

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения и
аэрокосмической техники

И.Г. Дроздов

«23» сентября 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Математические модели процессов транспорта и хранения
углеводородов»

Специальность 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии

Специализация Машины и оборудование для транспортировки, переработки
и хранения углеводородов

Квалификация выпускника Горный инженер (специалист)

Нормативный период обучения 5 лет и 6 м.

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2026

Автор программы
Заведующий кафедрой
Нефтегазового
оборудования и
транспортировки



Е.М. Оболонская

Руководитель ОПОП



С.Г. Валюхов



С.Г. Валюхов

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование у студента способности использовать математическое моделирование как инструмент для анализа, оптимизации и разработки рационализаторских предложений по совершенствованию процессов транспорта и хранения углеводородов.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Сформировать у студентов базовые знания и практические навыки по разработке и применению математических моделей для аналитического и численного анализа режимов функционирования сложных трубопроводных систем и оборудования.

Сформировать навыки использования результатов математического моделирования для обоснования, разработки и оформления рационализаторских предложений по оптимизации конструктивных параметров и технологических режимов работы оборудования.

Развить способности к решению прикладных и научно-исследовательских задач в нефтегазовой отрасли на основе комплексного анализа механизмов переноса в сложных средах с использованием физико-математического аппарата и прикладных программных продуктов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математические модели процессов транспорта и хранения углеводородов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математические модели процессов транспорта и хранения углеводородов» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

ПК-13 - Способен организовывать и координировать работу по развитию рационализаторских предложений и изобретательской деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-1	Знать методы постановки и анализа прикладных задач, различные варианты решения задач, их достоинства и недостатки
	Уметь грамотно, логично, аргументировано формировать собственные суждения и оценки при построении математических моделей.
	Владеть методами анализа задачи, выделяя ее базовые составляющие, методами определения и оценки практических последствий возможных решений задачи
ПК-13	Знать методы анализа технических систем; принципы формирования рационализаторских

	предложений; критерии технико-экономической эффективности; основы патентного права
	Уметь выявлять недостатки в существующих технических решениях; использовать математические модели и методы оптимизации для обоснования новых решений; оформлять документацию на рационализаторские предложения
	Владеть навыками проведения расчетно-аналитического обоснования эффективности предлагаемых решений на основе математического моделирования; методами сравнительного анализа технических решений

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математические модели процессов транспорта и хранения углеводородов» составляет 6 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	108	108
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	72	72
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	216	216
зач.ед.	6	6

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Моделирование как метод познания. Математические модели в нефтегазовой отрасли	Цели и задачи моделирования. Натурные и абстрактные модели. Классификация математических моделей. Моделирование в естественных и технических науках. Абстрактные модели и их классификация. Понятие «математическая модель». Различные подходы к классификации математических моделей. Характеристики моделируемого явления.	6	6	6	12	30

		Уравнения математической модели. Внешние и внутренние характеристики математической модели. Замкнутые математические модели. Примеры успешных рационализаторских решений в области транспорта углеводородов, основанных на математическом моделировании. Системный подход к анализу технических систем.					
2	Основы теории погрешностей и оценка достоверности результатов	Источники и классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Верные знаки, связь количества верных знаков и относительной погрешности. Правила округления и погрешность округления. Оценка погрешностей вычислений, возникающих в ЭВМ. Источники и составные части вычислительной ошибки. Априорные и апостериорные оценки ошибок в задачах вычислительного эксперимента. Оценки ошибок численного дифференцирования. Оценки ошибок для решений обыкновенных дифференциальных уравнений. Анализ чувствительности математических моделей к исходным данным. Критерии достоверности результатов.	6	6	6	12	30
3	Численные методы решения уравнений и систем уравнений	Отделение корней. Приближенное вычисление корня уравнения с заданной точностью методом половинного деления. Метод простой итерации численного решения уравнений. Условия сходимости итерационной последовательности. Практические схемы вычисления приближенного значения корня уравнения с заданной точностью методом простой итерации. Сходимость и устойчивость численного метода. Численные методы решения систем алгебраических уравнений. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Метод релаксации. Метод Гаусса. Метод LU-разложения. Решение систем линейных алгебраических уравнений с ленточными матрицами. Метод Ньютона решения систем нелинейных уравнений	6	6	6	12	30
4	Аппроксимация и интерполирование функций в инженерных расчетах	Метод наименьших квадратов. Аппроксимация функций конечным рядом Фурье. Линейная интерполяция. Кубические сплайны. Интерполяционный многочлен Лагранжа	6	6	6	12	30
5	Математические методы оптимизации и обоснование рационализаторских решений	Параметрическая оптимизация в проектировании. Определение экстремума аналитической целевой функции. Постановка задач оптимизации. Критерии оптимизации, формирование целевой функции в многокритериальной задаче оптимизации. Выбор управляемых параметров. Безусловная и условная оптимизация. Метод штрафных функций. Методы поиска экстремума целевой функции. Метод покоординатного спуска. Методы случайного поиска. Метод наискорейшего спуска. Метод регулярного симплекса. Метод	6	6	6	12	30

		деформируемого многогранника.					
6	Комплексный проект: разработка и обоснование рационализаторского предложения	Систематизация изученных методов. Алгоритм оформления рационализаторского предложения. Критерии оценки эффективности. Патентный поиск. Защита проекта.	6	6	6	12	30
Итого			36	36	36	72	180

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Построение и верификация математической модели гидравлической системы
2. Численный анализ и оптимизация параметров трубопроводной сети
3. Обработка экспериментальных данных и построение рабочих характеристик оборудования
4. Оптимизация режимных параметров технологического объекта
5. Сравнительный анализ эффективности технических решений
6. Разработка и оформление обоснования рационализаторского предложения

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре для очной формы обучения.

Тематика курсовых работ подбирается и формулируется выпускающей кафедрой с учетом возможностей и перспектив развития нефтегазового комплекса, текущих задач предприятий, проводимой студентами научной работы, и ежегодно может обновляться.

Примерная тематика курсовой работы:

1. Определение технологических потерь нефти в резервуаре
2. Оптимизация режима подогрева нефти на выходе из подогревательной станции
3. Моделирование и оценка последствий аварийного истечения жидкости из газопровода для планирования ремонтных работ
4. Моделирование и оценка последствий аварийного истечения жидкости из нефтепровода для планирования ремонтных работ
5. Расчет и пути минимизации выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации объектов газораспределительной системы
6. Моделирование процесса транспортировки углеводородов для анализа потерь энергии и выявления резервов экономии
7. Математическое моделирование работы системы "нефтепровод-насосная станция" для анализа ее устойчивости и эффективности
8. Математическое моделирование изменения объема трубопровода в зависимости от изменения температуры и давления
9. Математическое моделирование процесса течения нефти на самотечных участках в трубопроводе
10. Исследование влияния температурных деформаций трубопровода на его прочностные характеристики

11. Анализ зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от диаметра трубопровода и расхода для обоснования выбора рациональных режимов перекачки

12. Разработка математической модели центробежного нагнетателя для анализа его рабочих характеристик

13. Моделирование процесса последовательной перекачки нефтепродуктов с целью снижения потерь от смешения

14. Моделирование переходных процессов в газопроводах и процесса опорожнения участка газопровода

15. Математическое моделирование гидравлического удара на участке трубопровода

16. Анализ эффективности применения антитурбулентной присадки для увеличения пропускной способности трубопровода

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
УК-1	Знать методы постановки и анализа прикладных задач, различные варианты решения задач, их достоинства и недостатки	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь грамотно, логично, аргументировано формировать собственные суждения и оценки при построении математических моделей.	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами анализа задачи, выделяя ее базовые составляющие, методами определения и оценки практических последствий возможных решений задачи	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-13	Знать методы анализа технических систем; принципы формирования рационализаторских предложений; критерии технико-экономической эффективности; основы патентного права	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

Уметь выявлять недостатки в существующих технических решениях; использовать математические модели и методы оптимизации для обоснования новых решений; оформлять документацию на рационализаторские предложения	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
Владеть навыками проведения расчетно-аналитического обоснования эффективности предлагаемых решений на основе математического моделирования; методами сравнительного анализа технических решений	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
УК-1	Знать методы постановки и анализа прикладных задач, различные варианты решения задач, их достоинства и недостатки	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь грамотно, логично, аргументировано формировать собственные суждения и оценки при построении математических моделей.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть методами анализа задачи, выделяя ее базовые составляющие, методами определения и оценки практических последствий возможных решений задачи	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-13	Знать методы анализа технических систем; принципы формирования рационализаторских предложений; критерии технико-экономической эффективности; основы	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

патентного права						
Уметь выявлять недостатки в существующих технических решениях; использовать математические модели и методы оптимизации для обоснования новых решений; оформлять документацию на рационализаторские предложения	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	
Владеть навыками проведения расчетно-аналитического обоснования эффективности предлагаемых решений на основе математического моделирования; методами сравнительного анализа технических решений	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены	

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какой из перечисленных этапов является заключительным в цикле математического моделирования технической системы?

- а) Выбор численного метода для решения уравнений модели.
- б) Анализ результатов и выработка рекомендаций для принятия инженерного решения.**
- в) Проведение натурного эксперимента на реальном объекте.
- г) Формализация задачи и составление системы уравнений.

