

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Атомные электростанции и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Методы решения инженерных задач**

**Москва
2025**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Устюхина И.В.
	Идентификатор	Rb2708da5-UstiukhinaIV-3daa785f

И.В. Устюхина

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Понуровская В.В.
	Идентификатор	Rbaea5d0a-PonurovskyaVV-147233

В.В.
Понуровская

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов В.И.
	Идентификатор	Rf4bcbd4b-MelikhovVI-7cf385d8

В.И.
Мелихов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостова М.С.
	Идентификатор	R5ead212f-KhvostovaMS-a4cf11ca

М.С.
Хвостова

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы

ИД-2 Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС

ИД-5 Владеет методами решения оптимизационных задач, связанных с атомной энергетикой

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Математическое моделирование технических устройств, решение оптимизационных задач (Домашнее задание)

2. Методы решения оптимизационных задач (Контрольная работа)

3. Методы решения оптимизационных задач. Способы учета ограничений (Домашнее задание)

4. Решение задач на основе дифференциальных уравнений методом конечных разностей. (Контрольная работа)

БРС дисциплины

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Математическое моделирование технических устройств, решение оптимизационных задач (Домашнее задание)

КМ-2 Методы решения оптимизационных задач (Контрольная работа)

КМ-3 Методы решения оптимизационных задач. Способы учета ограничений (Домашнее задание)

КМ-4 Решение задач на основе дифференциальных уравнений методом конечных разностей. (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	9	12	15

Математическое моделирование технических устройств				
Математическое моделирование как метод решения инженерных задач	+	+		
Понятие математической модели.	+	+		
Математическая модель технического устройства	+	+		
Методы решения оптимизационных задач				
Постановка оптимизационной задачи	+	+		
Методы одномерной минимизации	+	+		
Классические методы	+	+		
Методы направленного поиска		+		
Методы перебора вариантов	+	+		
Учет ограничений в оптимизационных задачах		+		
Решение задач на основе дифференциальных уравнений методом конечных разностей				
Общая характеристика задач на основе дифференциальных уравнений теплообмена и диффузии и способов решения.			+	+
Особенности решения двумерных задач			+	+
Решение задач теплопроводности и диффузии в условиях разрывности свойств среды			+	+
Задача о распределении энерговыделения в шестигранной кассете реактора			+	+
Вес КМ:	15	35	15	35

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-3	ИД-2 _{ПК-3} Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС	Знать: Особенности математического моделирования теплообменных технических устройств Уметь: Поставить задачу оптимизации параметров технического устройства	КМ-1 Математическое моделирование технических устройств, решение оптимизационных задач (Домашнее задание) КМ-2 Методы решения оптимизационных задач (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-5 _{ПК-3} Владеет методами решения оптимизационных задач, связанных с атомной энергетикой	Знать: Основные подходы к решению задач теплопроводности и диффузии нейтронов методом конечных разностей Особенности практической реализации некоторых численных методов направленного поиска при решении оптимизационных задач Способы учета ограничений в	КМ-1 Математическое моделирование технических устройств, решение оптимизационных задач (Домашнее задание) КМ-2 Методы решения оптимизационных задач (Контрольная работа) КМ-3 Методы решения оптимизационных задач. Способы учета ограничений (Домашнее задание) КМ-4 Решение задач на основе дифференциальных уравнений методом конечных разностей. (Контрольная работа)

		оптимизационных задачах Особенности оптимизационных задач в атомной энергетике Особенности и области применения классических методов оптимизации и методов перебора вариантов Уметь: Анализировать результаты решения оптимизационной задачи	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Математическое моделирование технических устройств, решение оптимизационных задач

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задачи.

Краткое содержание задания:

Решить линейную оптимизационную задачу

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Особенности математического моделирования теплообменных технических устройств	1. Что входит в состав математической модели парогенератора? 2. Что относится к задаваемым, рассчитываемым, оптимизируемым параметрам в задаче конструирования парогенератора?
Знать: Особенности и области применения классических методов оптимизации и методов перебора вариантов	1. Что может являться критерием оптимальности?
Знать: Особенности оптимизационных задач в атомной энергетике	1. В чем заключаются особенности оптимизационных задач ядерной энергетики (количество параметров, вид целевой функции, наличие ограничений, количество критериев оптимальности)?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Методы решения оптимизационных задач

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задачи.

