


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



УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФМАТ  Рязжских В.И.  
«26» марта 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

«Математическое моделирование в нефтегазовом деле»

**Направление подготовки** 21.03.01 Нефтегазовое дело

**Профиль** Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года / 5 лет

**Форма обучения** очная / очно-заочная

**Год начала подготовки** 2019

Автор программы  / Кретинин А.В. /

Заведующий кафедрой  
Нефтегазового  
оборудования и  
транспортировки  / Валюхов С.Г./

Руководитель ОПОП  / Валюхов С.Г./

Воронеж 2019

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины – расширить представления студентов о моделировании как методе научного познания, привить представления о математике как науке об абстрактных понятиях и структурах, моделирующих те или иные стороны реального мира, ознакомить с использованием компьютера как средства познания и научно-исследовательской деятельности, сформировать у студента навыки решения практических задач на ЭВМ.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

1.2.1. формирование у студентов базовых знаний по проблемам разработки практических методов и технологий аналитического и приближенного численного анализа режимов функционирования сложных трубопроводных систем, комплексного решения производственных задач повышения безопасности, экологичности и эффективности объектов топливно-энергетического комплекса

1.2.2. формирование навыков решения научно-исследовательских и прикладных задач в нефтегазовой отрасли с позиций комплексного анализа механизмов и процессов переноса в сложных средах

1.2.3. углубление математического образования и развитие практических навыков в области прикладной математики

1.2.4. Приобретение навыков моделирования для последующей практической работы в области проектирования и эксплуатации технических систем, как важной составной части систем магистрального транспорта нефти, газа и нефтепродуктов

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование в нефтегазовом деле» 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 в нефтегазовом деле» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ПК-5 - Способен проводить прикладные научные исследования по проблемам нефтегазовой отрасли в сфере эксплуатации и обслуживания объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции   |
|-------------|---|
| УК-1        | Знать методы постановки и анализа прикладных задач, различные варианты решения задач, их достоинства и недостатки |
|             | Уметь грамотно, логично, аргументировано формировать  |

|      |   |
|------|---|
|      | собственные суждения и оценки при построении математических моделей.  |
|      | Владеть методами анализа задачи, выделяя ее базовые составляющие, методами определения и оценки практических последствий возможных решений задачи   |
| ПК-5 | Знать методы анализа информации по технологическим процессам и работе технических устройств в нефтегазовой отрасли в сфере эксплуатации и обслуживания объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки |
|      | Уметь планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в том числе с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать соответствующие выводы                          |
|      | Владеть способностью использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности  |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование в нефтегазовом деле» составляет 5 з.е.

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

| Виды учебной работы                       | Всего часов | Семестры |
|---|-------------|----------|
|   |             | 5        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>         | 54          | 54       |
| В том числе:                              |             |          |
| Лекции                                    | 18          | 18       |
| Практические занятия (ПЗ)                 | 18          | 18       |
| Лабораторные работы (ЛР)                  | 18          | 18       |
| <b>Самостоятельная работа</b>             | 90          | 90       |
| <b>Курсовая работа</b>                    | +           | +        |
| Часы на контроль                          | 36          | 36       |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен   | +           | +        |
| Общая трудоемкость:<br>академические часы | 180         | 180      |
| зач.ед.                                   | 5           | 5        |

**очно-заочная форма обучения**

| Виды учебной работы               | Всего часов | Семестры |
|-----------------------------------|-------------|----------|
|                                   |             | 6        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b> | 40          | 40       |
| В том числе:                      |             |          |
| Лекции                            | 16          | 16       |
| Практические занятия (ПЗ)         | 16          | 16       |
| Лабораторные работы (ЛР)          | 8           | 8        |

