

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Системы теплоэнергоснабжения городов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем городов**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курзанов С.Ю.
	Идентификатор	R76dcd884-KurzanovSY-80905102

С.Ю.
Курзанов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гашо Е.Г.
	Идентификатор	R913da1fa-GashoYG-eb0efe14

Е.Г. Гашо

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

Ю.В.
Яворовский

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-2 Способен участвовать в проектировании систем теплоэнергоснабжения городов
- ИД-1 Способен участвовать в проектировании систем теплоэнергоснабжения городов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Индивидуальное задание №1 (Решение задач)
2. Индивидуальное задание №2 (Решение задач)
3. Индивидуальное задание №3 (Решение задач)
4. Индивидуальное задание №4 (Решение задач)

БРС дисциплины

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Индивидуальное задание №1 (Решение задач)
КМ-2 Индивидуальное задание №2 (Решение задач)
КМ-3 Индивидуальное задание №3 (Решение задач)
КМ-4 Индивидуальное задание №4 (Решение задач)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	3	7	11	13
Общие понятия теории систем. Математическое моделирование. Построение математической модели теплоэнергетической установки					
Общие понятия теории систем. Математическое моделирование. Теория графов. Построение балансовых уравнений на основе графического метода. Построение математической модели теплоэнергетической установки.	+				
Методы оптимизации					
Постановка задачи оптимизации теплоэнергетической установки. Реализация задачи оптимизации на языке			+		

программирования. Сравнение методов оптимизации				
Примеры применения методов оптимизации. Методы оптимизации. Многокритериальная оптимизация математической модели газотурбинной установки				
Классификация математических моделей. Математическая модель газотурбинной установки. Области применения методов оптимизации в инженерной практике. Анализ точности и сходимости математической модели			+	
Применение методов математической статистики для построения математических моделей. Статистические пакеты и их применение для статистического исследования зависимостей				
Применение методов математической статистики для построения математических моделей. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ. Параметризация регрессионной модели. Оценка точности регрессионной зависимости Статистические пакеты и их применение для статистического исследования зависимостей				+
Вес КМ:	20	25	35	20

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-2	ИД-1ПК-2 Способен участвовать в проектировании систем теплоэнергоснабжения городов	Знать: принципы построения математических моделей и моделирования с использованием программного обеспечения подходы построения балансовых математических моделей на основе теории графов основы методик проведения корреляционного и регрессионного исследований алгоритмы поиска наилучшего решения с применением методов оптимизации Уметь: формулировать постановку задачи для различных методов оптимизации, производить анализ результатов оптимизации	КМ-1 Индивидуальное задание №1 (Решение задач) КМ-2 Индивидуальное задание №2 (Решение задач) КМ-3 Индивидуальное задание №3 (Решение задач) КМ-4 Индивидуальное задание №4 (Решение задач)

		производить оптимизацию с целью выработки рекомендаций по энерго- и ресурсосбережению топливопотребляющих установок производить анализ сходимости математических моделей, интерпретировать численные результаты оптимизации в рекомендации по энерго- и ресурсосбережению топливопотребляющих установок использовать результаты статистических исследований для оценки энергоэффективности различных агрегатов и установок	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Индивидуальное задание №1

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: "Математическое моделирование и оптимизация ГТУ по одному параметру в среде MathCad".

Краткое содержание задания:

Программирование и алгоритмизация математических задач с помощью программы MathCad. Поиск решений методом последовательного приближения и проведение итерационных расчетов. Реализация численных методов в среде математического пакета Mathcad. Представление результатов в графическом и табличном виде

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: алгоритмы поиска наилучшего решения с применением методов оптимизации	1.Системные науки. Общая теория систем. Кибернетика. Системотехника. Исследование операций 2.Математическое моделирование теплоэнергетических систем. Определение графа. Тепловая схема теплоэнергетической установки и соответствующий ей граф. Трех- и одно-параметрические связи. Система балансовых уравнений 3.Что такое система? Какие основные свойства сложных систем? 4.Какие основные типы математических моделей? 5.Какие основные области применения методов оптимизации в инженерной практике? Приведите примеры
Уметь: использовать результаты статистических исследований для оценки энергоэффективности различных агрегатов и установок	1.Произвести изменение расчетных параметров таким образом, чтобы получить технически допустимые значения расчетных параметров 2.Провести оптимизацию математической модели ГТУ по двум параметрам 3.Произвести оценку времени оптимизации математической модели ГТУ по двум, трем, четырем параметрам при использовании MathCad

