

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли»

**Направление подготовки** 21.04.01 Нефтегазовое дело

**Профиль** Нефтегазовые транспортные системы

**Квалификация выпускника** магистр

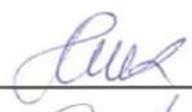
**Нормативный период обучения** 2 года / 2 года и 3 м.

**Форма обучения** очная / очно-заочная

**Год начала подготовки** 2025

Автор программы  
Заведующий кафедрой  
Нефтегазового  
оборудования и  
транспортировки

  
\_\_\_\_\_ А.А. Хвостов

  
\_\_\_\_\_ С.Г. Валухов

Руководитель ОПОП

  
\_\_\_\_\_ А.И. Коровкина

Воронеж 2025

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цель дисциплины** - формирование компетенций, необходимых для эффективного применения методов математического моделирования объектов и процессов нефтегазовой отрасли, отражающих основные характеристики реальных физических объектов

### 1.2. Задачи освоения дисциплины:

изучить практические методы и технологии постановки задач математического моделирования, выбора факторов и критериев математической модели, наиболее эффективного типа математических моделей, алгоритмов решения уравнений модели, способов прогнозирования параметров функционирования объектов на основе математического моделирования;

приобрести практические навыки и умения работы со способами декомпозиции алгоритмов математического моделирования, методологией выбора приемлемой дифференциальной модели турбулентности на основе решения совокупности тестовых нефтегазовых задач, имеющих физические аналогии, рассчитывать параметры качества функционирования систем и объектов, обладать навыками сопровождающего математического моделирования для планирования и контроля производственных процессов;

приобрести навыки и умения математического моделирования для обоснования решений технического проектирования, формулировать цели математического моделирования, задавать исходные параметры моделирования, знать функциональные особенности и возможности различных программных продуктов моделирования, уметь использовать программные продукты моделирования в задачах автоматизированного проектирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли» направлен на формирование следующих компетенций:

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

ОПК-1 - Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области

ОПК-2 - Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие
-------------	--------------------------------------

	<b>сформированность компетенции</b>
УК-1	Знать функционал, физические и математические допущения использования математических моделей различного иерархического уровня для моделирования рабочих процессов в нефтегазовом оборудовании; структуру и методики анализа проблемы использования математического моделирования для различных нефтегазовых приложений, постановки цели и задач математического моделирования.
	Уметь проводить сравнительный анализ эффективности, адекватности и робастности различных методов математического моделирования.
	Владеть методами интерполяции и экстраполяции, прогнозирования результатов математического моделирования на основе априорной информации об исследуемом явлении.
ОПК-1	Знать определенный набор методик и средств математического моделирования и оптимизации для формулирования и формализации задач поиска наиболее эффективного варианта; основные уравнения математических моделей процессов транспорта нефти и газа и фундаментальные физические законы, из которых они выводятся;
	Уметь проводить математическое моделирование для оценки значимости различных факторов на критерии качества функционирования технологического оборудования для выявления наиболее значимых факторов, которыми можно управлять для повышения эффективности;
	Владеть методами планирования физического и вычислительного эксперимента, методикой сопровождающего математического моделирования и компьютерными прикладными программами, реализующими алгоритмы планирования, контроля и анализа рабочих процессов.
ОПК-2	Знать структуру жизненного цикла технических устройств и систем, этапы использования математического моделирования на различных стадиях жизненного цикла, типовые цели и задачи математического моделирования для многофакторного анализа и оптимизации;
	Уметь осуществлять сбор исходных данных для формирования модели, минимизировать количество опытов в процессе планируемого физического или вычислительного эксперимента для формирования

	наиболее репрезентативной выборки при минимальном количестве исходных данных;
	Владеть приемами выбора наиболее приемлемых программно-алгоритмических средств моделирования, навыками использования средств автоматизированного проектирования с целью идентификации параметров функционирования технических устройств в технологических процессах

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли» составляет 3 з.е.

