

**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 хранения 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 \_\_\_\_\_ Е.М. Оболонская

Заведующий кафедрой  
Нефтегазового  
оборудования и  
транспортировки \_\_\_\_\_ С.Г. Валухов

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_ С.Г. Валухов

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 хранения нефти и газа.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

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

Освоить базовые принципы работы со специализированным программным обеспечением для расчета резервуаров и хранилищ.

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

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

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование процессов хранения 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 хранения нефти и газа» 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	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– основы системного подхода к постановке вычислительного эксперимента;</li><li>– методы верификации и валидации математических моделей;</li><li>– критерии оценки достоверности результатов CFD-моделирования.</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– проводить критический анализ результатов моделирования для выявления проблемных зон резервуарных парков;</li><li>– оценивать адекватность математической модели (выбор моделей турбулентности, граничных условий)</li></ul>

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

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	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 массо- и теплопереноса в системах хранения	CFD –моделирование процессов в резервуарах. Моделирование процесса размыва донных отложений. Теплообмен в резервуарах.	4	2	12	18
4	Основы оптимизации систем хранения	Параметрическая оптимизации. Критерии эффективности решений для снижения потерь	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
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>72</b>	<b>108</b>

## 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	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	результатов CFD-моделирования.			
	Уметь: - проводить критический анализ результатов моделирования для выявления проблемных зон резервуарных парков; - оценивать адекватность математической модели (выбор моделей турбулентности, граничных условий) 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 хранения; - 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 хранения углеводородов; - принципы оптимизации систем хранения с использованием CFD-моделирования.	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: - работать со специальными программными продуктами; - проводить патентный поиск в области хранения 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 эксплуатации объектов хранения 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	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

	<p>подхода к постановке вычислительного эксперимента;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы верификации и валидации математических моделей;</li> <li>- критерии оценки достоверности результатов CFD-моделирования.</li> </ul>			
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить критический анализ результатов моделирования для выявления проблемных зон резервуарных парков;</li> <li>- оценивать адекватность математической модели (выбор моделей турбулентности, граничных условий) решаемой технологической задачи;</li> <li>- разрабатывать стратегию действий по оптимизации режимов работы или конструкции на основе анализа данных CFD.</li> </ul>	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками системного анализа при моделировании процессов хранения;</li> <li>- методами верификации расчетов</li> </ul>	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-13	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы патентного права и интеллектуальной собственности в области хранения углеводов;</li> <li>- принципы оптимизации систем хранения с использованием CFD-моделирования.</li> </ul>	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работать со специальными программными продуктами;</li> <li>- проводить патентный поиск в области хранения углеводов</li> </ul>	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<p>Владеть: навыками работы по развитию рационализации и изобретательства в области эксплуатации объектов хранения нефти и газа</p>	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. Температурное расслоение (стратификация) в резервуаре приводит к:

- а) Увеличению точности коммерческого учета
- б) Равномерному распределению температуры по высоте
- в) Образованию слоев с разной температурой и плотностью
- г) Уменьшению потерь от испарения

### 8. Для моделирования теплообмена в резервуаре необходимо задать:

- а) Только свойства нефти
- б) Граничные условия теплопередачи через стенки
- в) Исключительно цвет окраски резервуара
- г) Только солнечную радиацию

### 9. Основной критерий эффективности оптимизации систем хранения:

- а) Максимальная сложность модели

- б) Минимальное время расчета
- в) Снижение эксплуатационных потерь
- г) Количество используемых процессоров

**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

**13. 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

**7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

**1. Для моделирования течения при наполнении/опорожнении резервуаров 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 тепловых потерь резервуара 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 системы подогрева нефтепродуктов в резервуаре является:**

- а) Снижение тепловых потерь и энергозатрат
- б) Увеличение сложности конструкции
- в) Увеличение времени расчета
- г) Упрощение модели теплообмена

**4. Для моделирования процесса наполнения резервуара с известным расходом следует задать:**

- а) Velocity Inlet
- б) Pressure Outlet
- в) Symmetry
- г) Wall

**5. Параметр Temperature в расчетах характеризует:**

- а) Давление
- б) Температуру нефтепродукта
- в) Скорость испарения
- 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 охлаждения нефти в резервуаре 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 резервуара обнаружено значительное температурное расслоение нефти. Ваши действия:**

- а) Оптимизировать систему перемешивания или установить нагревательные элементы

- б) Увеличить толщину стенки резервуара
- в) Изменить цвет резервуара на светлый
- г) Игнорировать результат

**2. После модернизации системы пароулавливания фактическая эффективность отличается от расчетной на 20%. Ваши действия:**

- а) Провести верификацию модели на основе экспериментальных данных**
- б) Увеличить расчетные показатели в отчете
- в) Изменить свойства углеводородов в модели
- г) Прекратить дальнейший анализ

**3. При транспортировке высоковязкой нефти в резервуаре необходимо поддерживать температуру. Наиболее эффективное решение:**

- а) Оптимизировать систему подогрева с равномерным распределением температуры**
- б) Увеличить скорость наполнения резервуара
- в) Уменьшить диаметр подводящих трубопроводов
- г) Увеличить шероховатость внутренней поверхности

**4. Для снижения потерь от испарения легких фракций предлагается:**

- а) Оптимизировать конструкцию понтона или установить двойную крышу**
- б) Увеличить высоту резервуара
- в) Увеличить шероховатость поверхности
- г) Уменьшить диаметр резервуара

**5. При седиментации донных отложений эффективность размыва недостаточна. Ваши действия:**

- а) Оптимизировать конструкцию мешалки на основе CFD-моделирования**
- б) Увеличить расход промывочной жидкости
- в) Уменьшить время промывки
- г) Игнорировать проблему

