры.
3. Аналитически получить решение системы уравнений Лоттки-Вольтерры.
4. Выбрать способ численного решения системы уравнений Лоттки-Вольтерры.
5. Построить фазовый портрет для решения системы уравнений Лоттки-Вольтерры средствами языка программирования.
6. Исследовать фазовые траектории и дать интерпретацию процессов, стартующих в различных точках фазовой плоскости.

Литература: [1], [5].

Практическая работа 5. Дифференциальные уравнения в частных производных. Численное решение краевых задач математической физики.

Цель: научиться точное аналитическое и приближённое решение одной из задач математической физики (на примере решения задачи о колебаниях струны – краевой задачи Дирихле для волнового уравнения в вязкой среде).

Порядок выполнения работы:

1. Познакомиться с типами дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка, методом Фурье для решения волнового уравнения.
2. Осуществить вывод уравнения и построение модели в виде краевой задачи по данным текстовой задачи предметной области.
3. Решить краевую задачу аналитически.
4. Проверить правильность решения краевой задачи.
5. Предложить численную схему табулирования функций, построить численное решение задачи.
6. Выполнить визуализацию решения – анимацию колебаний струны.

Литература: [1], [2], [3].

Практическая работа 6. Моделирование сплошных сред. Уравнение Навье-Стокса. Вычислительные задачи гидродинамики.

Цель: научиться решать простейшие численные задачи динамики сплошных сред (на примере задачи о ламинарном течении вязкой несжимаемой жидкости в трубе).

Порядок выполнения работы:

1. Познакомиться со средой ANSYS Workbench.
2. Создание эскиза в Design Modeler/
3. Выбор поверхности, трёхмерной области, параметров сетки.
4. Внесение данных в решатель и задание свойств жидкости.
5. Задание начальных и граничных условий.
6. Выбор разностной схемы решения.
7. Настройка критерия сходимости.
8. Визуализация поля векторов скоростей, изолиний модуля скорости, профиля скорости на выходе из канала.

Литература: [1], [5], [6].