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

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	72	72
<b>Курсовая работа</b>	+	+
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

**очно-заочная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	42	42
В том числе:		
Лекции	14	14
Практические занятия (ПЗ)	28	28
<b>Самостоятельная работа</b>	93	93
<b>Курсовая работа</b>	+	+
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

#### 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	Методы компьютерной динамики жидкости	Дифференциальные уравнения неразрывности, сохранения количества движения и энергии для вязкой сжимаемой среды. Дискретизация и алгебраизация ДУЧП. Метод конечных разностей. Методы компьютерной динамики жидкости	8	6	10	24
2	Моделирование и автоматизированное проектирование проточной части магистрального нефтяного насоса в программном комплексе ANSYS	CFX. Синтез математической модели гидродинамики в проточной части магистрального нефтяного насоса	8	6	10	24
3	Моделирование задач гидродинамики и теплообмена в программном комплексе ANSYS	Программный модуль CFX. Моделирование гидродинамических процессов в коллекторном теплообменном аппарате. Моделирование в изотермической постановке и с теплообменом	8	6	10	24
4	Моделирование сопряженных задач с фазовыми превращениями в программном комплексе ANSYS	Программный комплекс Fluent. Моделирование горения воздушно-метановой смеси. Моделирования испарения и конденсации в термосифоне.	4	6	14	24
5	Основы нейросетевого моделирования	Нейросетевые модели на основе многослойного персептрона. Обучение нейросетевой зависимости по коэффициентам гидравлического сопротивления трения	4	6	14	24
6	Нейросетевые факторные модели	Нейросетевые суррогатные модели на основе экспериментальных данных рабочих процессов в энергетических системах ГНП	4	6	14	24
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>144</b>

### очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Методы компьютерной динамики жидкости	Дифференциальные уравнения неразрывности, сохранения количества движения и энергии для вязкой сжимаемой среды. Дискретизация и алгебраизация ДУЧП. Метод конечных разностей. Методы компьютерной динамики жидкости	4	4	10	18
2	Моделирование и автоматизированное проектирование проточной части магистрального нефтяного насоса в программном комплексе ANSYS	CFX. Синтез математической модели гидродинамики в проточной части магистрального нефтяного насоса	2	4	10	16
3	Моделирование задач гидродинамики и теплообмена в программном комплексе ANSYS	Программный модуль CFX. Моделирование гидродинамических процессов в коллекторном теплообменном аппарате. Моделирование в изотермической постановке и с теплообменом	2	4	10	16
4	Моделирование сопряженных задач с фазовыми	Программный комплекс Fluent. Моделирование горения воздушно-метановой смеси. Моделирования	2	4	21	18

	превращениями в программном комплексе ANSYS	испарения и конденсации в термосифоне.				
5	Основы нейросетевого моделирования	Нейросетевые модели на основе многослойного персептрона. Обучение нейросетевой зависимости по коэффициентам гидравлического сопротивления трения	2	6	21	20
6	Нейросетевые факторные модели	Нейросетевые суррогатные модели на основе экспериментальных данных рабочих процессов в энергетических системах ГНП	2	6	21	20
<b>Итого</b>			<b>14</b>	<b>28</b>	<b>93</b>	<b>135</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 предусматривает выполнение курсовой работы в 1 семестре для очной формы обучения, в 1 семестре для очно-заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Компьютерное моделирование с использованием программного комплекса ANSYS»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- Численное дифференцирование
- Дискретизация и алгебраизация ДУЧП
- Проектирование проточной части нефтяного насоса в ANSYS CFX
- Моделирование трубчатого теплообменника в ANSYS CFX
- Моделирование горения в ANSYS Fluent
- Аппроксимация с использованием искусственных нейронных сетей
- Оптимизация структуры многослойного персептрона

Курсовая работа включает в себя графическую часть и 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».