Краткое содержание задания:

Задачи на методы направленного поиска, задачи одномерной минимизации, задачи на учет ограничений

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Особенности математического моделирования теплообменных технических устройств	1.Что может являться критерием оптимальности?
Знать: Особенности и области применения классических методов оптимизации и методов перебора вариантов	1.В каких случаях можно применять классические методы оптимизации? 2.Какие способы применения классических методов известны? 3.В чем преимущества и недостатки методов перебора вариантов?
Знать: Особенности практической реализации некоторых численных методов направленного поиска при решении оптимизационных задач	1.Какие способы выбора шага применяются в методах направленного поиска? 2.Что определяет эффективность того или иного метода направленного поиска? 3.Какие критерии окончания поиска решения используются в данных методах?
Знать: Способы учета ограничений в оптимизационных задачах	1.Какие способы учета ограничений существуют? 2.Чем характеризуются методы штрафных функций? 3.В чем отличие методов внутренних и внешних штрафных функций?
Уметь: Поставить задачу оптимизации параметров технического устройства	1.Что выбирается в качестве критериев оптимальности в задачах оптимизации технического устройства?
Уметь: Анализировать результаты решения оптимизационной задачи	1.Каковы основные этапы решения математической модели? 2.Каков возможный порядок (алгоритм) решения задачи оптимизации? 3.На каком этапе необходимо сопоставление результатов с экспериментальными данными?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Методы решения оптимизационных задач. Способы учета ограничений

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задачи.

Краткое содержание задания:

Решить задачу на основе дифференциальных уравнений методом конечных разностей

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основные подходы к решению задач теплопроводности и диффузии нейтронов методом конечных разностей	1.Что такое метод конечных разностей? 2.В чем заключается основная идея численного решения дифференциальных уравнений?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Решение задач на основе дифференциальных уравнений методом конечных разностей.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Решение задачи.

Краткое содержание задания:

Построить разностные уравнения

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основные подходы к решению задач теплопроводности и диффузии нейтронов методом конечных разностей	1.Что такое разностная сетка? 2.Какие способы перехода от дифференциальных уравнений к разностным известны?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

НИУ МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №	Утверждаю: Зав. кафедрой
	Кафедра Атомных электростанций	20 г.
		Дисциплина: Методы решения инженерных задач
		Институт: Тепловой и атомной энергетики
1. Градиентный метод решения оптимизационных задач. 2. Причины возможной неустойчивости решения одномерной нестационарной задачи теплопроводности. 3. Задача: Одним из классических методов определить координаты точки минимума функции $z(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2$ при ограничении $g(x_1, x_2) = x_1 + x_2 / 5 = 1$.		

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на выполнение экзаменационного задания/подготовку ответа – 60 минут.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-3} Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС

Вопросы, задания

1. Решить классическим методом задачу минимизации утечки нейтронов из ядерного реактора, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда заданного объема $V = xyz$, где x, y, z – параметры параллелепипеда. Утечка нейтронов пропорциональна параметру $B^2 = \pi^2/x^2 + \pi^2/y^2 + \pi^2/z^2$
2. Классификация методов оптимизации. Особенности оптимизационных задач ядерной энергетики.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Перечислить виды параметров математической модели, привести пример математической модели теплообменного устройства

Верный ответ: Параметры математической модели внешние, управляемые, числовые, конструктивно-компоновочные, рассчитываемые.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{ПК-3} Владеет методами решения оптимизационных задач, связанных с атомной энергетикой

Вопросы, задания

1.

НИУ МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № Кафедра Атомных электростанций	Утверждаю: Зав. кафедрой 20 г.
		Дисциплина: Методы решения инженерных задач
		Институт: Тепловой и атомной энергетики
1. Градиентный метод решения оптимизационных задач. 2. Причины возможной неустойчивости решения одномерной нестационарной задачи теплопроводности. 3. Задача: Одним из классических методов определить координаты точки минимума функции $z(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2$ при ограничении $g(x_1, x_2) = x_1 + x_2/5 = 1$.		

2.

НИУ МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № Кафедра Атомных электростанций	Утверждаю: Зав. кафедрой 20 г.
		Дисциплина: Методы решения инженерных задач
		Институт: Тепловой и атомной энергетики
1. Особенности решения двумерной задачи теплопроводности. Локально-одномерная разностная схема. 2. Общая характеристика методов направленного поиска. 3. Используя метод внутренних штрафных функций минимизируйте $z(x) = x$ при ограничении $4 - x \leq 0$.		

3. Дать математическую формулировку следующей задачи линейного программирования и решить ее графическим методом:

Какое количество контролеров 1-ого и 2-ого разряда потребуется для проверки качества изделий, чтобы затраты были минимальны? Характеристики работы контролеров: производительность работы 25 изделий/час для 1-ого разряда, 16 – для 2-ого; число ошибок на 100 проверок для 1 –ого разряда – 2, для 2-ого – 5; зарплата контролера 1-ого разряда 50 руб./час, 2-ого – 30 руб./час. Затраты на ошибку 20 руб./ош.

Рабочий день 8 часов. Ежедневная проверка не менее 1600 изделий. Контролеров 1-ого разряда должно быть не более 6, 2-ого не более 10.

4. Для целевой функции $z=(x-3)^2$ из точки $x(0)=0$ сделать 1 шаг в направлении точки минимума градиентным методом с выбором величины шага по неравенству, следующему из свойств выпуклости функции. Начальный шаг 0,4, коэффициенты для неравенства $\gamma=0,8$, $\alpha=0,5$

5. Используя классический метод оптимизации, найти зависимость координаты точки минимума от скалярного параметра r для целевой функции $z(x)=2-x$ при учете ограничения $x \leq 4$ с помощью внешних и внутренних штрафных функций.

6. Дать определение понятий аппроксимация, устойчивость, сходимость. Каким образом они связаны с процессом численного решения дифференциальной задачи?

7. В задаче оптимизации заданы ограничения на размерные параметры:

$2\text{м/с} \leq w \leq 8\text{м/с}$, $10\text{мм} \leq d \leq 20\text{мм}$. Перейти к безразмерным параметрам с условиями: $0 \leq w_1 \leq 10$, $0 \leq d_1 \leq 10$.

8. Составить разностные выражения для второй производной функции, используя ее разложение в ряд Тейлора по 3 и 5 точкам.

9. Градиентным методом найти минимум целевой функции:

$$z(x_1, x_2) = ((x_1)^2 - x_2)^2 + (3x_2 - 6)^2$$

Учет ограничений: $x_1 \geq 1$; $x_2 \geq 0$ произвести с помощью внутренних штрафных функций.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Чем отличается метод внешних штрафных функций от метода внутренних штрафных функций? Назовите их основные особенности.

Верный ответ: Оба метода используются для учета ограничений при минимизации целевой функции и заключаются в добавлении некоторых функций, называемых штрафными, к целевой функции, и далее исследуется эта новая целевая функция.

Штрафные функции строятся на основе функций, задающих ограничения.

Особенности внутренних штрафных функций – должны слабо влиять на целевую функцию внутри области ограничений и резко возрастать при приближении к границе. Такими свойствами обладают обратные функции и отрицательный логарифм. Особенности внешних штрафных функций – равны нулю в области ограничений и возрастают при удалении от границы области. Для внешних штрафов используют степенные функции с показателями 1 или 2.

2. Методом деления интервала пополам ($0 \leq x \leq 8$) реализуйте процедуру (2-3 итерации) одномерного поиска точки оптимума функции $Z(x) = x^3 - 5x^2 + 2x + 2$

Верный ответ: Поскольку в задании требуется сделать 2-3 итерации, то выберем грубую точность решения $\epsilon=2$. Обозначим заданный интервал L , границы $a=0$, $b=8$, $L=b-a$ Критерий окончания $|L| \leq \epsilon$ Середина интервала $X_m = (a+b)/2$ Середины отрезков, на которые точка X_m делит интервал L , $X_1 = a+L/4$, $X_2 = b-L/4$ Согласно алгоритму метода сравниваются поочередно значения $Z(X_m)$ с $Z(X_1)$ и $Z(X_2)$ и выбирается новый интервал, вдвое меньше первого: $X_m=4$, $Z(X_m)=-6$ $X_1=2$, $Z(X_1)=-6$ $X_2=6$, $Z(X_2)=50$ $Z(X_1) \leq Z(X_m)$, значит новый интервал $a=0$, $b=X_m=4$ Следующая

итерация: $X_m=2$, $Z(X_m)=-6$ $X_1=1$, $Z(X_1)=0$ $X_2=3$, $Z(X_2)=-10$ Так как $Z(X_1)>Z(X_m)$, а $Z(X_2 \leq Z(X_m))$, то новый интервал $a=X_m=2$, $b=4$ Следующая итерация: $X_m=3$, $Z(X_m)=-6$ $X_1=2,5$, $Z(X_1)=-8,6$ $X_2=3,5$, $Z(X_2)=-0,9$ $X_m=X_1=2,5$ - искомая точка минимума

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».