|   |          |          |
|---|----------|----------|
| <b>Самостоятельная работа</b>                               | 104      | 104      |
| <b>Курсовая работа</b>                                      | +        | +        |
| <b>Часы на контроль</b>                                     | 36       | 36       |
| <b>Виды промежуточной аттестации - экзамен</b>              | +        | +        |
| <b>Общая трудоемкость:</b><br>академические часы<br>зач.ед. | 180<br>5 | 180<br>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. | Лаб. зан. | СРС | Всего, час |
|-------|--|--|------|-----------|-----------|-----|------------|
| 1     | Моделирование как метод познания. Важнейшие понятия, связанные с математическим моделированием. Случайные процессы и их классификация. | Цели и задачи моделирования. Моделирование в естественных и технических науках. Абстрактные модели и их классификация. Понятие «математическая модель». Различные подходы к классификации математических моделей. Характеристики моделируемого явления. Внешние и внутренние характеристики математической модели. Замкнутые математические модели                 | 4    | 2         | 4         | 14  | 24         |
| 2     | Случайные процессы с непрерывным временем и дискретными состояниями  | Потоки событий. Ординарность, отсутствие последствия, стационарность. Независимые потоки. Интенсивность потока. Сложение потоков. Простейший поток событий. Структура простейшего потока событий. Граф состояний системы, вероятности состояний. Уравнения Колмогорова, мнемоническое правило составления уравнений.   | 4    | 2         | 4         | 14  | 24         |
| 3     | Система массового обслуживания с отказами  | Понятие о системах массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами. Граф состояний. Уравнения Колмогорова. Стационарный режим и предельные вероятности состояний. Многоканальная СМО с отказами. Граф состояний и уравнения Колмогорова. Стационарный режим. Формулы Эрланга. Основные показатели эффективности. | 4    | 2         | 4         | 14  | 24         |
| 4     | Система массового обслуживания с ожиданием   | Многоканальная система с ограниченной очередью. Граф состояний и уравнения Колмогорова. Переходной и стационарный режим.   | 2    | 4         | 2         | 16  | 24         |

|              |   |   |           |           |           |           |            |
|--------------|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|              |   | Определение предельных вероятностей. Показатели эффективности на стационарном режиме. Формулы Литтла.   |           |           |           |           |            |
| 5            | Численные методы решения дифференциальных уравнений | Постановка задачи численного дифференцирования. Численное дифференцирование на основе интерполяционных многочленов. Оценка погрешности численного дифференцирования. Численное дифференцирование на ЭВМ. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Рунге-Кутты. Решение краевой задачи для линейного уравнения 2-ого порядка сведением к разностной краевой задаче. Метод сеток   | 2         | 4         | 2         | 16        | 24         |
| 6            | Нелинейная параметрическая оптимизация              | Параметрическая оптимизация в проектировании. Определение экстремума аналитической целевой функции. Постановка задач оптимизации. Критерии оптимизации, формирование целевой функции в многокритериальной задаче оптимизации. Выбор управляемых параметров. Безусловная и условная оптимизация. Метод штрафных функций. Методы поиска экстремума целевой функции. Метод покоординатного спуска. Методы случайного поиска. Метод наискорейшего спуска. Определение оптимального шага при многомерном поиске. Метод Ньютона. Аппроксимация градиента целевой функции. Оценка эффективности методов поиска в условиях сложного рельефа поверхности отклика. Метод сопряженных градиентов. Метод регулярного симплекса. Метод деформируемого многогранника. Метод не прямой оптимизации на основе самоорганизации | 2         | 4         | 2         | 16        | 24         |
| <b>Итого</b> |   |   | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>90</b> | <b>144</b> |

### очно-заочная форма обучения

| № п/п | Наименование темы  | Содержание раздела  | Лекц | Прак зан. | Лаб. зан. | СРС | Всего, час |
|-------|--|---|------|-----------|-----------|-----|------------|
| 1     | Моделирование как метод познания. Важнейшие понятия, связанные с математическим моделированием. Случайные процессы и их классификация. | Цели и задачи моделирования. Моделирование в естественных и технических науках. Абстрактные модели и их классификация. Понятие «математическая модель». Различные подходы к классификации математических моделей. Характеристики моделируемого явления. Внешние | 4    | 2         | 2         | 16  | 24         |