Компе-	Результаты обучения, характеризующие	Критерии	Аттестован	Не аттестован
--------	--------------------------------------	----------	------------	---------------

тенция	сформированность компетенции	оценивания		
УК-1	Знать функционал, физические и математические допущения использования математических моделей различного иерархического уровня для моделирования рабочих процессов в нефтегазовом оборудовании; структуру и методики анализа проблемы использования математического моделирования для различных нефтегазовых приложений, постановки цели и задач математического моделирования.	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь проводить сравнительный анализ эффективности, адекватности и робастности различных методов математического моделирования.	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами интерполяции и экстраполяции, прогнозирования результатов математического моделирования на основе априорной информации об исследуемом явлении.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-1	Знать определенный набор методик и средств математического моделирования и оптимизации для формулирования и формализации задач поиска наиболее эффективного варианта; основные уравнения математических моделей процессов транспорта нефти и газа и фундаментальные физические законы, из которых они выводятся;	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь проводить математическое моделирование для оценки значимости	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в

	различных факторов на критерии качества функционирования технологического оборудования для выявления наиболее значимых факторов, которыми можно управлять для повышения эффективности;		рабочих программах	рабочих программах
	Владеть методами планирования физического и вычислительного эксперимента, методикой сопровождающего математического моделирования и компьютерными прикладными программами, реализующими алгоритмы планирования, контроля и анализа рабочих процессов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-2	Знать структуру жизненного цикла технических устройств и систем, этапы использования математического моделирования на различных стадиях жизненного цикла, типовые цели и задачи математического моделирования для многофакторного анализа и оптимизации;	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь осуществлять сбор исходных данных для формирования модели, минимизировать количество опытов в процессе планируемого физического или вычислительного эксперимента для формирования наиболее репрезентативной выборки при минимальном количестве исходных данных;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть приемами выбора наиболее приемлемых программно-алгоритмических средств моделирования,	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	навыками использования средств автоматизированного проектирования с целью идентификации параметров функционирования технических устройств в технологических процессах			
--	---	--	--	--

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения, 1 семестре для очно-заочной формы обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
УК-1	Знать функционал, физические и математические допущения использования математических моделей различного иерархического уровня для моделирования рабочих процессов в нефтегазовом оборудовании; структуру и методики анализа проблемы использования математического моделирования для различных нефтегазовых приложений, постановки цели и задач математического моделирования;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь проводить сравнительный анализ эффективности, адекватности и робастности	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	различных методов математического моделирования.		ответы	верный ответ во всех задачах		
	Владеть методами интерполяции и экстраполяции, прогнозирования результатов математического моделирования на основе априорной информации об исследуемом явлении.	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
ОПК-1	Знать определенный набор методик и средств математического моделирования и оптимизации для формулирования и формализации задач поиска наиболее эффективного варианта; основные уравнения математических моделей процессов транспорта нефти и газа и фундаментальные физические законы, из которых они выводятся;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь проводить математическое моделирование для оценки значимости различных факторов на критерии функционирования технологического оборудования для выявления наиболее значимых факторов, которыми можно управлять для повышения эффективности;	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 планирования физического и вычислительного эксперимента, методикой сопровождающего математического моделирования и компьютерными прикладными программами, реализующими алгоритмы планирования, контроля и анализа рабочих процессов.	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
ОПК-2	Знать структуру жизненного цикла технических устройств и систем, этапы использования математического моделирования на различных стадиях жизненного цикла, типовые цели и задачи математического моделирования для многофакторного анализа и оптимизации;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь осуществлять сбор исходных данных для формирования модели, минимизировать количество опытов в процессе планируемого физического или вычислительного эксперимента для формирования наиболее репрезентативной выборки при минимальном количестве исходных данных;	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 приемами выбора наиболее приемлемых программно-алгоритмических средств моделирования, навыками использования средств автоматизированного проектирования с целью идентификации параметров функционирования технических устройств в технологических процессах	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. Уравнение неразрывности выражает:

- закон сохранения энергии;
- закон сохранения массы;
- закон сохранения количества движения.

2. Замена частных производных в ДУЧП их конечно-разностными аппроксимациями называется:

- гармонизацией;
- симплификацией;
- дискретизацией.

3. В методе маркеров и ячеек при определении поправки давления на каждом итерационном шаге по времени решается:

- уравнение Пуассона;
- уравнение Лапласа;
- уравнение Харлоу и Вэлча.