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Корректно построена математическая модель ГТУ с расчетом значения целевой функции, проведено уточнение теплоемкости методом

последовательного приближения, произведена оптимизация по одному параметру. Получен устный ответ на 3 вопроса

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Корректно построена математическая модель ГТУ с расчетом значения целевой функции, проведено уточнение теплоемкости методом последовательного приближения, произведена оптимизация по одному параметру. Получен устный ответ на 2 вопроса

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

Описание характеристики выполнения знания: Корректно построена математическая модель ГТУ с расчетом значения целевой функции, проведено уточнение теплоемкости методом последовательного приближения, произведена оптимизация по одному параметру. Получен устный ответ на 1 вопрос

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена и незащищена

КМ-2. Индивидуальное задание №2

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Представление теплоэнергетического процесса в виде блок-схемы расчета. Реализация алгоритмов на языках программирования. Построение, компилирование и отладка алгоритма.

Краткое содержание задания:

Постановка задачи оптимизации теплоэнергетических установок и математических функций в программной среде Python

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы методик проведения корреляционного и регрессионного исследований	1. Постановка задачи оптимизации. Сравнение методов решения задач нелинейной оптимизации. Классификация методов оптимизации 2. Метод прямого поиска возможных направлений DSFD. Применение программы DSFD для решения задачи оптимизации, структура программы 3. Постройте график, иллюстрирующий процесс оптимизации распределения электрической нагрузки между двумя ТЭС или тепловой нагрузки между двумя котлами 4. Чем отличается метод Розенброка от метода Хука—Дживса 5. Сравните многокритериальную оптимизацию с однокритериальной
Уметь: производить анализ сходимости	1. Произвести анализ постановки задачи

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
математических моделей, интерпретировать численные результаты оптимизации в рекомендации по энерго- и ресурсосбережению топливопотребляющих установок	оптимизации согласно образцу 2.Произвести анализ достоверности вывода результатов работы программы оптимизации 3.Произвести сравнение результатов работы различных методов оптимизации

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Выполнена постановка задачи оптимизации, произведена оптимизация целевой функции на основе 5 методов оптимизации и выполнено сравнение результатов оптимизации. Получен устный ответ на 3 вопроса

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Выполнена постановка задачи оптимизации, произведена оптимизация целевой функции на основе 5 методов оптимизации и выполнено сравнение результатов оптимизации. Получен устный ответ на 2 вопроса

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

Описание характеристики выполнения знания: Выполнена постановка задачи оптимизации, произведена оптимизация целевой функции на основе 5 методов оптимизации и выполнено сравнение результатов оптимизации. Получен устный ответ на 1 вопрос

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены требования пункта Оценка "3"

КМ-3. Индивидуальное задание №3

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Программирование и алгоритмизация математических задач с помощью программы Python. Поиск решений методом последовательного приближения и проведение итерационных расчетов. Реализация численных методов в среде математического пакета Python. Представление результатов в графическом и табличном виде.

Краткое содержание задания:

Построение и оптимизация математической модели газотурбинной установки в программной среде Python"

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: подходы построения балансовых математических моделей на основе теории графов	1.Какие науки можно отнести к системным наукам? 2.Как формулируется постановка задачи оптимизации ТЭУ?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	3. Чем отличается метод Розенброка от метода Хука—Дживса? 4. Какие основные типы математических моделей? 5. Сформулируйте постановку задачи оптимизации ГТУ для покрытия электрической и тепловой нагрузки по суммарному критерию
Уметь: производить оптимизацию с целью выработки рекомендаций по энерго- и ресурсосбережению топливопотребляющих установок	1. Произвести изменение расчетных параметров таким образом, чтобы получить технически допустимые значения расчетных параметров 2. Провести оптимизацию математической модели ГТУ по пяти параметрам с ограничениями в виде неравенства 3. Произвести анализ постановки задачи оптимизации согласно образцу 4. Произвести анализ достоверности вывода результатов работы программы оптимизации 5. Составить алгоритм для автоматического итерационного уточнения параметров в камере сгорания

