

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Интеллектуальные производственные технологии

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

|                                                                                     |                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Блок:</b>                                                                        | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>          |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                                             | Обязательная                                 |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                                              | Б1.О.25                                      |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                                            | 5 семестр - 3;                               |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                                             | 108 часов                                    |
| <b>Лекции</b>                                                                       | 5 семестр - 16 часов;                        |
| <b>Практические занятия</b>                                                         | 5 семестр - 16 часов;                        |
| <b>Лабораторные работы</b>                                                          | 5 семестр - 16 часов;                        |
| <b>Консультации</b>                                                                 | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                                       | 5 семестр - 59,7 часа;                       |
| <b>в том числе на КП/КР</b>                                                         | не предусмотрено учебным планом              |
| <b>Иная контактная работа</b>                                                       | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| <b>включая:</b><br><b>Лабораторная работа</b><br><b>Расчетно-графическая работа</b> |                                              |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                                                    |                                              |
| <b>Зачет с оценкой</b>                                                              | 5 семестр - 0,3 часа;                        |

**Москва 2025**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

|                                                                                   |                                                    |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|                                                                                   | Владелец                                           | Крупин Г.В.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R4188c978-KrupinGV-f4595e2b |

Г.В. Крупин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

|                                                                                   |                                                    |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|                                                                                   | Владелец                                           | Овечников С.А.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R8f25bf1e-OvechnikovSA-a943abe |

С.А. Овечников

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|                                                                                   |                                                    |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|                                                                                   | Владелец                                           | Гончаров А.Л.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R1e4b7e3c-GoncharovAL-b043abe |

А.Л. Гончаров

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении принципов и закономерностей современных численных методов и их теоретического обоснования, освоении методов численного решения основных математических задач, возникающих в инженерной практике, формировании понятий о способах построения и применения математических моделей и проведения расчетов по ним.

### Задачи дисциплины

- освоение основных численных методов решения скалярных уравнений и систем линейных уравнений, численных методов аппроксимации, методов численного дифференцирования и интегрирования, численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;
- освоение подходов к теоретическому обоснованию свойств вышеперечисленных методов, анализу их точности, условий применимости и т.д.;
- освоение некоторых общих подходов и приемов построения рассматриваемых численных методов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                              | Код и наименование индикатора достижения компетенции                     | Запланированные результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | ИД-4 <sub>ОПК-3</sub> Применяет математический аппарат численных методов | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- расчетные формулы, условия применения и оценки погрешностей методов среднеквадратичного приближения и интерполяции функций, методов численного интегрирования и дифференцирования;</li><li>- расчетные формулы, условия применения и оценки погрешностей численных методов решения ОДУ;</li><li>- расчетные формулы, условия применения и оценки погрешностей численных методов решения скалярных уравнений, решения СЛАУ.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- грамотно реализовывать расчетные формулы методов, используя алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов прикладных программ;</li><li>- правильно выбирать численный метод, опираясь на анализ характера поставленной задачи и знание свойств соответствующих численных методов;</li><li>- анализировать точность (погрешность) полученного численного решения, в том числе давать рекомендации по возможности достижения требуемой точности.</li></ul> |

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Интеллектуальные производственные технологии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать высшая математика, информатика