4. Модуль ANSYS Vista CPD применяется:

- для решения уравнений гидродинамики в проточной части насоса;
- для проверки качества расчетной сетки;
- для начального проектирования скелетной геометрии насоса с помощью одномерных расчетов по средней линии.

5. ANSYS BladeModeler служит для:

- построения геометрии лопаточных аппаратов;

- моделирования гидродинамики в межлопаточном канале;
- построения конического диффузора отвода.

6. Задание начальных и граничных условий моделирования, их расстановка по границам расчетной области производится в модуле:

- CFX Post;
- CFX Pre;
- CFX Solver.

7. Какая модель не относится к моделированию турбулентности:

- $k$ - $\epsilon$  модель;
- $k$ - $\omega$  модель;
- VOF модель.

8. Процесс горения является химически равновесным, если:

- изобарно-изотермический потенциал продуктов сгорания принимает минимальное значение;
- состав продуктов сгорания успевает отслеживать изменение давления и температуры;
- процесс горения осуществляется в адиабатной постановке.

9. Многослойный персептрон - это:

- итоговый отчет по результатам численного моделирования в CFX Post;
- одна из структур искусственной нейронной сети;
- фрактальный многочлен с несколькими уровнями детализации границ.

10. Для обучения искусственной нейронной сети может применяться:

- метод ветвей и границ;
- метод Шиндлера;
- метод обратного распространения ошибки.

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

1. На стенке закрытого сосуда с жидкостью установлены манометр и вакуумметр. Показания каждого из них 2,45 кПа, а расстояние между ними 0,5 м. Какая из жидкостей находится в резервуаре?

- а) бензин;
- б) вода;
- в) ртуть;
- д) сжиженный природный газ.

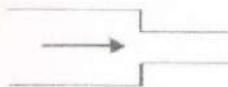
2. По вертикальной трубе жидкость течет сверху вниз. Показания манометров, установленных на трубе, возрастают по ходу течения. Оцените величину гидравлического уклона:

- а)  $i > 1$ ;
- б)  $i < 1$ ;
- в)  $i < 0$ ;

г)  $i=1$ .

3. Во сколько раз увеличивается удельная кинетическая энергия жидкости при ее переходе в трубу меньшего диаметра, если отношение диаметров труб 3:1? Режим течения жидкости не изменяется.

- а) в 3 раза;
- б) в 9 раз;
- в) в 27 раз;
- г) в 81 раз.



4. Какова плотность смеси двух углеводородных жидкостей, если для нее взято 0,4 л нефти ( $\rho_n=850 \text{ кг/м}^3$ ) и 0,6 л керосина ( $\rho_k=800 \text{ кг/м}^3$ )?

- а)  $1650 \text{ кг/м}^3$ ;
- б)  $825 \text{ кг/м}^3$ ;
- в)  $820 \text{ кг/м}^3$ ;
- г)  $810 \text{ кг/м}^3$ .

5. Открытый сосуд, заполненный до уровня  $h$ , попеременно поднимается и опускается с ускорением  $a=g$ . Что происходит при этом с избыточным давлением у его горизонтального дна?

- а)  $p_{\text{и}}=\text{const}$ ;
- б) при подъеме  $p_{\text{и}}$  в 2 раза больше, чем при спуске;
- в) при подъеме  $p_{\text{и}}$  в 2 раза меньше, чем при спуске;
- г) при подъеме  $p_{\text{и}}$  в 2 раза больше, чем в покое; при спуске  $p_{\text{и}}=0$ .

6. Какое избыточное давление испытывает тело, погруженное в воду на глубину 10 метров?

- а)  $2 \text{ кгс/см}^2$ ; б) 1 бар; в) 1 Ат; г) 700 мм. рт. ст.

7. Для подъема воды из колодца с глубины 30 м предложены два способа: 1) Установить насос на поверхности воды в колодце; 2) установить насос на поверхности земли, спустив в колодец всасывающую трубу. Какой из способов пригоден?

- а) 1; б) 2; г) оба пригодны; д) оба не пригодны.

8. При постоянном расходе жидкости в трубопроводе его длину, диаметр и толщину стенок уменьшили в 2 раза. Как это скажется на ударном повышении давления при прямом гидравлическом ударе?

- а) Останется без изменений;
- б) увеличится в 2 раза;
- в) увеличится в 4 раза;
- г) уменьшится в 2 раза.

9. Вода вытекает через насадок из открытого бака, в котором уровень  $H=1 \text{ м}$ . Как изменится расход, если на поверхности жидкости в баке создать избыточное давление  $p_{\text{и}}=30 \text{ КПа}$ ?

- а) Расход увеличится в 2 раза;
- б) расход увеличится в 4 раза;
- в) для ответа надо знать вид насадка;
- г) расход не изменится.

10. Что происходит с равнодействующей всех сил давления на плоскую стенку небольшого сосуда, заполненного жидкостью, если его закрыть и над свободной поверхностью жидкости в нем создать постепенно возрастающий вакуум?

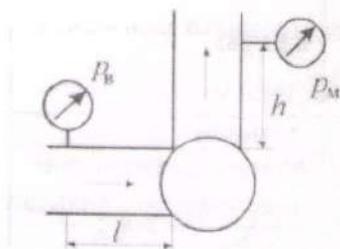
- а) Уменьшится;
- б) увеличится;
- в) сначала уменьшится, потом увеличится;
- г) сначала увеличится, потом уменьшится.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. К участку трубопровода присоединили лупинг той же длины и диаметра, после чего расход в трубопроводе увеличили в 2 раза. Что произойдет с потерями напора на этом участке по сравнению с начальными?

- а) Увеличились;
- б) уменьшились;
- в) остались прежними;
- г) зависит от расхода в трубопроводе.

2. Как изменятся показания вакуумметра и манометра, если их перенести к сечениям у насоса? Всасывающая линия расположена горизонтально, а нагнетательная - вертикально?



- а) Оба показания увеличатся;
- б) оба показания уменьшатся;
- в) показание вакуумметра уменьшится, а манометра увеличится;
- г) показание вакуумметра увеличится, а манометра уменьшится.

3. При бурении скважины вскрыт водоносный пласт с напорными водами. Устье скважины оборудовано манометром, который показывает избыточное давление  $3,92 \cdot 10^4$  Па. Определить на какую высоту будет фонтанировать вода, если удельный вес воды  $9810$  Н/м.

- а) 26 м; б) 0,39 м; в) 0,0003995 м; г) 4 м.

4. Определить избыточное давление в забое скважины глубиной  $h=200$

м, которая заполнена глинистым раствором плотностью 1250 кг/м<sup>3</sup>. Ускорение  $g$  примем равным 10 м/с<sup>2</sup>.

- а) 0,6 Па;
- б) 2,5 МПа;
- в) 0,004 кПа;
- г) 250 Па.

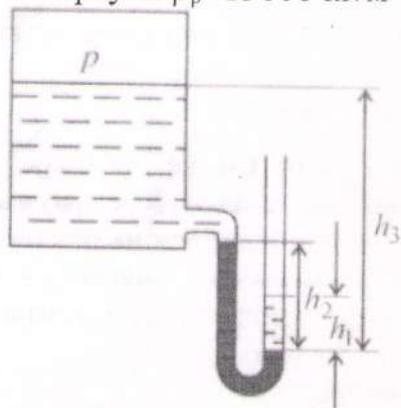
5. По горизонтальному трубопроводу ( $l=50$  км,  $d=500$  мм) перекачивается нефть ( $\rho=840$  кг/м<sup>3</sup>,  $\nu=0,5$  см<sup>2</sup>/с) с расходом  $Q=0,4$  м<sup>3</sup>/с. Эквивалентная шероховатость  $\Delta=0,014$  мм. Пренебрегая местными потерями напора, определите потери давления в трубопроводе.

- а) 160,2 Па;
- б) 2,3 МПа;
- в) 13 кПа;
- г) 4,62 МПа.

6. Как изменятся потери напора на участке трубопровода ( $l_1=1$  км,  $d_1=100$  мм) перекачивается нефть ( $\rho=860$  кг/м<sup>3</sup>,  $\nu=0,5$  см<sup>2</sup>/с) с расходом  $Q=8$  дм<sup>3</sup>/с, эквивалентная шероховатость  $\Delta=0,014$  мм, если к нему подключить лупинг такой же длины и диаметра?

- а) уменьшатся в 2 раза;
- б) останутся прежними;
- в) уменьшатся в 3,36 раз;
- г) увеличатся в 1,28 раз.

7. В закрытом сосуде хранится жидкость плотностью  $\rho=850$  кг/м<sup>3</sup>. Давление в сосуде измеряется ртутным манометром; в открытом конце манометрической трубки над ртутью имеется столб воды высотой  $h_1=15$  см. Высоты  $h_2=23$  см,  $h_3=35$  см. Найти абсолютное давление на поверхности жидкости в сосуде  $p$ , если барометрическое давление равно 742 мм рт.ст. Плотность ртути  $\rho_p=13600$  кг/м<sup>3</sup>



- а)  $p=170$  Па;
- б)  $p=1,7$  кПа;
- в)  $p=68600$  Па;
- г)  $p=1,10$  МПа

8. По горизонтальному трубопроводу ( $l=200$  км,  $d=205$  мм) перекачивается нефть ( $\rho=824$  кг/м<sup>3</sup>,  $\nu=0,05$  см<sup>2</sup>/с) с расходом  $Q=40$  дм<sup>3</sup>/с. Эквивалентная шероховатость  $\Delta=0,014$  мм. Суммарная эквивалентная длина местных сопротивлений  $l_{\text{экв}}=0,02l$ . Определить необходимое число насосов на трассе, если каждый насос способен создать напор  $H_{\text{нас}}=360$  м, а давление на входе в насосы и на выходе из трубопровода  $p_{\text{и}}=485$  кПа.

- а)  $n=3$ ;
- б)  $n=4$ ;
- в)  $n=5$ ;
- г)  $n=6$ .

9. По трубопроводу диаметром  $d=100$  мм транспортируется нефть. Определить критическую скорость, соответствующую переходу ламинарного движения жидкости в турбулентное. Коэффициент кинематической вязкости принят равным  $\nu = 8,1 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

- а) 15,6 м/с;
- б) 1,34 м/с;
- в) 0,156 м/с
- г) 0,186 м/с.

10. Цистерна диаметром  $d=3$  м и длиной  $l=6$  м заполнена нефтью плотностью 850 кг/м<sup>3</sup>. Определить массу нефти в цистерне.

- а) 12 т;
- б) 36 т;
- в) 38 т;
- г) 120 т.

#### 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. Дифференциальные уравнения неразрывности, сохранения количества движения и энергии для вязкой сжимаемой среды.
2. Дискретизация и алгебраизация ДУЧП. Метод конечных разностей.
3. Метод маркеров и ячеек решения уравнений Навье-Стокса.
4. Функционал программного модуля ANSYS CFX.
5. Функционал программного модуля ANSYS Fluent.
6. Синтез математической модели гидродинамики в проточной части магистрального нефтяного насоса.
7. Моделирование гидродинамических процессов в коллекторном теплообменном аппарате.
8. Моделирование сопряженных задач гидродинамики и теплообмена в модуле ANSYS CFX.
9. Моделирование горения воздушно-метановой смеси в модуле ANSYS Fluent.
10. Нейросетевые модели на основе многослойного персептрона.

11. Обучение нейросетевой зависимости в программном комплексе *Statistica Neural Networks*
12. Технология *Response Surface Optimization*.
13. Построение моделей по типу "поверхностей отклика" на основе экспериментальных данных
14. Моделирование турбулентности в программном комплексе *ANSYS*.
15. Моделирование многофазных течений в программном комплексе *ANSYS*.
16. Моделирование естественной конвекции в программном комплексе *ANSYS*.
17. Моделирование кавитации в центробежном насосе.
18. Метод обратного распространения ошибки.
19. Методы оптимизации структуры персептронов.
20. Уравнения состояния при моделировании движения сжимаемых сред.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

(Например: 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	Методы компьютерной динамики жидкости	УК-1, ОПК-1, ОПК - 2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Моделирование и автоматизированное проектирование проточной части магистрального нефтяного насоса в программном комплексе ANSYS	УК-1, ОПК-1, ОПК - 2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Моделирование задач гидродинамики и теплообмена в программном комплексе ANSYS	УК-1, ОПК-1, ОПК - 2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому

			проекту....
4	Моделирование сопряженных задач с фазовыми превращениями в программном комплексе ANSYS	УК-1, ОПК-1, ОПК - 2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Основы нейросетевого моделирования	УК-1, ОПК-1, ОПК - 2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Нейросетевые факторные модели	УК-1, ОПК-1, ОПК - 2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, 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

Рекомендуемая литература		
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие

			изда
<b>1. Основная литература</b>			
1.1	В.П. Тарасик	Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем [Электронный ресурс] : учебник / В.П. Тарасик. — Электрон. дан. — Минск : Новое знание, 2013. — 584 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/4324">https://e.lanbook.com/book/4324</a> .	2013 элек
1.2	Ю.А. Булыгин, С.Г. Валюхов, Н.В. Заварзин, А.В. Кретинин	Математическое моделирование гидродинамических процессов в элементах проточной части нефтяного оборудования. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2013.	2013 печа
<b>2. Дополнительная литература</b>			
2.1	А.Г. Суслов	Наукоемкие технологии в машиностроении [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Суслов, Б.М. Базров, В.Ф. Безъязычный, Ю.С. Авраамов. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2012. — 528 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5795">https://e.lanbook.com/book/5795</a> .	2012 элект
2.2	Ряжских В.И., Бырдин А.П., Костина Т.И., Сидоренко А.А	Математическое моделирование в машиностроении: учеб. пособие. Воронеж, ФГБОУ ВПО «ВГТУ», 2015. 182 с.	2015 печа
<b>3 Методические разработки</b>			
3.1		Базовый курс. Вычислительная газо- и гидродинамика в ANSYS CFX <a href="https://cae-expert.ru/education_courses?taxonomy_vocabulary_4_tid=33">https://cae-expert.ru/education_courses?taxonomy_vocabulary_4_tid=33</a>	Эл. ресур

**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 <http://eios.vorstu.ru>
2. Консультирование посредством электронной почты
3. Использование презентаций при проведении лекционных занятий
4. Приобретение знаний в процессе общения со специалистами в области математического моделирования на профильных специализированных

сайтах (форумах)

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

6. Рекомендуемая литература в виде электронных ресурсов представлена на сайте ВГТУ (электронный каталог научно-технической библиотеки):

[http://catalog.vorstu.ru/MarcWeb/Work.asp?ValueDB=41&DisplayDB=vgtu\\_lib](http://catalog.vorstu.ru/MarcWeb/Work.asp?ValueDB=41&DisplayDB=vgtu_lib)

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

8. Информационно-аналитическая система SCINCE INDEX <http://elibrary.ru/>

9. Сайт компании КАДФЕМ Россия <https://www.cadfem-cis.ru/knowledge/video-cadfer/cfd>

10. Международный научно-образовательный сайт EqWorld <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>

11. Журнал «Математическое моделирование» на Общероссийском математическом портале

[http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=mm&wshow=details&option\\_lang=rus](http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=mm&wshow=details&option_lang=rus)

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

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

Проектно-конструкторский центр по договору между АО Турбонасос и ФГБОУ ВПО ВГТУ №132/316-13 от 29 ноября 2013 года на создание и обеспечение деятельности базовой кафедры нефтегазового оборудования и транспортировки (базовой кафедры) созданной при базовой организации (компьютеры – 15 шт, МФУ А0))

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

По дисциплине «Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли» читаются лекции, проводятся практические занятия, 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 \_\_\_\_\_. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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; 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 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> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
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.