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Корректно построена математическая модель ГТУ с расчетом значения целевой функции, проведено уточнение теплосмкости методом последовательного приближения, произведено сравнение результатов с первой работой, произведена оптимизация по пяти параметрам. Получен устный ответ на 3 вопроса

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Корректно построена математическая модель ГТУ с расчетом значения целевой функции, проведено уточнение теплосмкости методом последовательного приближения, произведено сравнение результатов с первой работой, произведена оптимизация по пяти параметрам. Получен устный ответ на 2 вопроса

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

Описание характеристики выполнения знания: Корректно построена математическая модель ГТУ с расчетом значения целевой функции, проведено уточнение теплосмкости методом последовательного приближения, произведено сравнение результатов с первой работой, произведена оптимизация по пяти параметрам. Получен устный ответ на 1 вопрос

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены требования пункта Оценка "3"

КМ-4. Индивидуальное задание №4

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проведение корреляционного и регрессионного анализов в программной среде Python.

Краткое содержание задания:

Проведение корреляционного и регрессионного анализа статических данных в программной среде Python

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: принципы построения математических моделей и моделирования с использованием программного обеспечения	1.Применение методов математической статистики для построения математических моделей. Обработка результатов физического и математического экспериментов. Нахождение зависимостей 2.Применение программы DSFD для решения задач оптимизации. Структура подпрограммы вычисления целевой функции и проверка ограничений типа неравенств 3.Регрессионный анализ. Метод наименьшего квадрата. Оценка точности статистической зависимости по коэффициенту детерминации 4.Системные науки. Общая теория систем. Кибернетика. Системотехника. Исследование операций 5.Статистические пакеты и их назначение. Статистические пакеты. основные приемы ввода исходных данных, проведения корреляционного и регрессионного анализа
Уметь: формулировать постановку задачи для различных методов оптимизации, производить анализ результатов оптимизации	1.Провести анализ при корреляционном исследовании 2.Производить параметризацию модели 3.Анализировать точность регрессионной зависимости

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Проведены корреляционный и регрессионный анализы. Произведена оценка результатов корреляционного анализа. Произведена оценка результатов регрессионного анализа. Получена регрессионная зависимость и дана оценка точности. Получен устный ответ на 3 вопроса

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Проведены корреляционный и регрессионный анализы. Произведена оценка результатов корреляционного анализа.

Произведена оценка результатов регрессионного анализа. Получена регрессионная зависимость и дана оценка точности. Получен устный ответ на 2 вопроса

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

Описание характеристики выполнения знания: Проведены корреляционный и регрессионный анализы. Произведена оценка результатов корреляционного анализа.

Произведена оценка результатов регрессионного анализа. Получена регрессионная зависимость и дана оценка точности. Получен устный ответ на 1 вопрос

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены требования пункта Оценка "3"

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Математическая модель газотурбинной установки. Написание системы балансовых уравнений элементов ГТУ и установки в целом.
Регрессионный анализ. Метод наименьшего квадрата. Оценка точности статистической зависимости по коэффициенту детерминации

Процедура проведения

Устная

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-2 Способен участвовать в проектировании систем теплоэнергоснабжения городов

Вопросы, задания

1. Этапы статистического исследования зависимостей. Корреляционный анализ. Коэффициент корреляции. Параметризация модели
2. Постановка задачи оптимизации теплоэнергетической системы. Линейные и нелинейные оптимизационные задачи. Целевые функции. Ограничения типа равенств и неравенств
3. Методы прямого поиска нулевого порядка решения оптимизационных задач. Назначение метода штрафных функций

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие основные отличия физического и математического моделирования
2. Как формулируется постановка задачи оптимизации ТЭУ

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Дан исчерпывающий ответ на два вопроса билета

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Дан исчерпывающий ответ на один вопроса билета, ответ на другой вопрос билета был частичным

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Дан исчерпывающий ответ на один вопрос билета

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Не дан исчерпывающий ответ ни на один вопрос билета

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу