

**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

«Математическое моделирование процессов транспортирования
нефти и газа»

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

С.Г. Валюхов

С.Г. Валюхов

Руководитель ОПОП

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области построения, анализа и применения математических моделей для решения технологических и проектных задач транспорта нефти и газа.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Дать представление о роли и месте математического моделирования в решении типовых технологических задач транспортирования углеводородов.

Освоить базовые принципы работы со специализированным программным обеспечением для гидравлического расчета.

Сформировать практические навыки построения расчетной схемы, выполнения расчета и анализа полученных результатов для стационарных режимов работы трубопроводного транспорта.

Привить навыки разработки рационализаторских предложений на основе результатов CFD-моделирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование процессов транспортирования нефти и газа» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование процессов транспортирования нефти и газа» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать 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: <ul style="list-style-type: none">– основы системного подхода к постановке вычислительного эксперимента;– методы верификации и валидации математических моделей;– критерии оценки достоверности результатов CFD-моделирования. |
| | Уметь: <ul style="list-style-type: none">– проводить критический анализ результатов моделирования для выявления проблемных зон трубопроводной системы;– оценивать адекватность математической модели (выбор моделей турбулентности, граничных условий) |

| | |
|-------|---|
| | <p>решаемой технологической задачи;</p> <ul style="list-style-type: none"> – разрабатывать стратегию действий по оптимизации режимов работы или конструкции на основе анализа данных CFD. |
| | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками системного анализа при моделировании процессов транспортирования; – методами верификации расчетов |
| ПК-13 | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основы патентного права и интеллектуальной собственности в области транспортировки углеводородов; – принципы оптимизации гидравлических систем с использованием CFD-моделирования. |
| | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – работать со специальными программными продуктами; – проводить патентный поиск в области транспорта углеводородов |
| | <p>Владеть: навыками работы по развитию рационализации и изобретательства в области энергопотребления на объектах транспортировки нефти и газа</p> |

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование процессов транспортирования нефти и газа» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

| Виды учебной работы | Всего часов | Семестры |
|---|-------------|----------|
| | | 8 |
| Аудиторные занятия (всего) | 36 | 36 |
| В том числе: | | |
| Лекции | 18 | 18 |
| Практические занятия (ПЗ) | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа | 72 | 72 |
| Виды промежуточной аттестации - зачет | + | + |
| Общая трудоемкость: академические часы | 108 | 108 |
| зач.ед. | 3 | 3 |

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. | СРС | Всего, час |
|--------------|---|--|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1 | Введение в математическое моделирование. Основы CFD | Роль и место математического и CFD-моделирования в нефтегазовой отрасли. Системный подход к постановке вычислительного эксперимента. Краткий обзор методов CFD (метод конечных объемов). Обзор интерфейса ANSYS Workbench: структура проекта (Geometry, Mesh, Setup, Solution, Results). Классификация моделей турбулентности (k-epsilon, k-omega SST) | 4 | 2 | 12 | 18 |
| 2 | Методология моделирования | Построение расчетных сеток. Анализ качества сетки. Методы верификации и валидации результатов. Анализ сходимости. Критический анализ погрешностей моделирования | 4 | 2 | 12 | 18 |
| 3 | Моделирование процессов транспортировки | CFD-моделирование для транспорта нефти и газа. Гидравлический расчет трубопроводных систем. Теплообмен в трубопроводах | 4 | 2 | 12 | 18 |
| 4 | Оптимизация гидравлических систем | Принципы оптимизации гидравлических систем. Методы параметрической оптимизации в ANSYS. | 2 | 4 | 12 | 18 |
| 5 | Рационализация в инженерных решениях | Методы рационализации в инженерных решениях. Принципы и этапы разработки рационализаторских предложений. | 2 | 4 | 12 | 18 |
| 6 | Разработка рационализаторских предложений | Анализ патентоспособности технических решений. Оформление технической документации. | 2 | 4 | 12 | 18 |
| Итого | | | 18 | 18 | 72 | 108 |

