

Направление подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»  
Профиль «Атомные электростанции и установки»  
РПД Б1.В.ДВ.01.02 «Теория подобия и методы моделирования физических процессов»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заместитель директора филиала  
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Смоленске  
канд. техн. наук, доцент  
В.В. Рожков

«27» 10 2025

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Теория подобия и методы моделирования физических процессов**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): **14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»**

Профиль: **«Атомные электростанции и установки»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2026**

Смоленск

Программа составлена с учетом образовательного стандарта высшего образования (ОС ВО) по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», утвержденного ректором ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Н.Д. Рогалевым 27.10.2023.

**Программу составил:**

  
\_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Новиков Г.Ю.  
подпись \_\_\_\_\_ ФИО

« 10 » октября 2025 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «**Промышленная теплоэнергетика**»:  
« 15 » октября 2025 г., протокол № 2

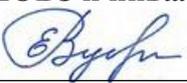
**Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»:**

  
\_\_\_\_\_ В.А. Галковский  
подпись \_\_\_\_\_ Ф.И.О.

« 20 » октября 2025 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе  
с ЛОВЗ и инвалидами**

  
\_\_\_\_\_ зам. начальника УУ Е.В. Зуева  
подпись \_\_\_\_\_ ФИО

« 20 » октября 2025 г.



### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** освоения дисциплины является формирование знаний, умений и навыков в области методов моделирования физических и технических процессов возникающих при функционировании объектов ядерной энергетике, использования для целей моделирования объектов ядерной энергетике различных численных методов.

**Задачи:** изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Моделирование физических процессов работы атомных электростанций» относится к части программы, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору).

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые следующими базовыми дисциплинами:

Высшая математика.

Химия.

Физика.

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения данной дисциплины, являются базовыми для изучения следующих дисциплин:

Измерительные системы на АЭС.

Турбомашины АЭС.

Ядерные энергетические реакторы

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-2. Демонстрирует понимание основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ПК-2.1 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей	Знает: основные законов термодинамики и их влияние на протекание физических процессов в ядерном реакторе Умеет: применять законы термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей Владеет: методиками термодинамического анализа теплотехнического оборудования на АЭС.



	<p>ПК-2.2 Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплоэнергетических установок и систем</p>	<p>Знает: основные законы тепломассообмена                  Умеет: применяет законы тепломассообмена для расчетов элементов теплоэнергетических установок АЭС                  Владеет: навыками поиска информации о свойствах теплоносителей, используемых в теплотехническом оборудовании АЭС.</p>
<p>ПК-3. Способен проводить экспериментальные исследования и теоретическое описание основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании</p>	<p>ПК-3.1 Владеет современными экспериментальными методами определения основных теплофизических величин</p>	<p>Знает: методы анализа исходной информации при моделировании объектов атомной энергетике и характеризующих их теплофизических величин                  Умеет: анализировать исходные данные при постановке задачи и формулировке граничных условий                  Владеет: навыками анализа корректности исходных данных при моделировании результатов экспериментальных исследований на АЭС</p>
	<p>ПК-3.2 Знает и умеет использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании</p>	<p>Знает: теоретические основы аппарата механики сплошных сред                  Умеет: использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании                  Владеет: навыками оценки объективности и реалистичности результатов при использовании аппарата механики сплошных сред</p>