**6. После установки новой теплоизоляции фактические теплотери отличаются от расчетных на 15%. Ваши действия:**

- а) Провести калибровку модели на основе натуральных измерений**
- б) Увеличить расчетные теплотери
- в) Изменить свойства теплоизоляции в модели
- г) Прекратить мониторинг

**7. Для снижения энергопотребления системы поддержания температуры необходимо:**

- а) Оптимизировать режимы работы нагревателей на основе**

## **CFD-расчетов**

- б) Увеличить мощность нагревателей
- в) Уменьшить толщину теплоизоляции
- г) Увеличить перепад температур

**8. Для предотвращения замерзания нефтепродуктов в резервуаре необходимо:**

**а) Рассчитать оптимальную толщину теплоизоляции и мощность подогрева**

- б) Увеличить скорость циркуляции
- в) Уменьшить объем резервуара
- г) Убрать теплоизоляцию

**9. При обнаружении зон застоя в резервуаре, способствующих образованию отложений:**

**а) Модифицировать систему перемешивания для устранения мертвых зон**

- б) Увеличить общий объем резервуара
- в) Уменьшить время хранения продукции
- г) Игнорировать явление

**10. После успешного CFD-моделирования оптимизированной конструкции резервуара необходимо:**

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

**11. При моделировании обнаружилось, что в некоторых режимах возникает перегрев верхних слоев нефти. Ваши действия:**

**а) Разработать систему принудительного охлаждения или теплоотвода**

- б) Увеличить скорость испарения
- в) Уменьшить давление в резервуаре
- г) Игнорировать явление перегрева

**12. Для увеличения срока службы резервуара с агрессивными нефтепродуктами:**

**а) Оптимизировать систему защиты от коррозии на основе анализа потоков**

- б) Увеличить толщину стенок равномерно по всей высоте
- в) Изменить материал резервуара без анализа
- г) Уменьшить объем хранимой продукции

**13. При несоответствии качества нефти на выходе из резервуара требуемым параметрам:**

**а) Проанализировать процессы смешения и стратификации в резервуаре**

- б) Увеличить скорость откачки продукции
- в) Изменить марку нефти на входе
- г) Прекратить контроль качества

**14. Для снижения эксплуатационных затрат на хранение нефти:**

**а) Разработать оптимальный режим термостатирования на основе CFD-анализа**

- б) Увеличить мощность оборудования
- в) Уменьшить частоту технического обслуживания
- г) Снизить требования к качеству хранения

**15. При проектировании нового резервуарного парка необходимо:**

**а) Оптимизировать взаимное расположение резервуаров для минимизации теплового влияния**

- б) Разместить резервуары максимально близко друг к другу
- в) Выбрать расположение случайным образом
- г) Учесть только стоимость земельного участка

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Системный подход в математическом моделировании систем хранения углеводородов
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 для резервуаров
6. Методы построения и критерии качества расчетных сеток для резервуаров
7. Модели турбулентности: сравнительный анализ и области применения
8. Методы верификации и валидации математических моделей
9. Особенности моделирования стационарных и нестационарных процессов хранения
10. Методы анализа сходимости и оценки погрешностей расчетов
11. Особенности CFD-моделирования резервуаров для хранения нефти и газа
12. Методы моделирования теплообмена в резервуарах
13. Температурное расслоение (стратификация) в резервуарах: причины и последствия
14. Моделирование процессов испарения и конденсации углеводородов
15. Специфика моделирования "больших" и "малых" дыханий резервуаров

16. Моделирование многофазных течений в системах хранения
17. Особенности моделирования размыва донных отложений
18. Принципы оптимизации систем хранения углеводородов
19. Методы параметрической оптимизации в ANSYS
20. Критерии эффективности технических решений для систем хранения
21. Методы снижения потерь от испарения легких фракций
22. Оптимизация теплового режима резервуаров
23. Порядок разработки рационализаторских предложений
24. Патентный поиск и анализ патентоспособности технических решений
25. Методы анализа результатов CFD-моделирования
26. Оценка достоверности и точности расчетов
27. Примеры успешного применения CFD-моделирования в системах хранения
28. Проанализируйте типовые проблемные ситуации при хранении нефти и газа
29. Разработайте стратегию действий при несоответствии расчетных и экспериментальных данных
30. Предложите системный подход к оптимизации работы резервуарного парка
31. Предложите методы стимулирования рационализаторской деятельности в области хранения углеводородов
32. Анализ причин повышенных потерь при хранении легких нефтепродуктов
33. Современные тенденции в математическом моделировании объектов хранения углеводородов
34. Роль математического моделирования в проектировании новых объектов хранения
35. Перспективы развития методов математического моделирования в нефтегазовой отрасли

### **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 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 массо- и теплопереноса в системах хранения	УК-1, ПК-13	Тест, контрольная работа
4	Основы оптимизации систем хранения	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. Коршак, А.А. Технология и оборудование нефтебаз и газохранилищ:

учебник. / А.А. Коршак, В.В. Шаммазов. – М.: Недра, 2020. – 456 с.

8. Гумеров, А.Г. Резервуары для нефти и нефтепродуктов: проектирование и расчет. / А.Г. Гумеров, З.А. Халиуллин. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2021. – 312 с.

9. 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;

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

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

6. Патентные базы данных: ФИПС (Роспатент).

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Реализация дисциплины «Математическое моделирование процессов хранения 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 хранения 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 систем хранения. 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; 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.
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"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li></ul>

	- 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
----------	-----------------------------	----------------------------	--