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

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: - основы системного подхода к постановке вычислительного эксперимента; - методы верификации и валидации математических моделей; - критерии оценки достоверности результатов CFD-моделирования. | Тест | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| | Уметь: - проводить критический анализ результатов моделирования для выявления проблемных зон трубопроводной системы; - оценивать адекватность математической модели решаемой технологической задачи; - разрабатывать стратегию действий по оптимизации режимов работы или конструкции на основе анализа данных CFD. | Решение стандартных практических задач | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| | Владеть: - навыками системного анализа при моделировании процессов транспортирования; - методами верификации расчетов | 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: - основы патентного права и интеллектуальной собственности в области транспортировки углеводородов; - принципы оптимизации гидравлических систем с | Тест | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| | использованием CFD-моделирования. | | | |
| | Уметь: - работать со специальными программными продуктами; - проводить патентный поиск в области транспорта углеводородов | Решение стандартных практических задач | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| | Владеть навыками работы по развитию рационализации и изобретательства в области энергопотребления на объектах транспортировки нефти и газа | 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 двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции | Критерии оценивания | Зачтено | Не зачтено |
|-------------|--|--|--|----------------------|
| УК-1 | Знать: - основы системного подхода к постановке вычислительного эксперимента; - методы верификации и валидации математических моделей; - критерии оценки достоверности результатов CFD-моделирования. | Тест | Выполнение теста на 70-100% | Выполнение менее 70% |
| | Уметь: - проводить критический анализ результатов моделирования для выявления проблемных зон трубопроводной системы; - оценивать адекватность математической модели решаемой технологической задаче; - разрабатывать стратегию действий по оптимизации режимов работы или | Решение стандартных практических задач | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены |

| | | | | |
|-------|---|--|--|----------------------|
| | конструкции на основе анализа данных CFD. | | | |
| | Владеть: - навыками системного анализа при моделировании процессов транспортирования; - методами верификации расчетов | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены |
| ПК-13 | Знать: - основы патентного права и интеллектуальной собственности в области транспортировки углеводородов; - принципы оптимизации гидравлических систем с использованием CFD-моделирования. | Тест | Выполнение теста на 70-100% | Выполнение менее 70% |
| | Уметь: - работать со специальными программными продуктами; - проводить патентный поиск в области транспорта углеводородов | Решение стандартных практических задач | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены |
| | Владеть навыками работы по развитию рационализации и изобретательства в области энергопотребления на объектах транспортировки нефти и газа | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | 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. Системный подход к постановке вычислительного эксперимента включает:

- а) только построение геометрической модели
- б) цель → модель → результат → решение
- в) только анализ результатов
- г) выбор цвета интерфейса ANSYS

2. Модель турбулентности k-omega SST рекомендуется использовать для:

- а) расчета ламинарных течений
- б) моделирования отрывных течений и пристеночных областей
- в) только для несжимаемых жидкостей
- г) исключительно для газовых потоков

3. Метод конечных объемов основан на:

- а) интегрировании уравнений по контрольным объемам
- б) аппроксимации производных разностями
- в) спектральном разложении функций
- г) вариационном принципе

4. Валидация математической модели - это:

- а) проверка соответствия экспериментальным данным
- б) проверка правильности численного решения
- в) выбор размера сетки
- г) настройка граничных условий

5. Верификация математической модели - это процесс:

- а) проверки соответствия модели экспериментальным данным
- б) оценки правильности численного решения уравнений модели
- в) определения оптимальных параметров сетки
- г) выбора цветовой схемы визуализации

6. Основная цель верификации в CFD -моделировании:

- а) убедиться в отсутствии ошибок программирования и корректности дискретизации
- б) подобрать красивые цвета для графиков
- в) определить стоимость расчетов
- г) выбрать материал трубопровода

7. Для моделирования теплообмена в трубопроводе необходимо:

- а) только уравнение неразрывности
- б) уравнения Навье-Стокса и энергии
- в) только уравнение состояния
- г) исключительно граничные условия

8. При моделировании нестационарных процессов важно учитывать:

- а) только начальные условия
- б) только граничные условия
- в) начальные и граничные условия
- г) только свойства материала

9. Основной критерий оптимизации гидравлических систем:

- а) минимальная стоимость конструкции
- б) минимальные гидравлические потери
- в) максимальная сложность модели
- г) минимальное время расчета

10. Параметрическая оптимизация в ANSYS позволяет:

- а) автоматически варьировать геометрические параметры
- б) изменять только цвет интерфейса
- в) выбирать язык программирования
- г) настраивать только граничные условия

11. Рационализаторское предложение должно содержать:

- а) только описание конструкции
- б) техническое решение и доказательство его эффективности
- в) только экономические расчеты