|   |   |   |   |   |   |    |    |
|---|---|---|---|---|---|----|----|
|   |   | и внутренние характеристики математической модели. Замкнутые математические модели  |   |   |   |    |    |
| 2 | Случайные процессы с непрерывным временем и дискретными состояниями | Потоки событий. Ординарность, отсутствие последствия, стационарность. Независимые потоки. Интенсивность потока. Сложение потоков. Простейший поток событий. Структура простейшего потока событий. Граф состояний системы, вероятности состояний. Уравнения Колмогорова, мнемоническое правило составления уравнений.  | 4 | 2 | 2 | 16 | 24 |
| 3 | Система массового обслуживания с отказами                           | Понятие о системах массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами. Граф состояний. Уравнения Колмогорова. Стационарный режим и предельные вероятности состояний. Многоканальная СМО с отказами. Граф состояний и уравнения Колмогорова. Стационарный режим. Формулы Эрланга. Основные показатели эффективности.  | 2 | 2 | 2 | 18 | 24 |
| 4 | Система массового обслуживания с ожиданием                          | Многоканальная система с ограниченной очередью. Граф состояний и уравнения Колмогорова. Переходной и стационарный режим. Определение предельных вероятностей. Показатели эффективности на стационарном режиме. Формулы Литтла.  | 2 | 2 | 2 | 18 | 24 |
| 5 | Численные методы решения дифференциальных уравнений                 | Постановка задачи численного дифференцирования. Численное дифференцирование на основе интерполяционных многочленов. Оценка погрешности численного дифференцирования. Численное дифференцирование на ЭВМ. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Рунге-Кутты. Решение краевой задачи для линейного уравнения 2-ого порядка сведением к разностной краевой задаче. Метод сеток   | 2 | 4 | - | 18 | 24 |
| 6 | Нелинейная параметрическая оптимизация                              | Параметрическая оптимизация в проектировании. Определение экстремума аналитической целевой функции. Постановка задач оптимизации. Критерии оптимизации, формирование целевой функции в многокритериальной задаче оптимизации. Выбор управляемых параметров. Безусловная и условная оптимизация. Метод штрафных функций. Методы поиска экстремума целевой функции. Метод покоординатного спуска. Методы случайного поиска. Метод | 2 | 4 | - | 18 | 24 |

|              |  |  |           |           |          |            |            |
|--------------|--|--|-----------|-----------|----------|------------|------------|
|              |  | наискорейшего спуска.<br>Определение оптимального шага при многомерном поиске. Метод Ньютона. Аппроксимация градиента целевой функции. Оценка эффективности методов поиска в условиях сложного рельефа поверхности отклика. Метод сопряженных градиентов. Метод регулярного симплекса. Метод деформируемого многогранника. Метод не прямой оптимизации на основе самоорганизации |           |           |          |            |            |
| <b>Итого</b> |  |  | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>8</b> | <b>104</b> | <b>144</b> |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Укажите перечень лабораторных работ

1. Методы Эйлера приближенного решения начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений и особенности их реализации в системе Mathcad (или MatLab).

2. Методы Рунге-Кутты решения начальных задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Система массового обслуживания с отказами.

3. Исследование системы массового обслуживания с очередью с помощью компьютерной программы в Mathcad.

4. Решение задач оптимизации с помощью методов градиентного спуска.

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре для очной формы обучения, в 6 семестре для очно-заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Применение теории случайных процессов для моделирования систем и объектов нефтегазовой отрасли»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- проведение анализа применяемых методов случайных процессов;
- проведение анализа статистических данных по работе нефтегазового оборудования;

- анализ методов решения задач;

- идентификация применяемых математических моделей.

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

7.1.1 Этап текущего контроля

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

«аттестован»;

«не аттестован».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции   | Критерии оценивания                                      | Аттестован  | Не аттестован   |
|-------------|---|--|---|---|
| УК-1        | Знать методы постановки и анализа прикладных задач, различные варианты решения задач, их достоинства и недостатки   | Тест   | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | Уметь грамотно, логично, аргументировано формировать собственные суждения и оценки при построении математических моделей.   | Решение стандартных практических задач                   | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | Владеть методами анализа задачи, выделяя ее базовые составляющие, методами определения и оценки практических последствий возможных решений задачи   | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ПК-5        | Знать методы анализа информации по технологическим процессам и работе технических устройств в нефтегазовой отрасли в сфере эксплуатации и обслуживания объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки | Тест   | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | Уметь планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в том числе с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать соответствующие выводы                          | Решение стандартных практических задач                   | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | Владеть   | Решение прикладных                                       | Выполнение работ в срок,                                      | Невыполнение  |



|  |  |                                       |                                      |  |
|--|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
|  | способностью использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности | задач в конкретной предметной области | предусмотренный в рабочих программах | работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|--|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения, 6 семестре для очно-заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции   | Критерии оценивания                                      | Отлично  | Хорошо  | Удовл.   | Неудовл.                             |
|-------------|---|--|--|---|--|--------------------------------------|
| УК-1        | Знать методы постановки и анализа прикладных задач, различные варианты решения задач, их достоинства и недостатки                                 | Тест   | Выполнение теста на 90- 100%                           | Выполнение теста на 80- 90%   | Выполнение теста на 70- 80%                              | В тесте менее 70% правильных ответов |
|             | Уметь грамотно, логично, аргументировано формировать собственные суждения и оценки при построении математических моделей.                         | Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
|             | Владеть методами анализа задачи, выделяя ее базовые составляющие, методами определения и оценки практических последствий возможных решений задачи | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
| ПК-5        | Знать методы анализа информации по технологическим процессам и работе технических устройств в нефтегазовой отрасли в сфере эксплуатации и         | Тест   | Выполнение теста на 90- 100%                           | Выполнение теста на 80- 90%   | Выполнение теста на 70- 80%                              | В тесте менее 70% правильных ответов |

|  |  |  |   |  |                  |  |
|--|--|--|---|--|------------------|--|
| обслуживания объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки  |  |  |   |  |                  |  |
| Уметь планировать и проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в том числе с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать соответствующие выводы | 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 способностью использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности                                       | 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. В методе половинного деления отрезок  $[a, b]$  делится пополам, если выполнено условие:

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

2. В методе хорд через точки  $(a, f(a))$ ,  $(b, f(b))$  проводится хорда, если выполнено условие:

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

3. Порядок аппроксимации производной разностным отношением определяется с помощью:

А) формулы Тейлора; Б) дифференцирования; В) интегрирования; Г) метода Гаусса.

4. Явная схема Эйлера является:

А) условно устойчивой; Б) абсолютно устойчивой; В) абсолютно неустойчивой; Г) неопределенной

5. Возникновение погрешности метода Эйлера связано с тем, что

А) касательная проводится к искомой кривой;

Б) касательная проводится к некоторой интегральной кривой, проходящей через данную точку;

В) кривая заменяется касательной; Г) касательная заменяется хордой

6. Неявная схема Эйлера имеет вид:

А)  $\frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2h} = f(x_i, y_i)$ ; Б)  $\frac{y_i - y_{i-1}}{h} = f(x_{i-1}, y_{i-1})$ ; В)  $\frac{y_i - y_{i-1}}{h} = f(x_i, y_i)$ ;

Г)  $\frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{h} = f(x_{i-1}, y_{i-1})$ .

7. Производная первого порядка в точке  $x_i$  аппроксимируется разностным отношением вида:

А)  $\frac{y_i - y_{i-1}}{h}$ ; Б)  $\frac{2y_i - y_{i-1}}{h}$ ; В)  $\frac{y_{i+1} - 4y_{i-1}}{h}$ ; Г)  $\frac{y_i - 3y_{i-1}}{h}$ .

8. Для уменьшения погрешности метода Эйлера необходимо:

А) уменьшить шаг интегрирования; Б) увеличить шаг интегрирования; В) изменить начальные условия; Г) увеличить промежуток, на котором необходимо найти решение начальной задачи.

9. Итерационный процесс градиентного метода при поиске минимума функции двух переменных определяется формулами:

А)  $x_i = x_{i-1} - h \frac{\partial f(x_{i-1}, y_{i-1})}{\partial x}$ ,  $y_i = y_{i-1} - h \frac{\partial f(x_{i-1}, y_{i-1})}{\partial y}$ ; Б)  $x_i = x_{i-1} + h \frac{\partial f(x_{i-1}, y_{i-1})}{\partial x}$ ,  $y_i = y_{i-1} + h \frac{\partial f(x_{i-1}, y_{i-1})}{\partial y}$ ; В)  $x_i = x_{i-1} - h \frac{\partial f(x_{i-1}, y_{i-1})}{\partial x}$ ,  $y_i = y_{i-1} + h \frac{\partial f(x_{i-1}, y_{i-1})}{\partial y}$

10. В методе сопряженных градиентов в итерационном процессе градиенты в точках  $P_{i-1}$  и  $P_i$ :

А) взаимно перпендикулярны; Б) противоположны; В) лежат на одной прямой; Г) сонаправлены.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Поток событий называется стационарным, если его вероятностные характеристики...

1) зависят от времени; 2) не зависят от времени; 3) заданные функции; 4) определены.

2. Промежуток времени между двумя соседними событиями простейшего потока имеет распределение:

1) равномерное; 2) нормальное; 3) показательное; 4) Пуассона.

3. Число событий простейшего потока с интенсивностью  $\lambda$ , попадающих на отрезок  $[0, \tau]$ , имеет распределение Пуассона с параметром

$a = \dots$

- 1)  $\lambda$ ; 2)  $\tau$ ; 3)  $\frac{1}{\lambda}$ ; 4)  $\lambda\tau$ .

4. При выводе уравнений Колмогорова применяется;

1) формула Байеса; 2) формула полной вероятности; формула Лапласа; уравнение Бернулли.

5. Градиент функции имеет направление, в котором...

1) функция убывает; 2) функция возрастает; 3) функция возрастает с наибольшей скоростью; 4) постоянна.

6. Производная второго порядка аппроксимируется разностным отношением:

- 1)  $\frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{h}$ ; 2)  $\frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{h^2}$ ; 3)  $\frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{2h}$ ; 4)  $\frac{u_{i+1} - 4u_i + u_{i-1}}{h^2}$ .

7. Градиент функции равен  $\text{grad}f(1,2) = \{3,4\}$ , тогда производная в направлении градиента равна...

- 1) 7; 2) 1; 3) 5; 4) 3.

8. В системе массового обслуживания 1 канал и 1 место в очереди. Количество возможных состояний системы равно...

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

9. Правильной является следующая формула:

- А)  $\frac{y_i - y_{i-1}}{h} = y'(x_i) + O(h)$ ; Б)  $\frac{y_i - y_{i-1}}{h} = y'(x_i) + O(h^2)$ ; В)  $\frac{y_i - y_{i-1}}{h} = y'(x_i) + O(h^0)$ ;  
Г)  $\frac{y_i - y_{i-1}}{h} = y'(x_i) + O(h^3)$ .

10. Правая и левая границы интервала, содержащего единственный корень уравнения  $f(x) = 0$ , удовлетворяют условию:

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

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. В СМО с отказами 3 канала. Поток заявок и обслуживаний – простейшие, интенсивности которых соответственно равны  $\lambda = 2$ ,  $\mu = 1$ . Вероятность отказа СМО равна:

- 1)  $\frac{4}{19}$ ; 2)  $\frac{15}{19}$ ; 3) 1,0; 4)  $\frac{1}{3}$ .

2. В СМО с отказами 3 канала. Поток заявок и обслуживаний – простейшие, интенсивности которых соответственно равны  $\lambda = 2$ ,  $\mu = 1$ .

Найдите среднее число занятых каналов на стационарном режиме.

- 1)  $\frac{15}{19}$ ; 2)  $\frac{10}{19}$ ; 3)  $\frac{30}{19}$ ; 4)  $\frac{1}{3}$ .

3. В СМО с отказами - 2 канала. Поток заявок и обслуживаний – простейшие, интенсивности которых соответственно равны  $\lambda = 2$ ,  $\mu = 1$ .

Относительная пропускная способность СМО равна:

- 1)  $\frac{4}{5}$ ; 2)  $\frac{1}{5}$ ; 3)  $\frac{2}{5}$ ; 4) 1.

4. Ремонтная мастерская имеет две линии (канала) для ремонта автомашин. В мастерскую поступает простейший поток заявок на ремонт с плотностью  $\lambda = 3$  вызова в час (вызов, поступивший в момент, когда все линии заняты, получает отказ). Из анализа статистических данных известно, что средняя длительность ремонта автомашины (для одного канала) составляет 2 часа. Абсолютная пропускная способность СМО равна:

- 1)  $\frac{17}{25}$  2)  $\frac{1}{25}$  3)  $\frac{42}{25}$  4)  $\frac{2}{5}$

5. Ремонтная мастерская имеет две линии для ремонта автомашин. В мастерскую поступает простейший поток заявок на ремонт с плотностью  $\lambda = 2$  вызова в час (вызов, поступивший в момент, когда все линии заняты, получает отказ). Из анализа статистических данных известно, что средняя длительность ремонта автомашины составляет 1 час. Среднее число занятых линий для ремонта на стационарном режиме равно:

- 1)  $\frac{6}{5}$ ; 2)  $\frac{1}{5}$ ; 3)  $\frac{8}{5}$ ; 4) 1.