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| №<br>п/п | Разделы/темы<br>дисциплины/формы<br>промежуточной<br>аттестации | Всего часов<br>на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |    |      |    |    |                      |                                         | Содержание самостоятельной работы/<br>методические указания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|-----|----|--------------|----|------|----|----|----------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                 |                          |         | Контактная работа                                                    |     |    |              |    |      |    |    | СР                   |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|          |                                                                 |                          |         | Лек                                                                  | Лаб | Пр | Консультация |    | ИКР  |    | ПА | Работа в<br>семестре | Подготовка к<br>аттестации<br>/контроль |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|          |                                                                 |                          |         |                                                                      |     |    | КПР          | ГК | ИККП | ТК |    |                      |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1        | 2                                                               | 3                        | 4       | 5                                                                    | 6   | 7  | 8            | 9  | 10   | 11 | 12 | 13                   | 14                                      | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1        | Основы теории погрешностей и машинной арифметики                | 15.7                     | 5       | 2                                                                    | 2   | 2  | -            | -  | -    | -  | -  | 9.7                  | -                                       | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Основы теории погрешностей и машинной арифметики" материалу. Подготовка к защите ЛР1 «Основы теории погрешностей. Решение нелинейных уравнений»<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Основы теории погрешностей и машинной арифметики". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Указания к решению задач по вычислительной математике. Теория погрешностей. Нелинейные уравнения. Системы линейных алгебраических уравнений. М: Издательский дом МЭИ, 2009., с. 5–14,). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Найти абсолютную и относительную погрешность заданной функции трех переменных. |
| 1.1      | Основы теории погрешностей и машинной арифметики                | 15.7                     |         | 2                                                                    | 2   | 2  | -            | -  | -    | -  | -  | 9.7                  | -                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|     |                              |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|------------------------------|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                              |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 27–31, 34–40<br>[2], стр. 4–7<br>[3], стр. 5–14<br>[7], стр. 27–31, 34–40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2   | Решение нелинейных уравнений | 16 |  | 2 | 3 | 2 | - | - | - | - | - | 9 | - | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Решение нелинейных уравнений" материалу. Подготовка к защите ЛР1 «Основы теории погрешностей. Решение нелинейных уравнений»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2.1 | Решение нелинейных уравнений | 16 |  | 2 | 3 | 2 | - | - | - | - | - | 9 | - | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Решение нелинейных уравнений". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Указания к решению задач по вычислительной математике. Теория погрешностей. Нелинейные уравнения. Системы линейных алгебраических уравнений. М: Издательский дом МЭИ, 2009. с. 15–22). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Локализовать корень заданного нелинейного уравнения и найди его методом бисекции с заданной точностью. 2. Локализовать корень заданного нелинейного уравнения и найди его методом простой итерации с заданной точностью. 3. Найти корень заданного нелинейного уравнения на заданном отрезке методом Ньютона с заданной точностью. |

|     |                                                  |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|--------------------------------------------------|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                                  |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 87–92, 97–105, 112–115<br>[2], стр. 8–10<br>[3], стр. 15–22<br>[6], стр. 8,9<br>[7], стр. 87–92, 97–105, 112–115                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3   | Решение систем линейных алгебраических уравнений | 21 |  | 3 | 3 | 4 | - | - | - | - | - | 11 | - | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Решение систем линейных алгебраических уравнений" материалу. Подготовка к защите ЛР2 «Решение СЛАУ»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3.1 | Решение систем линейных алгебраических уравнений | 21 |  | 3 | 3 | 4 | - | - | - | - | - | 11 | - | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Решение систем линейных алгебраических уравнений". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Указания к решению задач по вычислительной математике. Теория погрешностей. Нелинейные уравнения. Системы линейных алгебраических уравнений. М: Издательский дом МЭИ, 2009., с. 23–36.). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Решить заданную СЛАУ методом Гаусса. 3. Вычислить нормы заданных матрицы и вектора. Найти относительную погрешность вектора, считая, что его компоненты получены округлением. 4. Осуществить три итерации методами простой итерации и Зейделя для заданной СЛАУ. Выписать апостериорные оценки погрешности. Оценить уменьшение |

|     |                                                                          |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                                                          |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | нормы невязки за три итерации.<br><u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u><br>[1], стр. 130–135, 145–153, 202–212<br>[2], стр. 11–15<br>[3], стр. 23–36<br>[6], стр. 6,7,11<br>[7], стр. 130–135, 145–153, 202–212                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4   | Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций | 20 |  | 3 | 2 | 4 | - | - | - | - | - | 11 | - | <u><b>Подготовка к лабораторной работе:</b></u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций" материалу. Подготовка к защите ЛР3 «Приближение функций»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 4.1 | Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций | 20 |  | 3 | 2 | 4 | - | - | - | - | - | 11 | - | <u><b>Подготовка расчетных заданий:</b></u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике, М: Издательский дом МЭИ, 2012., с. 5–20,). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Приблизить таблично заданную функцию МНК многочленами 1 и 2 степеней. 2. Приблизить таблично заданную функцию МНК заданным обобщенным многочленом. 3. Для функции, заданной таблицей, построить интерполяционный многочлен в |

|     |                                              |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----|----------------------------------------------|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                              |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | формах Лагранжа и Ньютона.<br><u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u><br>[1], стр. 355–359, 366–368, 400–406<br>[2], стр. 16–20<br>[4], стр. 5–20<br>[6], стр. 11,12<br>[7], стр. 355–359, 366–368, 400–406                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5   | Численное интегрирование и дифференцирование | 15 |  | 2 | 4 | - | - | - | - | - | - | 9 | - | <u><b>Подготовка к контрольной работе:</b></u><br>Изучение материалов по разделу Численное интегрирование и дифференцирование и подготовка к контрольной работе                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5.1 | Численное интегрирование и дифференцирование | 15 |  | 2 | 4 | - | - | - | - | - | - | 9 | - | Подготовка к КР «Численное интегрирование и дифференцирование»<br><u><b>Подготовка расчетных заданий:</b></u> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Численное интегрирование и дифференцирование". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике, М: Издательский дом МЭИ, 2012., с. 25–32, 37–41,). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Вычислить приближенно заданный определенный интеграл формулами центральных прямоугольников, трапеций, Симпсона, оценить погрешность с помощью априорных оценок и по правилу Рунге. 2. Найти шаг, достаточный для вычисления заданного интеграла с заданной точностью формулой трапеций. 3. Вычислить приближенно значение производной заданной функции в заданной точке по заданным формулам. |

|     |                               |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----|-------------------------------|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                               |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u><br>[1], стр. 426–430, 437–445<br>[2], стр. 21–26<br>[4], стр. 25–32, 37–41<br>[7], стр. 426–430, 437–445                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 6   | Численное решение задачи Коши | 20 |  | 4 | 2 | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | <u><b>Подготовка к лабораторной работе:</b></u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Численное решение задачи Коши" материалу. Подготовка к защите ЛР4 «Численное решение задачи Коши»<br><u><b>Подготовка расчетных заданий:</b></u> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Численное решение задачи Коши". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике, М: Издательский дом МЭИ, 2012., с. 25–32, 37–41). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Решить заданную задачу Коши явным методом Эйлера, методом Рунге-Кутты 2 порядка точности, выписать оценки погрешности по правилу Рунге.<br><u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u><br>[1], стр. 477, 485–493, 496–525<br>[2], стр. 27–29<br>[5], стр. 5–15, 26–29<br>[6], стр. 13-16 |
| 6.1 | Численное решение задачи Коши | 20 |  | 4 | 2 | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|  |                  |       |  |    |    |    |   |   |   |     |      |   |                                 |
|--|------------------|-------|--|----|----|----|---|---|---|-----|------|---|---------------------------------|
|  |                  |       |  |    |    |    |   |   |   |     |      |   | [7], стр. 477, 485–493, 496–525 |
|  | Зачет с оценкой  | 0.3   |  | -  | -  | -  | - | - | - | 0.3 | -    | - |                                 |
|  | Всего за семестр | 108.0 |  | 16 | 16 | 16 | - | - | - | 0.3 | 59.7 | - |                                 |
|  | Итого за семестр | 108.0 |  | 16 | 16 | 16 | - | - | - | 0.3 | 59.7 |   |                                 |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Основы теории погрешностей и машинной арифметики

#### 1.1. Основы теории погрешностей и машинной арифметики

Источники и классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Округление. Понятие верной цифры. Погрешности (относительные) арифметических операций. Погрешность функции одной и многих переменных в зависимости от погрешностей аргументов. Представление чисел в ЭВМ. Понятия машинного эпсилон, машинной бесконечности, машинного нуля..

### 2. Решение нелинейных уравнений

#### 2.1. Решение нелинейных уравнений

Постановка задачи поиска приближенного решения нелинейного уравнения. Локализация корней. Метод бисекции: алгоритм и теорема сходимости. Метод простой итерации. Достаточное условие сходимости. Априорные и апостериорные оценки погрешности. Метод Ньютона. Теорема о сходимости. Достоинства и недостатки метода Ньютона. Порядок сходимости. Модификации метода Ньютона (упрощенный метод Ньютона, метод секущих)..

### 3. Решение систем линейных алгебраических уравнений

#### 3.1. Решение систем линейных алгебраических уравнений

Прямые и итерационные методы решения. Метод Гаусса и его модификации с выбором главного элемента. Алгоритм и трудоемкость метода. Нормы векторов и матриц. Постановка задачи поиска приближенного решения СЛАУ итерационным методом. Метод простой итерации, метод Зейделя: алгоритмы и теоремы сходимости. Практический критерий окончания итерация (уменьшение нормы невязки).

### 4. Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций

#### 4.1. Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций

Постановка задачи приближения функций. Среднеквадратичное отклонение. Линейная задача Метода наименьших квадратов. Нормальная система метода, ее разрешимость. Приближение алгебраическими многочленами. Постановка задачи глобальной полиномиальной интерполяции. Существование и единственность интерполяционного многочлена. Многочлен в форме Лагранжа. Погрешность интерполяции. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона с конечными разностями..

### 5. Численное интегрирование и дифференцирование

#### 5.1. Численное интегрирование и дифференцирование

Постановка задачи численного интегрирования. Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона и их оценки погрешности. Правило Рунге оценки погрешностей. Решение задачи с заданной точностью. Постановка задачи численного дифференцирования. Левая, правая и центральная разностные производные (первого порядка). Вторая разностная производная. Их оценки погрешности..

### 6. Численное решение задачи Коши

#### 6.1. Численное решение задачи Коши

Постановка задачи Коши. Дискретизация задачи на примере одношагового метода. Аппроксимация, устойчивость и сходимость численных методов. Понятие о локальной и глобальной погрешностях. Явный метод Эйлера. Модификации метода Эйлера 2-го порядка точности. Правило Рунге оценки погрешности. Методы Рунге-Кутты 4-го порядка точности..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Приближение функций.;
2. Численное интегрирование и дифференцирование.;
3. Численное решение задачи Коши.;
4. Теория погрешностей.;
5. Решение нелинейных уравнений.;
6. Решение СЛАУ..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Особенности машинной арифметики. Решение нелинейных уравнений.;
2. Решение СЛАУ.;
3. Приближение функций.;
4. Численное решение задачи Коши..

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделу Основы теории погрешностей и машинной арифметики.
2. Обсуждение материалов по разделу Решение нелинейных уравнений
3. Обсуждение материалов по разделу Решение систем линейных алгебраических уравнений
4. Обсуждение материалов по разделу Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций.
5. Обсуждение материалов по разделу Численное интегрирование и дифференцирование
6. Обсуждение материалов по разделу Численное решение задачи Коши

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)                                                                                                | Коды<br>индикаторов   | Номер раздела<br>дисциплины (в<br>соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование)                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                   |                       | 1                                                       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |                                                                                                                               |
| <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                     |                       |                                                         |   |   |   |   |   |                                                                                                                               |
| расчетные формулы, условия применения и оценки погрешностей численных методов решения скалярных уравнений, решения СЛАУ                                                           | ИД-4 <sub>ОПК-3</sub> | +                                                       | + | + |   |   |   | Расчетно-графическая работа/Погрешности. Решение нелинейных уравнений. Решение СЛАУ                                           |
| расчетные формулы, условия применения и оценки погрешностей численных методов решения ОДУ                                                                                         | ИД-4 <sub>ОПК-3</sub> |                                                         |   |   |   |   | + | Лабораторная работа/Численное решение задачи Коши                                                                             |
| расчетные формулы, условия применения и оценки погрешностей методов среднеквадратичного приближения и интерполяции функций, методов численного интегрирования и дифференцирования | ИД-4 <sub>ОПК-3</sub> |                                                         |   |   | + | + | + | Расчетно-графическая работа/Приближение функций. Численное интегрирование и дифференцирование. Численное решение задачи Коши. |
| <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                                     |                       |                                                         |   |   |   |   |   |                                                                                                                               |
| анализировать точность (погрешность) полученного численного решения, в том числе давать рекомендации по возможности достижения требуемой точности                                 | ИД-4 <sub>ОПК-3</sub> | +                                                       | + |   |   |   |   | Лабораторная работа/Особенности машинной арифметики. Решение нелинейных уравнений                                             |
| правильно выбирать численный метод, опираясь на анализ характера поставленной задачи и знание свойств соответствующих численных методов                                           | ИД-4 <sub>ОПК-3</sub> |                                                         |   |   | + |   |   | Лабораторная работа/Приближение функций                                                                                       |
| грамотно реализовывать расчетные формулы методов, используя алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов прикладных программ            | ИД-4 <sub>ОПК-3</sub> |                                                         |   | + |   |   |   | Лабораторная работа/Решение СЛАУ                                                                                              |