2. Выбор между статической и динамической математической моделью трубопровода определяется необходимостью учесть:

- а) только физические свойства транспортируемой жидкости.
- б) изменение его параметров (давления, расхода) во времени.**
- в) только геометрические характеристики трассы.
- г) стоимость строительства.

3. На какие виды делятся материальные модели?

- а) геометрически подобные**
- б) образные
- в) компьютерные 3D модели
- г) физически подобные**
- д) математические

4. Математическая модель объекта –

а) вещественное воспроизведение исследуемого объекта, является реально существующим предметом.

б) совокупность замкнутых систем уравнений, каждое из которых устанавливает с определенной степенью приближения количественные связи между отдельными элементами и параметрами объекта, способная заменить этот объект для изучения и получения информации.

в) не является реально существующим предметом, а существует в уме исследователя, построена из чувственно-наглядных элементов.

5. «Принцип Δt » моделирования используется для описания:

а) стационарного процесса

б) нестационарного процесса

6. Объектом с распределенными параметрами называют

а) объект, значения параметров которого одинаковы во всех его точках.

Б) объект, значения параметров которого различны в разных его точках.

7. Что понимают под адекватностью математической модели

а) правильное качественное описание объекта (процесса) по выбранным параметрам состояния

б) наблюдение и регистрация параметров

в) анализ полученных результатов

г) правильное количественное описание объекта (процесса) по выбранной характеристике состояния с некоторой приемлемой и обоснованной степенью точности

8. Фактор – это

а) переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента.

б) наблюдаемая случайная переменная, по предположению зависящая от факторов.

9. Отклик – это

а) переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента.

б) наблюдаемая случайная переменная, по предположению зависящая от факторов.

10. Фактор называется управляемым, если

а) его уровни целенаправленно выбираются исследователем в процессе эксперимента.

б) его значения наблюдаются и регистрируются

в) он включен в модель для изучения свойств объекта, а не для вспомогательных целей

11. Фактор называется наблюдаемым, если

а) его уровни целенаправленно выбираются исследователем в процессе

эксперимента.

б) его значения наблюдаются и регистрируются

в) он включен в модель для изучения свойств объекта, а не для вспомогательных целей

12. В чем выражается обычно относительная погрешность?

- а. В процентах (%)
- б. В процентах на единицу (%/ед.)
- в. В штуках (шт)

13. В чем заключается задача отделения корней?

- а) В установлении количества корней
- б) В установлении количества корней, а так же наиболее тесных промежутков, каждый из которых содержит только один корень.
- в) В установлении корня решения уравнения
- г) В назначении количества корней

14. Невязка – это...

- а) Значение разностей между свободными членами исходной системы.
- б) Значение суммы между свободными членами исходной системы и результатами подстановки в уравнения системы найденных значений неизвестных
- в) Значение суммы результатов подстановки в уравнения системы найденных значений неизвестных
- г) Значение разностей между свободными членами исходной системы и результатами подстановки в уравнения системы найденных значений неизвестных.

15. Интерполяция – это...

- а) Способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений
- б) Продолжение функции, принадлежащей заданному классу, за пределы ее области определения.
- в) Замена одних математических объектов другими, в том или ином смысле близким к исходным.
- г) Метод решения задач, при котором объекты разного рода объединяются общим понятием.

16. Итерация – это

- а) Повторение. Результат повторного применения какой-либо математической операции.
- б) Замена одних математических объектов другими, в том или ином смысле близким к исходным.
- в) Число, изображаемое единицей и 18 нулями
- г) Продолжение функции, принадлежащей заданному классу, за пределы ее области определения.

17. Золотое сечение – это...

а) Такое пропорциональное деление отрезка на части, при котором меньший отрезок относится к большему, как больший ко всему.

б) Непропорциональное деление отрезка на части, при котором меньший отрезок относится к большему, как больший ко всему.

в) Непропорциональное деление отрезка на части, при котором больший отрезок относится к меньшему, как больший ко всему.

г) Такое пропорциональное деление отрезка на части, при котором больший отрезок относится к меньшему, как больший ко всему

18. Методы решения уравнений делятся на:

а) Прямые и итеративные

б) Прямые и косвенные

в) Начальные и конечные

г) Определенные и неопределенные

д) Простые и сложные

19. Как иначе называют метод Ньютона?

а) Метод касательных

б) Метод коллокации

в) Метод прогонки

г) Метод итераций

д) Метод хорд

20. Приближенные методы вычисления интегралов можно разделить на 2 группы:

а) аналитические и численные

б) аналитические и графические

в) систематические и численные

г) систематические и случайные

д) приближенные и неприближенные

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Математическая модель какого типа является наиболее подходящим инструментом для предварительного обоснования рационализаторского предложения по снижению энергозатрат насосной станции?

а) Статическая модель, описывающая установившийся режим.