**Содержание дисциплины:**

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>лекционные занятия 9 шт. по 2 часа:</p> <p>1.1. Тема Теоретические основы теории подобия и моделирования. Математическое и физическое моделирование. Сравнительная характеристика и основные этапы математического и физического моделирования. Численные методы и их значение при математическом моделировании. Теоретические основы теории подобия: теорема Ньютона, теорема Бикенгема, теорема Карпичева-Гухмана. Погрешности, возникающие при численном моделировании. Вычисление погрешностей расчетов по методу границ. Вероятностные и эмпирические методы оценки ошибок вычислений</p> <p>1.2. Тема Применение численных методов для моделирования физических процессов работы атомных электростанций. Естественно-научные процессы, лежащие в основе явлений и процессов, применяемых при создании и эксплуатации объектов атомной энергетики. Использование численных методов при моделировании этих процессов и явлений. Метрические пространства и принцип сжимающих отображений. Алгоритм решения линейного уравнения методом простой итерации. Скорость сходимости итерационного процесса. Метод Гаусса. Метод Зейделя. Алгоритм метода простой итерации при решении системы нелинейных уравнений. Применение метода Ньютона при решении системы нелинейных уравнений. Оценка погрешностей, возникающих при решении систем нелинейных уравнений.</p> <p>1.3. Тема Методы приближения функций. Постановка задачи аппроксимации функции. Существование и единственность интерполяционного многочлена. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Построение таблицы конечных разностей. Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона. Постановка задачи обратного интерполирования функции.</p> <p>1.4. Тема Топологическое моделирование теплоэнергетических систем и объектов. Основы теории графов. Поточковые графы (параметрические, материальные, тепловые, энергетические). Числовые характеристики графов. Методика построения поточковых графов. Методика построения сигнальных графов. Применение сигнальных графов для решения систем линейных уравнений. Эквивалентные преобразования сигнальных графов.</p> <p>1.5. Тема Матричное представление графов. Построение матриц: видов связей, соединений, смежности, достижимостей, контрдостижимостей, пересечений. Матрицы контуров, путей и пересечений.</p> <p>1.6. Тема Модели функционирования топливно-энергетических систем. Модель оптимизации топливно-энергетического баланса региона. Модель оптимизации топливно-энергетического баланса промышленного предприятия. Модель оптимизации уровня электрификации.</p> <p>1.7. Тема Моделирование производственных процессов. Оптимизация сетевого графика. Задача и направления использования ресурсов. Венгерский метод. Задача о максимальном потоке.</p> <p>1.8. Тема Моделирование распределения тепловых и электрических нагрузок при работе АЭС. Принципы распределения нагрузок между конденсационными энергоблоками. Постановка и граничные условия задачи об оптимальном распределении нагрузок. Модель распределения тепловых и электрических нагрузок на АЭС. Моделирование распределение тепловых и электрических нагрузок на АЭС.</p> <p>1.9. Тема Моделирование тепловых полей. Однородная задача теплопроводности для неоднородного стержня. Начальные и гранич-</p>



	ные условия.
2	<p>лабораторные работы 4 шт. по 4 часа:</p> <p>2.1. Аппроксимация характеристик нагнетательной установки по методу наименьших квадратов.</p> <p>2.2. Расчет характеристики сети насосной установки.</p> <p>2.3. Моделирование работы ядерного реактора.</p> <p>2.4. Моделирование распределения тепловых и электрических нагрузок на АЭС.</p>
3	<p>практические занятия 8 шт. по 2 часа:</p> <p>3.1 Специфика моделирования объектов атомной энергетики. Применение численных методов.</p> <p>Теплоэнергетические объекты и системы и их элементы. Критерии эффективности теплоэнергетических систем и объектов атомной энергетики. Балансовые уравнения и граничные условия при моделировании теплоэнергетических систем и объектов. Естественнонаучные процессы, лежащие в основе явлений и процессов, применяемых при создании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники. Использование численных методов при моделировании этих процессов и явлений</p> <p>3.2. Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений. Метрические пространства и принцип сжимающих отображений. Алгоритм решения линейного уравнения методом простой итерации. Скорость сходимости итерационного процесса. Метод Гаусса. Метод Зейделя. Алгоритм метода простой итерации при решении системы нелинейных уравнений. Применение метода Ньютона при решении системы нелинейных уравнений. Оценка погрешностей, возникающих при решении систем нелинейных уравнений.</p> <p>3.3. Методы приближения функций.</p> <p>Постановка задачи аппроксимации функции. Существование и единственность интерполяционного многочлена. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Построение таблицы конечных разностей. Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона. Постановка задачи обратного интерполирования функции.</p> <p>3.4. Топологическое моделирование теплоэнергетических систем и объектов.</p> <p>Основы теории графов. Поточковые графы (параметрические, материальные, тепловые, энергетические). Числовые характеристики графов. Методика построения поточковых графов. Методика построения сигнальных графов. Применение сигнальных графов для решения систем линейных уравнений. Эквивалентные преобразования сигнальных графов.</p> <p>3.5. Матричное представление графов.</p> <p>Построение матриц: видов связей, соединений, смежности, достижимостей, контрдостижимостей, пересечений. Матрицы контуров, путей и пересечений.</p> <p>3.6. Модели функционирования атомных электростанций.</p> <p>Модель функционирования ядерного реактора. Модель оптимизации функционирования атомной электростанции.</p> <p>3.7. Моделирование производственных процессов.</p> <p>Оптимизация сетевого графика. Задача о назначении использования ресурсов. Венгерский метод. Задача о максимальном потоке.</p> <p>3.8. Моделирование тепловых полей.</p> <p>Однородная задача теплопроводности для неоднородного стержня. Начальные и граничные условия.</p>
4	курсовая работа (курсовой проект) не предусмотрена
5	расчетно-графическая работа (реферат) не предусмотрено
6	Самостоятельная работа студентов:



<p>1. Математическое и физическое моделирование.(10 часов) Изучение разделов дисциплины: Погрешности, возникающие при численном моделировании. Вычисление погрешностей расчетов по методу границ. Вероятностные и эмпирические методы оценки ошибок вычислений. Теплоэнергетические объекты и системы и их элементы. Критерии эффективности теплоэнергетических систем и объектов..</p> <p>2. Применение численных методов для моделирования теплоэнергетических и теплотехнических процессов.(12 часов) Подготовка к практическому занятию. Изучение разделов дисциплины: Естественно-научные процессы, лежащие в основе явлений и процессов, применяемых при создании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники. Алгоритм решения линейного уравнения методом простой итерации. Скорость сходимости итерационного процесса. Метод Гаусса. Алгоритм метода простой итерации при решении системы нелинейных уравнений.</p> <p>3. Методы приближения функций.(10 часов) Подготовка к практическому занятию. Изучение разделов дисциплины: Постановка задачи аппроксимации функции. Существование и единственность интерполяционного многочлена. Постановка задачи обратного интерполирования функции.</p> <p>4. Топологическое моделирование теплоэнергетических систем и объектов.(10 часов) Подготовка к практическому занятию. Изучение разделов дисциплины: Основы теории графов. Поточковые энергетические графы. Числовые характеристики графов. Применение сигнальных графов для решения систем линейных уравнений. Эквивалентные преобразования сигнальных графов.</p> <p>5. Матричное представление графов.(10 часов) Подготовка к практическому занятию. Изучение разделов дисциплины: Построение матриц: контрдостижимостей, пересечений. Матрицы контуров, путей и пересечений.</p> <p>6. Модели функционирования топливно-энергетических систем.(10 часов) Подготовка к практическому занятию. Изучение разделов дисциплины: Модель оптимизации топливно-энергетического баланса региона. Модель оптимизации уровня электрификации.</p> <p>7. Моделирование физических процессов в ядерном реакторе.(10 часов) Подготовка к практическому занятию. Изучение разделов дисциплины: Оптимизация сетевого графика. Задача о максимальном потоке.</p> <p>8. Моделирование распределения тепловых и электрических нагрузок при работе АЭС.(12 часов) Подготовка к практическому занятию. Изучение разделов дисциплины: Принципы распределения нагрузок между конденсационными энергоблоками. Моделирование распределение тепловых и электрических нагрузок на ТЭЦ при использовании различных видов топлива.</p> <p>9. Моделирование тепловых полей.(10 часов) Подготовка к практическому занятию. Изучение разделов дисциплины: Начальные и граничные условия для однородной задачи теплопроводности для неоднородного стержня.</p>
---

**Текущий контроль:** На 6 и 12 неделях студенты выполняют контрольные работы, на 4, 8, 10 неделях проводится устный опрос студентов по тематике разделов вынесенных на самостоятельное изучение. На каждом практическом занятии проводится устный опрос студентов. По итогам положительной аттестации студентов по всем, предусмотренным видам контроля, осуществляется их допуск к экзамену по дисциплине.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятости по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция Интерактивная лекция (лекция с заранее запланированными ошибками) Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине
2	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений Технология обучения в сотрудничестве (командная, групповая работа) Проектная технология
3	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий индивидуально Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде) Технология проблемного обучения на основе анализа результатов лабораторной работы: индивидуальный опрос, собеседование в малой группе (бригаде), обсуждение результатов командной работы, групповая дискуссия, представление студентом или группой студентов (бригадой) результатов лабораторной работы в форме отчета Допуск к лабораторной работе
4	Консультации по курсовой работе (курсовому проекту)	Не предусмотрено
5	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине) Индивидуальные и групповые консультации Информационно-коммуникационные технологии: технология взаимодействия со студентами в синхронном режиме связи — «offline»; технология вза-

		имодействия со студентами в синхронном режиме связи —«online»
6	Контроль (промежуточная аттестация: зачет или экзамен)	Технология устного опроса Технология письменного контроля, в том числе тестирование

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Вопросы по дисциплине «Теория подобия и методы моделирования физических процессов» для промежуточной аттестации (экзамен).

1. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий. Их структура, особенности и критерии эффективности.
2. Математическое и физическое моделирование процессов работы атомных электростанций. Основные этапы моделирования .
3. Запись балансовых уравнений математической модели ядерного реактора. Математическое описание характеристик оборудования..
4. Установление ограничений при математическом моделировании физических процессов работы АЭС.
5. Задание целевой функции при моделировании физических процессов работы АЭС.
6. Топологическое моделирование. Виды параметрических графов. Построение ППГ для газотурбинной установки.
7. Основы теории графов. Численные характеристики графов.
8. Моделирование тепловых полей. Задача математического моделирования переноса тепла.
9. Начальные и граничные условия задачи математического моделирования переноса тепла..
10. Однородная задача теплопроводности неоднородного стержня.
11. Основные принципы распределения нагрузок между конденсационными энергоблоками и его моделирование с использованием функции Лагранжа.
12. Моделирование с помощью штрафных функций ограничений в задаче оптимального распределения нагрузок между конденсационными блоками АЭС.
13. Задача распределения тепловых и электрических нагрузок на АЭС. Функция и неопределенные множители Лагранжа для задачи распределения.
14. Задача оптимизации распределения нагрузок на АЭС, имеющей поперечные связи по пару и питательной воде.
15. Моделирование распределения нагрузок на АЭС при взаимной компенсации всех приращений функций Лагранжа для отдельных агрегатов.
16. Задача оптимального распределения нагрузок между парогенераторами и энергоблоками при сжигании нескольких видов топлива.

17. Задача оптимизации топливно-энергетического баланса региона.
18. Модель оптимизации топливно - энергетического баланса предприятия.
19. Модель оптимизации уровня электрификации.
20. Модель оптимизации сетевого графика.
21. Задачи о максимальном потоке и кратчайшем пути.
22. Комбинаторные задачи и их решение (венгерский метод).
23. Построение МПГ для АЭС.
24. Построение ТПГ для АЭС.
25. Построение сигнальных графов.
26. Эквивалентные преобразования сигнальных графов.
27. Матричный анализ ППГ.
28. Матрицы контуров и путей на дугах и вершинах.
29. Метод Гаусса.
30. Метод прогонки
31. Установление сходимости итерационного метода при решении уравнения вида  $x=F(x)$ .  
Принцип сжимающих отображений и условия при которых отображения с заданной метрикой являются сжимающими.
32. Метод Ньютона.
33. Применение метода простых итераций при решении системы нелинейных уравнений.
34. Постановка задачи аппроксимации функции заданной таблично. Интерполяционный многочлен Лагранжа.
35. Интерполяционная формула Ньютона.

Задачи для контроля текущей успеваемости студентов на практических занятиях

Решить систему уравнений методом Гаусса

$$2.34x_1 - 4.21x_2 - 11.61x_3 = 14.41$$

$$8.06x_1 + 5.22x_2 + 0.27x_3 = -0.44$$

$$3.92x_1 - 7.99x_2 + 8.37x_3 = 55.56$$

Решить систему уравнений методом Гаусса

$$5.14x_1 + 7.81x_2 + 20.05x_3 = 7.18$$

$$10.5x_1 + 12.2x_2 + 2.17x_3 = 17.8$$

$$9.08x_1 - 21.7x_2 + 25.6x_3 = -10.21$$

Решить систему уравнений методом прогонки

$$X_1 + 3X_2 = 5$$

$$-2X_1 + 4X_2 - X_3 = 1$$

$$2X_2 - 2X_3 - X_4 = 3$$

$$X_3 + X_4 + X_5 = -2$$

$$3X_4 - X_5 = -1$$



Решить систему уравнений методом прогонки

$$X_1 + 7X_2 = 17$$

$$4X_1 + 5X_2 - X_3 = 5$$

$$5X_2 - 10X_3 - 4X_4 = 3$$

$$2X_3 + 4X_4 + 8X_5 = -15$$

$$12X_4 + 8X_5 = 23$$

Определить возможность применения метода простой итерации при решении системы уравнений

$$9.17X_1 + 2.17X_2 - 4.18X_3 = 15.18$$

$$7.05X_1 + 7.12X_2 + 1.15X_3 = -5.07$$

$$3.25X_1 - 5.16X_2 + 8.15X_3 = 14.14$$

Решить методом Ньютона систему уравнений с точностью  $10^{-5}$

$$y^3 - x^3 - 1 = 0$$

$$yx^3 - x - 4 = 0$$

Решить методом Ньютона систему уравнений с точностью  $10^{-5}$

$$y^2 - x - 8 = 0$$

$$yx^2 - x - 5 = 0$$

Построить интерполяционный многочлен Лагранжа для функции заданной таблично

x	2	3	5	7
F(x)	8	10	12	15

Построить интерполяционный многочлен Лагранжа для функции заданной таблично

x	4	3	5	7
F(x)	8	10	16	20

Построить первую интерполяционную формулу Ньютона для функции заданной таблично

x	0.5	1	1.5	2	2.5	3
y	1.537	2.448	3.526	4.712	5.431	6.788

Построить первую интерполяционную формулу Ньютона для функции заданной таблично

x	1	2	3	4	5	6
y	0.879	3.857	4.149	7.8	9.545	12.05

Для монтажа пяти объектов требуется пять работников. Задано время монтажа каждым  $i$ -ым работником, каждого  $j$ -го объекта. Использую венгерский метод распределить работников по объектам, чтобы время монтажа было минимальным.

3	7	5	8	4
2	4	4	5	2
4	7	2	8	4
9	7	3	8	8
6	5	4	7	5

Для монтажа четырех объектов требуется четыре работника. Задано время монтажа каждым  $i$ -ым работником, каждого  $j$ -го объекта. Использую венгерский метод распределить работников по объектам, чтобы время монтажа было минимальным.

3	7	5	8
2	4	4	5
4	7	2	8
9	7	3	8

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – экзамен в 4-м семестре.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
	<p>плине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».</p>
<p>«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»</p>	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом не принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».</p>
<p>«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»</p>	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившего практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившего другие практические задания из того же раздела дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».</p>
<p>«неудовлетворительно»/ не зачтено</p>	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившего практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</p>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оснащенная следующим основным оборудованием:

- доска маркерная – 1 шт.;
- доска меловая – 1 шт.;
- проектор LCD с экраном – 1 шт.;

- парты 23 шт. на 45 посадочных мест.

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- виртуальные лабораторные стенды в составе;
- персональный компьютер – 25 шт.;
- принтер – 1 шт.;
- мультимедийный проектор – 1 шт.;
- компьютерная сеть с выходом в Интернет – 1 шт.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации <https://eleden.sbmpei.ru/>:

- персональный компьютер – 18 шт.;
- принтер – 1 шт.;
- мультимедийный проектор – 1 шт.;
- компьютерная сеть с выходом в Интернет – 1 шт.

## **8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

### **для слепых и слабовидящих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачет проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

### **для глухих и слабослышащих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачет проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

### **для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачет проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического ин-

ститута (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**для слепых и слабовидящих:**

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

**для глухих и слабослышащих:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

**для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература.**

1. Моделирование и оптимизация промышленных теплоэнергетических установок: учебник/ Е.Г. Андриянин, - Москва; Вологда: Инфра-Инженерная, 2019.-184с.
2. Каплунов С.М. Физическое моделирование динамических процессов в гидроупругих системах атомных станций: учеб. пособие/С.М. Каплунов- Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019.- 57с. – Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/776252>
3. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении: Учебное пособие./ Гоц А.Н. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 151 с.
4. Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 203 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=378](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=378) — Загл. с экрана.

### **Дополнительная литература.**

1. Голубева Н. В. Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 192 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4862](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4862) — Загл. с экрана.
2. Семенов Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс]: учебное пособие. Электрон. дан. СПб.: Лань, 2013 - 394 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=5107](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5107) - Загл. с экрана

### **Список авторских методических разработок.**

*Направление подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»*

*Профиль «Атомные электростанции и установки»*

*РПД Б1.В.ДВ.01.02 «Теория подобия и методы моделирования физических процессов»*



1. Новиков Г.Ю., Галковский В.А. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Численные методы моделирования процессов в теплоэнергетике и теплотехнике». / Г.Ю. Новиков, В.А. Галковский – Смоленск: РИО филиала МЭИ в г. Смоленск, 2015. – 20 с.



### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер из- ме- не- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	из- ме- нен- ных	за- ме- нен- ных	но- вых	ан- ну- ли- ро- ванн ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10