г) исключительно патентную формулу

12. Патентный поиск проводится для:

а) определения новизны технического решения

б) выбора поставщиков оборудования

в) расчета себестоимости продукции

г) определения цвета оформления

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Для моделирования течения в прямом трубопроводе с высокой точностью предсказания пристеночных эффектов рекомендуется использовать:

а) Модель k-epsilon

б) Модель k-omega SST

в) Модель ламинарного течения

г) Модель идеальной жидкости

2. Для верификации модели трубопровода необходимо провести расчет:

а) На трех последовательно сгущающихся сетках

б) Только на одной сетке

в) Без учета граничных условий

г) Исключительно на тетраэдральных элементах

3. Основной целью оптимизации гидравлической системы трубопровода является:

а) Снижение гидравлических потерь давления

б) Увеличение сложности геометрии

в) Увеличение времени расчета

г) Упрощение модели турбулентности

4. Для моделирования входного участка трубопровода с известным расходом следует задать:

а) Velocity Inlet

б) Pressure Outlet

в) Symmetry

г) Wall

5. Параметр Pressure в расчетах трубопровода характеризует:

а) Давление

б) Температуру

в) Изменение скорости течения

г) Вязкость жидкости

6. Для моделирования теплообмена между нефтью и окружающей средой необходимо:

а) Активировать энергетическое уравнение

б) Использовать только уравнение неразрывности

в) Отключить граничные условия

г) Использовать модель идеального газа

7. При моделировании нестационарного процесса запуска трубопровода необходимо задать:

а) Начальные условия и временной шаг

б) Только граничные условия

в) Исключительно свойства материала

г) Только геометрические параметры

8. Патентный поиск при разработке рационализаторского предложения позволяет:

а) Установить новизну технического решения

б) Определить стоимость оборудования

в) Рассчитать гидравлические потери

г) Выбрать цвет оформления документации

9. Метод конечных объемов в ANSYS Fluent основан на:

а) Интегрировании уравнений по контрольным объемам

б) Аппроксимации производных разностями

в) Минимизации функционала энергии

г) Сплайновой интерполяции

10. Критерием сходимости нестационарного расчета может служить:

а) Стабилизация невязок и мониторинговых точек

б) Изменение цвета графиков

в) Увеличение времени расчета

г) Уменьшение размера сетки

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. При моделировании изгиба трубопровода обнаружено зона повышенных турбулентных пульсаций. Ваши действия:

а) Увеличить радиус изгиба и провести повторный расчет

б) Увеличить скорость течения

в) Увеличить шероховатость стенки

г) Игнорировать результат

2. При моделировании гидроудара в трубопроводе максимальное давление превысило допустимое. Какой параметр нужно изменить в первую очередь?

а) Увеличить время закрытия задвижки

б) Увеличить диаметр трубопровода

в) Увеличить скорость течения

г) Уменьшить толщину стенки трубы

3. При транспортировке высоковязкой нефти необходимо поддерживать температуру. Какой способ подогрева наиболее эффективен?

а) Электрический подогрев с оптимальным размещением нагревателей

б) Увеличение скорости течения

в) Уменьшение диаметра трубопровода

г) Увеличение шероховатости

4. Для снижения гидравлических потерь в запорной арматуре предлагается:

- а) Оптимизировать профиль проточной части
- б) Увеличить количество поворотов
- в) Увеличить шероховатость поверхности
- г) Уменьшить диаметр арматуры

5. При сепарации нефтегазоводяной смеси в аппарате эффективность разделения недостаточна. Ваши действия:

- а) Оптимизировать конструкцию сепаратора на основе CFD-моделирования
- б) Увеличить расход смеси
- в) Уменьшить время пребывания в аппарате
- г) Игнорировать проблему

6. После модернизации участка трубопровода фактический перепад давления отличается от расчетного на 15%. Ваши действия:

- а) Провести верификацию модели на основе экспериментальных данных
- б) Увеличить расчетный перепад давления
- в) Изменить свойства транспортируемой среды
- г) Прекратить дальнейший анализ

7. Для снижения энергопотребления насосной станции необходимо:

- а) Оптимизировать режимы работы насосов на основе CFD-расчетов
- б) Увеличить скорость вращения насосов
- в) Уменьшить диаметр трубопроводов
- г) Увеличить перепад давления

8. Для предотвращения замерзания нефтепродуктов в трубопроводе необходимо:

- а) Рассчитать оптимальную толщину теплоизоляции
- б) Увеличить скорость течения
- в) Уменьшить диаметр трубопровода
- г) Убрать теплоизоляцию

9. После успешного CFD-моделирования оптимизированной конструкции задвижки необходимо:

- а) Провести патентный поиск и оформить заявку на изобретение
- б) Немедленно запустить в производство
- в) Сохранить результаты в архиве

г) Передать конкурентам

10. При моделировании обнаружилось, что в некоторых режимах возникает кавитация. Ваши действия:

а) Изменить конструкцию для повышения противокавитационных свойств

б) Увеличить скорость течения

в) Уменьшить давление на входе

г) Игнорировать явление кавитации

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Системный подход в математическом моделировании трубопроводных систем
2. Классификация математических моделей в нефтегазовой отрасли
3. Основные уравнения механики жидкости и газа, используемые в CFD
4. Метод конечных объемов: сущность и особенности применения
5. Этапы построения расчетной схемы
6. Методы построения и критерии качества расчетных сеток
7. Модели турбулентности: сравнительный анализ и области применения
8. Методы верификации и валидации математических моделей
9. Особенности моделирования стационарных и нестационарных процессов
10. Методы моделирования теплообмена в трубопроводах
11. Специфика моделирования многофазных течений
12. Гидравлический расчет трубопроводных систем
13. Принципы оптимизации гидравлических систем
14. Методы параметрической оптимизации
15. Порядок разработки рационализаторских предложений
16. Патентный поиск и анализ патентоспособности технических решений
17. Методы анализа результатов CFD –моделирования
18. Оценка достоверности и точности расчетов
19. Примеры успешного применения CFD -моделирования в нефтегазовой отрасли
20. Проанализируйте типовые проблемные ситуации при транспортировке нефти и газа
21. Разработайте стратегию действий при несоответствии расчетных и экспериментальных данных
22. Предложите системный подход к оптимизации работы насосной станции
23. Предложите методы стимулирования рационализаторской деятельности
24. Анализ причин повышенного гидравлического сопротивления участка трубопровода

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

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

«зачтено»

«не зачтено»

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства |
|-------|---|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | Введение в математическое моделирование. Основы CFD | УК-1, ПК-13 | Тест, контрольная работа |
| 2 | Методология моделирования | УК-1, ПК-13 | Тест, контрольная работа |
| 3 | Моделирование процессов транспортировки | УК-1, ПК-13 | Тест, контрольная работа |
| 4 | Оптимизация гидравлических систем | УК-1, ПК-13 | Тест, контрольная работа |
| 5 | Рационализация в инженерных решениях | УК-1, ПК-13 | Тест, контрольная работа |
| 6 | Разработка рационализаторских предложений | УК-1, ПК-13 | Тест, контрольная работа |

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.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Андерсон, Д. Вычислительная гидродинамика. Введение. / Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. – М.: Мир, 2019. – 728 с.
2. Вершинин, А.В. Гидравлика и гидрогазодинамика. Учебник для вузов. / А.В. Вершинин, В.В. Кожевников. – М.: Инфра-Инженерия, 2022. – 512 с.
3. Патрашев, А.Н. Численное моделирование течений жидкости и газа: Учебное пособие. / А.Н. Патрашев, М.М. Гомозов. – СПб.: Лань, 2021. – 400 с.
4. ANSYS, Inc. ANSYS Fluent User's Guide. – 2023 R2.
5. Исаев, С.А. Модели турбулентности и их применение в расчетах теплообмена и гидродинамики. / С.А. Исаев, А.И. Леонтьев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. – 368 с.
6. Шмидт, Р. Наука и практика построения расчетных сеток. / Р. Шмидт. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 256 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 «Математическое моделирование процессов транспортирования нефти и газа» требует учебной аудитории для проведения учебных занятий, оборудование:

комплект учебной мебели:

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

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 «Математическое моделирование процессов транспортирования нефти и газа» читаются лекции, проводятся практические занятия.

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 трубопроводных систем. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

| Вид учебных занятий | Деятельность студента |
|---------------------|--|
| Лекция | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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 | Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом |

| | |
|---------------------------------------|---|
| занятие | лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму. |
| Самостоятельная работа | Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - 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 зачетом 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 |
|----------|-----------------------------|----------------------------|--|
|----------|-----------------------------|----------------------------|--|