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **5 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Особенности машинной арифметики. Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа)
2. Приближение функций (Лабораторная работа)
3. Решение СЛАУ (Лабораторная работа)
4. Численное решение задачи Коши (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Погрешности. Решение нелинейных уравнений. Решение СЛАУ (Расчетно-графическая работа)
2. Приближение функций. Численное интегрирование и дифференцирование. Численное решение задачи Коши. (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Зачет с оценкой (Семестр №5)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Амосов, А. А. Вычислительные методы : учебное пособие / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченкова. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань-Пресс, 2014. – 672 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-1623-3.;
2. Амосова, О. А. Упражнения по основам численных методов : задачник для всех направлений подготовки НИУ "МЭИ" / О. А. Амосова, А. Е. Вестфальский, Г. В. Крупин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2016. – 32 с.  
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=8726>;
3. Казенкин, К. О. Указания к решению задач по вычислительной математике. Теория погрешностей. Нелинейные уравнения. Системы линейных алгебраических уравнений : методическое пособие по курсам вычислительных методов по всем направлениям / К. О. Казенкин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Издательский дом МЭИ, 2009. – 36 с.;
4. Казенкин, К. О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике : методическое пособие по курсу "Вычислительные методы" для студентов МЭИ по всем направлениям подготовки / К. О. Казенкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Издательский

дом МЭИ, 2012. – 44 с.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4384>;

5. Казенкин, К. О. Численное решение задачи Коши. Численное решение двухточечных краевых задач. Указания к решению задач по вычислительной математике : методическое пособие по курсу "Вычислительные методы" по всем направлениям подготовки / К. О. Казенкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М., 2014. – 44 с.;

6. Амосова, О. А. Применение пакета Mathcad к решению вычислительных задач : методическое пособие по курсу "Численные методы" по всем направлениям подготовки / О. А. Амосова, А. Е. Вестфальский, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Издательский дом МЭИ, 2009. – 32 с.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=276>;

7. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченкова Н. В.- "Вычислительные методы", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2014 - (672 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=42190](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42190).

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Python.

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibr.mpei.ru/login.php>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

| Тип помещения                                                           | Номер аудитории, наименование | Оснащение                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ       | сервер, кондиционер                                                                                                                                                         |
|                                                                         | Б-300, Учебная аудитория      | парта, парта со скамьей, рабочее место сотрудника, стол, стул, трибуна, доска меловая, колонки звуковые, микрофон, мультимедийный проектор, экран, учебно-наглядное пособие |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | Б-415, Учебная аудитория      | кресло рабочее, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная                                                              |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | Ж-113, Компьютерный класс ИВЦ | стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер                                      |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | Б-415, Учебная аудитория      | кресло рабочее, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная                                                              |
| Помещения для                                                           | НТБ-303,                      | стол компьютерный, стул, стол                                                                                                                                               |

|                                                          |                                  |                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| самостоятельной работы                                   | Лекционная аудитория             | письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования                           | Б-415, Учебная аудитория         | кресло рабочее, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная       |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Б-400/1, Помещение дирекции ЭнМИ | стеллаж, стол, шкаф                                                                                                  |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Математическое моделирование

(название дисциплины)

## 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Особенности машинной арифметики. Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа)
- КМ-2 Решение СЛАУ (Лабораторная работа)
- КМ-3 Погрешности. Решение нелинейных уравнений. Решение СЛАУ (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 Приближение функций (Лабораторная работа)
- КМ-5 Приближение функций. Численное интегрирование и дифференцирование. Численное решение задачи Коши. (Расчетно-графическая работа)
- КМ-6 Численное решение задачи Коши (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации** – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины                                                        | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|
|               |                                                                          | Неделя КМ: | 4    | 8    | 10   | 12   | 14   | 15   |
| 1             | Основы теории погрешностей и машинной арифметики                         |            |      |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Основы теории погрешностей и машинной арифметики                         |            | +    |      | +    |      |      |      |
| 2             | Решение нелинейных уравнений                                             |            |      |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Решение нелинейных уравнений                                             |            | +    |      | +    |      |      |      |
| 3             | Решение систем линейных алгебраических уравнений                         |            |      |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Решение систем линейных алгебраических уравнений                         |            |      | +    | +    |      |      |      |
| 4             | Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций |            |      |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций |            |      |      |      | +    | +    |      |
| 5             | Численное интегрирование и дифференцирование                             |            |      |      |      |      |      |      |
| 5.1           | Численное интегрирование и дифференцирование                             |            |      |      |      |      | +    |      |
| 6             | Численное решение задачи Коши                                            |            |      |      |      |      |      |      |
| 6.1           | Численное решение задачи Коши                                            |            |      |      |      |      | +    | +    |

|            |    |    |    |    |    |    |
|------------|----|----|----|----|----|----|
| Bec KM, %: | 20 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 |
|------------|----|----|----|----|----|----|