6. Процесс передачи тепла в стенке резервуара описывается уравнением теплопроводности  $C\rho \frac{\partial u}{\partial t} - \lambda \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(t, x)$ .

Явная разностная схема имеет вид:

- 1)  $C\rho \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} - \lambda \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{h^2} = f(x_i)$ ; 2)  $C\rho \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} - \lambda \frac{u_{i+1}^n - u_i^n}{h^2} = f(x_i)$   
3)  $C\rho \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} - \lambda \frac{u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}}{h^2} = f(x_i)$ ; 4)  $C\rho \frac{u_i^n}{\tau} - \lambda \frac{u_{i+1}^n - u_i^n}{h^2} = f(x_i)$ .

7. Процесс передачи тепла в стенке резервуара описывается уравнением теплопроводности  $C\rho \frac{\partial u}{\partial t} - \lambda \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(t, x)$ .

Неявная разностная схема имеет вид:

- 1)  $C\rho \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} - \lambda \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{h^2} = f(x_i)$ ; 2)  $C\rho \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} - \lambda \frac{u_{i+1}^n - u_i^n}{h^2} = f(x_i)$

$$3) C\rho \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} - \lambda \frac{u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}}{h^2} = f(x_i); \quad 4) C\rho \frac{u_i^n}{\tau} - \lambda \frac{u_{i+1}^n - u_i^n}{h^2} = f(x_i).$$

8. Интенсивность потока отказов системы подачи составила в среднем 0,005 отказов/час. Средний промежуток времени между двумя отказами составляет (в часах):

- 1) 100                      2) 2000                      **3) 200**                      4) 500

9. Плотность потока восстановления единицы однотипного нефтегазового оборудования в ремонтной мастерской составляет величину 0,05 ед/час. Средняя длительность ремонта равна (в часах):

- 1) 10;    2) 100;    **3) 20;**    4) 200.

10. Мастерская для ремонта оборудования имеет две линии. В мастерскую поступает простейший поток заявок на ремонт с плотностью  $\lambda = 2$  вызова в час (вызов, поступивший в момент, когда все линии заняты, получает отказ). Из анализа статистических данных известно, что средняя длительность ремонта единицы оборудования составляет 1 час. Вероятность отказа в обслуживании равна:

- 1) 0,5;    **2) 0,2;**    3) 0,4;    4) 0,1.

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

Не предусмотрено учебным планом

#### 7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Цели и задачи моделирования. Моделирование в естественных и технических науках.
2. Абстрактные модели и их классификация. Понятие «математическая модель». Различные подходы к классификации математических моделей.
3. Характеристики моделируемого явления. Внешние и внутренние характеристики математической модели. Замкнутые математические модели
4. Потоки событий. Ординарность, отсутствие последствия, стационарность.
5. Независимые потоки. Интенсивность потока. Сложение потоков.
6. Простейший поток событий.
7. Структура простейшего потока событий.
8. Граф состояний системы, вероятности состояний.
9. Уравнения Колмогорова, мнемоническое правило составления уравнений.
10. Понятие о системах массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания.
11. Одноканальная СМО с отказами. Граф состояний. Уравнения

Колмогорова.

12. Стационарный режим и предельные вероятности состояний.
13. Многоканальная СМО с отказами. Граф состояний и уравнения Колмогорова.
14. Стационарный режим. Формулы Эрланга.
15. Основные показатели эффективности СМО с отказами.
16. Многоканальная система с ограниченной очередью. Граф состояний и уравнения Колмогорова.
17. Переходной и стационарный режимы.
18. Определение предельных вероятностей.
19. Показатели эффективности на стационарном режиме.
20. Формулы Литтла.
21. Постановка задачи численного дифференцирования.
22. Численное дифференцирование на основе интерполяционных многочленов. Оценка погрешности численного дифференцирования.
23. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.
24. Метод Эйлера.
25. Методы Рунге-Кутты.
26. Решение краевой задачи для линейного уравнения 2-ого порядка сведением к разностной краевой задаче. Метод сеток
27. Постановка задач оптимизации. Критерии оптимизации, формирование целевой функции в многокритериальной задаче оптимизации.
28. Безусловная и условная оптимизация. Метод штрафных функций. Методы поиска экстремума целевой функции.
29. Метод покоординатного спуска. Методы случайного поиска.
30. Метод наискорейшего спуска. Определение оптимального шага при многомерном поиске.
31. Метод Ньютона. Аппроксимация градиента целевой функции.
32. Метод сопряженных градиентов.

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

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

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

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

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

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

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины   | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства   |
|-------|--|--------------------------------|--|
| 1     | Моделирование как метод познания. Важнейшие понятия, связанные с математическим моделированием .<br>Случайные процессы и их классификация. | ПК-5                           | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту.... |
| 2     | Случайные процессы с непрерывным временем и дискретными состояниями  | ПК-5                           | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту.... |
| 3     | Система массового обслуживания с отказами  | УК-1, ПК-5                     | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту.... |
| 4     | Система массового обслуживания с ожиданием   | УК-1, ПК-5                     | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту.... |
| 5     | Численные методы решения дифференциальных уравнений  | УК-1, ПК-5                     | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту.... |
| 6     | Нелинейная параметрическая оптимизация   | УК-1, ПК-5                     | 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**

1. Е.В. Гливенко. Математическое моделирование в нефтегазовом деле: учеб. пособие. М.: ИЦ РГУ Нефти и газа, 2009. 172 с.

2. Ю.А. Булыгин, С.Г. Валюхов, М.И. Зайцева, А.В. Кретинин. Популярныe вычислительные методы в инженерных расчетах, 2007.

3. Ю.А. Булыгин, С.Г. Валюхов, Н.В. Заварзин, А.В. Кретинин. Математическое моделирование гидродинамических процессов в элементах проточной части нефтяного оборудования, 2013.

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

5. Булыгин Ю.А., Валюхов С.Г., Кретинин А.В., Гуртовой А.А. Методическое руководство к выполнению практических заданий по курсу «Основы математического моделирования», 2015, Эл. Ресурс.

6. Булыгин Ю.А., Валюхов С.Г., Кретинин А.В., Студеникин А.В. Методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу «Основы математического моделирования». Ч. 1. 2015, Эл. ресурс.

7. Булыгин Ю.А., Валюхов С.Г., Кретинин А.В., Гуртовой А.А. Методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу «Основы математи-ческого моделирования». Ч. 2. 2015, Эл. ресурс.

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

### **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. *Освоение пользовательского интерфейса систем Mathcad (или MatLab). Элементарные вычисления.*

2. *Визуализация в Mathcad( или MatLab)*

3. *Основы программирования в среде Mathcad (или MatLab)*

4. *Интерполяция. Линейные, нелинейные уравнения и системы. Минимизация функций в MatLab*

5. *Освоение пользовательского интерфейса программы нейросетевого моделирования ST Neural Networks*

6. *Использование различных методов обучения нейросетевых моделей в среде ST Neural Networks.*

7. *Решение задач аппроксимации с использованием нейронных сетей*

8. *Проведение вычислительного эксперимента. Запуск нейронной сети. Визуализация качества функционирования нейронной сети*

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

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

9.2. *Учебные лаборатории:*

*Специализированная лаборатория математического моделирования рабочих процессов в нефтегазовом оборудовании (АО «Турбонасос»)*”

9.3. *Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума*

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

По дисциплине «Математическое моделирование в нефтегазовом деле» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

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

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета \_\_\_\_\_. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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

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

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

| Вид учебных занятий | Деятельность студента  |
|---------------------|--|
| Лекция              | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; 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 |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>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.</p>  |
| <p>Практическое занятие</p>                  | <p>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.</p>  |
| <p>Лабораторная работа</p>                   | <p>Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.</p>   |
| <p>Самостоятельная работа</p>                | <p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <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> |
| <p>Подготовка к промежуточной аттестации</p> | <p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>   |