б) Динамическая модель, описывающая пусковые режимы.

в) Статистическая модель, основанная на данных прошлых лет.

г) **Детерминированная модель, позволяющая рассчитать оптимальные параметры режима.**

2. Какой численный метод наиболее целесообразно применить для оптимизации целевой функции (например, минимизации затрат на перекачку) в рамках рационализаторского предложения?

а) Метод половинного деления для решения одного уравнения.

б) Метод наименьших квадратов для аппроксимации данных.

в) Метод покоординатного спуска для поиска экстремума функции многих переменных.

г) Метод простой итерации для решения систем линейных уравнений.

3. Основной целью проведения анализа чувствительности математической модели при подготовке рационализаторского предложения является:

а) Ускорение вычислений.

б) Определение степени влияния исходных данных на конечный результат и оценка рисков.

в) Упрощение модели.

г) Проверка устойчивости численного метода.

4. Для обоснования рацпредложения по увеличению пропускной способности трубопровода были получены дискретные данные о зависимости давления от расхода. Каким методом целесообразнее всего получить непрерывную зависимость для анализа?

а) Методом золотого сечения.

б) Методом интерполяции (например, кубическими сплайнами).

в) Методом Ньютона решения нелинейных уравнений.

г) Методом Гаусса решения СЛАУ.

5. При подготовке рацпредложения по снижению энергозатрат необходимо выбрать метод аппроксимации для прогнозирования потребления электроэнергии. Критерием выбора метода является:

а) Минимальное количество исходных данных.

б) Минимальная вычислительная сложность алгоритма.

в) Наилучшее соответствие экспериментальным данным (например, минимум суммы квадратов отклонений).

г) Наиболее красивое графическое представление результата.

6. При обработке данных эксперимента по исследованию зависимости вязкости нефти от температуры для рацпредложения по оптимизации подогрева, полученная аппроксимирующая кривая прошла точно через все экспериментальные точки, но между ними вела себя нефизично (осциллировала). Ваше решение:

а) считать модель адекватной и использовать ее в расчетах.

б) заменить интерполяционный полином Лагранжа на аппроксимацию сплайнами или методом наименьших квадратов с выбором более подходящей функции.

в) увеличить количество экспериментальных точек, не меняя метода.

г) скорректировать экспериментальные данные вручную.

7. Какой из перечисленных критериев является определяющим для положительной оценки рационализаторского предложения комиссией?

а) Сложность использованного математического аппарата.

б) Новизна и положительный эффект (экономический, технологический, экологический).

в) Красота графического оформления документации.

г) Личные связи автора с членами комиссии.

8. При оформлении заявки на рационализаторское предложение обязательным разделом является:

а) Биография автора.

б) Описание сущности предложения, его технико-экономическое обоснование и расчет эффекта.

в) Мнение вышестоящего руководства.

г) Перечень всего оборудования на объекте.

9. На первом этапе организации работы над рационализаторским предложением по оптимизации режима работы трубопровода необходимо:

а) Немедленно провести дорогостоящие испытания на реальном объекте.

б) Выдать готовое решение подчиненным для реализации.

в) Провести патентный поиск и системный анализ объекта для выявления узких мест и существующих решений.

г) Составить финансовый отчет о предполагаемой экономии.

10. Приоритетным источником для выявления направлений рационализаторской деятельности на объекте транспорта нефти является:

а) Изучение годовых отчетов компании.

б) Системный анализ технологического процесса, выявление узких мест и проблем, ведущих к сверхнормативным затратам или рискам.

в) Опрос мнения линейного персонала.

г) Копирование решений, применяемых на других предприятиях.

11. Какая организационная ошибка была допущена, если при оптимизации работы компрессорной станции методом деформируемого многогранника (Нелдера-Мида) расчет занял недопустимо много времени?

а) Не был правильно задан критерий останова (точность расчета).

б) Не был проведен патентный поиск.

в) Не были изучены геометрические характеристики трубопровода.

г) Не было назначено ответственное лицо за проведение эксперимента.

12. Рационализаторское предложение по выбору оптимальной толщины теплоизоляции трубопровода основано на решении задачи параметрической оптимизации. Кем должна быть сформулирована целевая функция?

а) Только математиками.

б) Только экономистами, исходя из стоимости материалов.

в) Совместно технологами (учитывая тепловые потери) и экономистами

(учитывая стоимость изоляции и энергоресурсов).

г) Руководителем проекта, исходя из личного опыта.

13.

Дано приближенное число x и его абсолютная погрешность Δ . $x=17,4$ $\Delta=0,07$ Найти относительную погрешность δ этого числа.

Ответы: а) 0,11% б) 0,26% в) 0,40% г) 0,31%

14. В методе половинного деления отрезок $[a,b]$ делится пополам, если выполнено условие:

А) $f(a)=f(b)$; Б) $f(a) \cdot f(b) > 0$; В) $f(a) \cdot f(b) < 0$; Г) $f(a) \cdot f(b) = 1$.

15. Методом половинного деления уточнить корень уравнения $x^4 + 2x^3 - x - 1 = 0$

- а. 0,867
- б. 0,234
- в. 0,2
- г. 0,43
- д. 0,861

16. Используя метод хорд найти положительный корень уравнения $x^4 - 0,2x^2 - 0,2x - 1,2 = 0$

- а. $1,198 + 0,0020$
- б. $1,16 + 0,02$
- в. $2 + 0,1$
- г. $3,98 + 0,001$
- д. $4,2 + 0,0001$

17. Вычислить методом Ньютона отрицательный корень уравнения

$$x^4 - 3x^2 + 75x - 10000 = 0$$

- а. -10,261
- б. -10,31
- в. -5,6
- г. -3,2
- д. -0,44

18. Найти действительные корни уравнения $x - \sin x = 0,25$

- а. 1,17
- б. 1,23
- с. 2,45
- д. 4,8
- е. 5,63

19. Методом хорд уточнить корень уравнения $x^3 - 2x - 3=0$, $\xi[1;2]$; $\varepsilon=10^{-3}$

- а. $\xi=1.8933\pm 0.0001$
- б. $\xi=0.0001\pm 1$
- в. $\xi=0.0033\pm 0.0001$
- г. $\xi=\pm 1$
- д. $\xi=\pm 3.3$

20.

Функция задана таблицей :

i	0	1	2
x	-1	0	1
y	2	-1	0

соответствующий интерполяционный многочлен имеет вид

Ответы: а) $y = 2x^2 - x - 1$ б) $y = 7x^2 - x - 1$ в) $y = 3x^2 + 5x - 1$ г) $y = 2x^2 - 5x + 1$

21.

Интерполяционный многочлен Лагранжа находится по формуле $L_n(x) = \dots$

$$\begin{aligned}
 \text{а) } & \sum_{i=0}^n y_i \frac{(x_j - x_0)(x_j - x_1) \dots (x_j - x_{n-1})(x_j - x_{n+1}) \dots (x_j - x_n)}{(x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_{n-1})(x - x_{n+1}) \dots (x - x_n)} & \text{б) } & h \sum_{i=0}^{n-1} y_i \\
 \text{в) } & y_0 + \frac{\Delta y_0}{1!h} (x - x_0) + \frac{\Delta^2 y_0}{2!h^2} (x - x_0)(x - x_1) + \dots + \frac{\Delta^n y_0}{n!h^n} (x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_{n-1}) \\
 \text{г) } & h \left(\frac{f(x_0) + f(x_n)}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) \right)
 \end{aligned}$$

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. При решении уравнения $x^3 - 2x - 5 = 0$ методом простой итерации преобразовали к виду $x = \sqrt[3]{2x + 5}$. На отрезке $[2, 3]$ процесс расходится.

Выберите стратегию устранения проблемы:

- а) Уменьшить точность вычислений
- б) Увеличить число итераций
- в) Изменить вид итерационной функции**
- г) Применить другой метод, не требующий итераций

2. Для расчета вязкости нефти при промежуточных температурах имеются экспериментальные точки с погрешностью до 15%. Какой метод обработки данных предпочтительнее?

- а) Интерполяционный полином Лагранжа
- б) Кусочно-линейная интерполяция
- в) Аппроксимация по методу наименьших квадратов**
- г) Сплайновая интерполяция

3. Математическая модель работы ГПА показывает высокую точность на номинальном режиме, но дает 30% погрешность при нагрузках ниже 50%.
Ваша стратегия действий:

а) Увеличить сложность модели

б) Провести дополнительный эксперимент в области малых нагрузок

в) Использовать модель только в номинальном режиме

г) Увеличить количество итераций при расчетах

4. Разработана новая модель тепловых потерь трубопровода. Выберите стратегию верификации:

а) Сравнить с одной экспериментальной точкой

б) Провести серию экспериментов в различных режимах

в) Сравнить с результатами старой модели

г) Использовать данные из литературы

5. При определении технологических потерь нефти в резервуаре возникло расхождение между расчетными и фактическими данными.

Ваша стратегия анализа проблемы:

а) Увеличить частоту замеров уровня нефти

б) Проанализировать все возможные источники потерь: испарение, точность замеров, температурное расширение, наличие подтоварной воды

в) Считать погрешностью измерений и использовать среднее значение

г) Внести поправку на атмосферное давление

6. Необходимо оптимизировать температуру подогрева нефти на выходе из подогревательной станции. Известно, что с ростом температуры вязкость уменьшается, но растут затраты на подогрев. Критерий для выбора оптимальной стратегии:

а) Минимальная температура подогрева

б) Минимальные затраты на перекачку и подогрев

в) Максимальная температура, которую выдерживает оборудование

г) Температура, рекомендуемая технологическим регламентом

7. Для планирования ремонтных работ необходимо смоделировать последствия аварийного истечения нефти из трубопровода. Какой фактор будет иметь наибольшее влияние на стратегию моделирования:

а) Цена нефти на бирже

б) Рельеф местности и близость водных объектов

в) Время суток аварии

г) Марка стали трубопровода

8. При моделировании работы системы "нефтепровод-насосная станция" обнаружены колебания давления. Ваша стратегия обеспечения устойчивости:

а) Увеличить мощность насосов

б) Проанализировать соответствие характеристик насосов и

трубопровода, ввести регуляторы давления

- в) Уменьшить расход перекачки
- г) Установить дополнительные запорные клапаны

9. При последовательной перекачке нефтепродуктов необходимо минимизировать потери от смешения. Ключевой параметр для стратегии оптимизации:

- а) Скорость перекачки
- б) Физико-химические свойства соседних продуктов и длина зоны смешения**

- в) Время суток перекачки
- г) Квалификация оператора

10. При температуре 40°C вязкость нефти 25 сСт, затраты на перекачку 120 кВт. При температуре 60°C вязкость 8 сСт, затраты на перекачку 80 кВт. Затраты на подогрев: 5 кВт/°С. Определить оптимальную температуру подогрева.

- а) 40°C
- б) 50°C**
- в) 60°C

11. Для обоснования рацпредложения по модернизации теплообменника нужны данные о тепловых потерях. Какой план эксперимента наиболее рационален?

- а) Измерять температуры в случайные моменты времени
- б) Провести измерения в характерные периоды года**
- в) Использовать данные прошлых лет
- г) Провести однократные измерения в штатном режиме

12. Подготовка рацпредложения по выбору оптимального диаметра трубопровода.

Какой критерий будет основным?

- а) Минимальные капитальные затраты
- б) Минимальные эксплуатационные расходы
- в) Срок окупаемости проекта
- г) Комплексный технико-экономический показатель**

13. Разработано рацпредложение по оптимизации работы КС с ожидаемой экономией 5 млн руб./год при затратах 15 млн руб. Ваше решение:

- а) Рекомендовать к внедрению из-за высокой экономии
- б) Отклонить из-за высоких затрат
- в) Провести дополнительный анализ срока окупаемости**
- г) Уменьшить объем работ для снижения затрат

14. Поступило три рацпредложения: 1) Оптимизация работы насосов (экономия 2 млн руб./год), 2) Утепление трубопровода (экономия 1 млн руб./год), 3) Внедрение системы мониторинга (экономия 0.5 млн руб./год). Бюджет ограничен. Критерий выбора приоритета:

- а) Суммарная экономия от всех предложений
- б) Соотношение экономический эффект / затраты на реализацию**
- в) Сложность реализации
- г) Мнение большинства сотрудников

15. Разработано рацпредложение по оптимизации работы центробежного нагнетателя. Обязательные разделы в обосновании:

- а) Только технические характеристики
- б) Сущность предложения, технико-экономическое обоснование, расчет эффекта**
- в) Биографии авторов
- г) Мнение вышестоящего руководства

16. При аппроксимации данных по гидравлическому сопротивлению получены две модели:

Модель 1: $\Delta P = 0.02 \cdot L/D \cdot \rho V^2/2$ ($R^2=0.85$)

Модель 2: $\Delta P = 0.015 \cdot (L/D)^{0.95} \cdot \rho V^{1.9}/2$ ($R^2=0.96$)

Какая модель адекватнее и почему?

- а) Модель 1, проще
- б) Модель 2, выше точность**
- в) Обе модели равнозначны
- г) Нужна третья модель

17. Выберите правильное соотношение для расчета среднего давления на участке газопровода

а) $p_{\text{ср}} = \frac{1}{2}(p_{\text{н}} + p_{\text{к}})$;

б) $p_{\text{ср}} = \frac{2}{3}(p_{\text{н}} + p_{\text{к}})$;

в) $p_{\text{ср}} = \frac{2}{3}(p_{\text{н}} + \frac{p_{\text{к}}^2}{p_{\text{н}} + p_{\text{к}}})$.

18. Модель аварийного истечения: $G = C \cdot A \cdot \sqrt{(2\rho\Delta P)}$. При проверке: расчетный расход 10 кг/с, фактический 9 кг/с. Площадь отверстия известна точно. Какой коэффициент модели уточнить?

- а) C - коэффициент истечения**
- б) ρ – плотность
- в) ΔP - перепад давления
- г) Все коэффициенты

19. Модель потерь давления: $\Delta P = f \cdot L/D \cdot \rho V^2/2$. Параметры известны с погрешностью: $f \pm 5\%$, $L \pm 2\%$, $\rho \pm 1\%$, $V \pm 3\%$.

К какому параметру модель наиболее чувствительна?

- а) f (коэффициент трения)**
- б) L (длина)
- в) ρ (плотность)
- г) V (скорость)

20. Модель дает результат 100 ед. Погрешность входных параметров: $\pm 5\%$.
Количество параметров: 4.

Оценить погрешность результата.

- а) $\pm 5\%$
- б) $\pm 10\%$**
- в) $\pm 15\%$
- г) $\pm 20\%$

21. Объем трубопровода $V = V_0 (1 + \beta \Delta T)$. При $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ расчетное увеличение объема 1.5%. Фактическое - 1.8%.

Уточнить коэффициент β .

- а) Увеличить на 10%
- б) Увеличить на 20%**
- в) Уменьшить на 10%
- г) Уменьшить на 20%

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Что такое математическое моделирование? Что такое расчет? Чем отличаются задачи расчетов и задачи математического компьютерного моделирования? В чем заключаются основные преимущества метода математического моделирования?

2. Что такое объект, процесс, модель, моделирование? На какие виды делятся материальные модели?

3. Что такое математическая модель объекта (определение)? Каковы основные особенности математических моделей?

4. Виды объектов, описываемых математическими моделями по пространственному признаку. Виды объектов, описываемых математическими моделями по временному признаку. Определения и примеры.

5. Основные этапы математического моделирования.

6. Что такое допущение? Примеры допущений, касающихся кинематики, динамики, массообмена, тепловых процессов.

7. «Принцип Δt » моделирования объекта.

8. Что такое эксперимент? Какова его роль в инженерной практике? Какие общие черты имеют научные методы исследований для изучения закономерностей различных процессов и явлений в промышленности?

9. В чем состоит задача планирования компьютерных экспериментов? Особенности компьютерного эксперимента.

10. Что такое фактор, отклик, факторное пространство, полный факторный эксперимент? Управляемые, наблюдаемые и изучаемые факторы - определение. Основные требования, предъявляемые к факторам.

11. Что такое план компьютерного эксперимента, адекватность и точность модели? Какие погрешности определяют степень точности математического моделирования? Формула суммарной относительной погрешности.

12. Источники возникновения погрешностей. Абсолютная и предельная абсолютная погрешности – определение, формула.

13. Относительная и предельная относительная погрешности – определение, формула.

14. Значащие цифры и верные значащие цифры числа. Определения. Теорема для определения относительной погрешности числа (без доказательства). Следствия 1 и 2.

15. В чем заключается задача решения уравнения. Этапы решения нелинейных уравнений. В чем состоит аналитический метод отделения корней.

16. Метод простой итерации. Условие сходимости.

17. Метод деления отрезка пополам для численного решения уравнений. Графическое представление

18. Метод Ньютона (метод касательных) численного решения уравнений. Графическое представление

19. Метод Гаусса решения систем алгебраических уравнений.

20. Метод Якоби (метод простой итерации) решения систем алгебраических уравнений.

21. Метод Зейделя решения систем алгебраических уравнений.

22. Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона.

23. Сплайн-интерполяция.

24. Сглаживание. Метод наименьших квадратов. Линейная аппроксимация.

25. Выбор метода аппроксимации при обработке экспериментальных данных.

26. Постановка задач параметрической оптимизации в проектировании объектов транспорта углеводородов.

27. Методы безусловной оптимизации: наискорейшего спуска, покоординатного спуска.

28. Методы условной оптимизации. Метод штрафных функций.

29. Методы деформируемого многогранника и регулярного симплекса.

Задачи для экзамена

1. Выполнить округление приближенных чисел и записать результат с учетом верных цифр:

$$a = -0.5689176, \quad \Delta a = 0.005$$

$$b = 1.386222 \quad \Delta b = 0.02$$

2. Высота и радиус основания цилиндра измерены с точностью до 0.5%. Какова относительная погрешность при вычислении объема цилиндра?

3. Найти интервалы изоляции корней уравнения (1 правильный интервал – 1,5 балл)

$$f_1(x) := 1 \cdot x^3 - 2x + 1$$

4. Методом простой итерации определить с точностью $\varepsilon=0,01$ корень уравнения на крайнем левом отрезке (2 балла). $M=11$. $X_0=-2$

5. Методом деления отрезка пополам определить с точностью $\varepsilon=0,1$

корень уравнения на среднем отрезке (2 балла).

6. Методом Ньютона определить с точностью $\varepsilon=0,01$ корень уравнения на крайнем правом отрезке (2 балла). $X_0=2$

7. По заданным исходным данным построить интерполяционный полином Лагранжа.

$$X := (-1 \ 0 \ 1 \ 2)$$

$$Y := (0 \ 2 \ 1 \ 0)$$

8. Методом Гаусса с выбором главного элемента найти решение системы уравнений:

$$\begin{cases} 0x_1 + 2x_2 - x_3 - 10x_4 = -25 \\ 8x_1 - x_2 + x_3 + 0x_4 = -36 \\ 4x_1 + 18x_2 + 0x_3 - 3x_4 = -44 \\ 4x_1 + 0x_2 - 30x_3 + 3x_4 = -104 \end{cases}$$

9. Преобразовать систему уравнений к виду, пригодному для построения итерационного процесса методом Якоби и выполнить три итерации.

Определить достигнутую точность. Начальное приближение $(0 \ 0 \ 0)$.

$$A = \begin{pmatrix} 5 & 0 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ -3 & 2 & 10 \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 11 \\ 4 \\ 6 \end{pmatrix}$$

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Моделирование как метод познания. Математические модели в нефтегазовой отрасли	УК-1, ПК-13	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
2	Основы теории погрешностей и оценка достоверности результатов	УК-1, ПК-13	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,

			требования к курсовому проекту
3	Численные методы решения уравнений и систем уравнений	УК-1, ПК-13	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
4	Аппроксимация и интерполирование функций в инженерных расчетах	УК-1, ПК-13	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
5	Математические методы оптимизации и обоснование рационализаторских решений	УК-1, ПК-13	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
6	Комплексный проект: разработка и обоснование рационализаторского предложения	УК-1, ПК-13	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Е.В. Гливенко. Математическое моделирование в нефтегазовом деле: учеб. пособие. М.: ИЦ РГУ Нефти и газа, 2009. 172 с.
2. Ю.А. Булыгин, С.Г. Валюхов, М.И. Зайцева, А.В. Кретинин. Популярные вычислительные методы в инженерных расчетах, 2007.
3. Ю.А. Булыгин, С.Г. Валюхов, Н.В. Заварзин, А.В. Кретинин.

Математическое моделирование гидродинамических процессов в элементах проточной части нефтяного оборудования, 2013.

4. А.Г. Суслов Научные технологии в машиностроении. М: Машиностроение, 2012.- 528с. (ЭБС Лань)

5. Булыгин Ю.А., Валухов С.Г., Кретинин А.В., Гуртовой А.А. Методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу «Основы математического моделирования». Ч. 2. 2015, Эл. ресурс.

6. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. Учеб. пособие для студ. вузов. – М.: Высш. шк., 2001, – 208 с.

7. Яворская, Е. Е. Основы сооружения объектов трубопроводного транспорта и хранения углеводородов : учебное пособие / Е. Е. Яворская, Е. В. Исупова. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 220 с. — ISBN 978-5-9729-1056-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/281744>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Электронная информационно-образовательная среда университета <https://old.education.cchgeu.ru/>

2. Консультирование посредством электронной почты

3. Использование презентаций при проведении лекционных занятий

4. Приобретение знаний в процессе общения со специалистами в области гидравлики и нефтегазовой гидромеханике на профильных специализированных сайтах (форумах)

5. Программное обеспечение: Лицензия ПО ANSYS (Лиц. № 1020620 ВГТУ); ПО Mathcad;

6. Рекомендуемая литература в виде электронных ресурсов представлена на сайте ВГТУ (электронный каталог научно-технической библиотеки): <https://cchgeu.ru/university/library/>

7. Электронно-библиотечная система «Лань» (доступ с компьютеров ВУЗа) <http://e.lanbook.com>

8. Патентные базы данных: ФИПС (Роспатент).

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Реализация дисциплины «Математические модели процессов транспорта и хранения углеводородов» требует учебной аудитории для проведения учебных занятий, оборудование:

Лаборатория «Электронной техники»

Оборудование комплект учебной мебели:

– рабочее место преподавателя (стол, стул);

– рабочие места обучающихся (столы, стулья);

- измеритель Х1-46;
- осциллограф ОСУ-10;
- лабораторный стенд исследования ВАХ.

Технические средства обучения: переносное техническое оборудование:

- проектор;
- экран;
- переносной компьютер.

Для самостоятельной работы используется «Помещение для самостоятельной работы»/«Методический кабинет»

Оборудование кабинета: комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья);

Технические средства обучения:

- проектор;
- экран для проектора
- ноутбук
- персональный компьютер с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде вуза.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Математические модели процессов транспорта и хранения углеводородов» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета технологических параметров объектов транспорта и хранения углеводородов с использованием математических методов моделирования и оптимизации. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий,

	словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--