

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Наукоемкие технологии и управление инновациями в теплоэнергетике**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Методы оптимизации в теплоэнергетике**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                             |
|--|----------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|  | Владелец                                           | Киндра В.О.                 |
|  | Идентификатор                                      | R429f7b35-KindraVO-2c9422f7 |

В.О. Киндра

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |                                                    |                               |
|--|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец                                           | Бурмакина А.В.                |
|  | Идентификатор                                      | Ree6ce9d4-BurmakinaAV-003bbda |

А.В.  
Бурмакина

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|  |                                                    |                              |
|--|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец                                           | Рогалев А.Н.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b |

А.Н. Рогалев

## 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 применять информационные технологии на всех стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции

ИД-1 Проводит научные исследования с применением методов математического и физического моделирования, обрабатывает и интерпретирует полученные результаты

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Методы оптимизации (Тестирование)
2. КМ-2. Оптимизация при проектировании технических систем (Тестирование)
3. КМ-3. Корреляционный, регрессионный анализ в оптимизации (Контрольная работа)
4. КМ-4. Оптимизация методом линейного программирования (Контрольная работа)

### БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                                                   | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                                     | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                                     | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 16   |
| Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем |                                 |      |      |      |      |
| Общие вопросы методов оптимизации проектирования технических систем |                                 | +    |      |      |      |
| Теория оптимальности                                                |                                 |      |      |      |      |
| Теория оптимальности                                                |                                 |      | +    |      |      |
| Методы построения математических моделей технических систем         |                                 |      |      |      |      |
| Методы построения математических моделей технических систем         |                                 |      |      | +    |      |
| Оптимизация при моделировании технических систем                    |                                 |      |      |      |      |
| Оптимизация при моделировании технических систем                    |                                 |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                             |                                 | 5    | 15   | 35   | 45   |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## 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 Проводит научные исследования с применением методов математического и физического моделирования, обрабатывает и интерпретирует полученные результаты | Знать:<br>методы оптимизации технических систем<br>основы оптимизации при проектировании технических систем<br>Уметь:<br>использовать методы корреляционного и регрессионного анализа при оптимизации технических систем<br>проводить оптимизацию с помощью методов программирования | КМ-1. Методы оптимизации (Тестирование)<br>КМ-2. Оптимизация при проектировании технических систем (Тестирование)<br>КМ-3. Корреляционный, регрессионный анализ в оптимизации (Контрольная работа)<br>КМ-4. Оптимизация методом линейного программирования (Контрольная работа) |

## **II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания**

### **КМ-1. КМ-1. Методы оптимизации**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают вариант теста. На выполнение теста отводится 15 минут без возможности пользоваться вспомогательным материалом

#### **Краткое содержание задания:**

Задание направлено на проверку знаний по соответствующему разделу дисциплины

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы оптимизации технических систем | <p>1. Модели задач математического программирования не включают:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) план задачи</li><li>б) целевую задачу</li><li>в) условия задачи</li><li>г) следствие задачи</li></ul> <p>Ответ: г</p> <p>2. По типу параметров задачи оптимизации различают:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) непрерывные задачи оптимизации и дискретные задачи оптимизации</li><li>б) задачи одномерной оптимизации и задачи многомерной оптимизации</li><li>в) детерминированная задача оптимизации и стохастическая задача оптимизации</li></ul> <p>Ответ: а</p> <p>3. К задачам непрерывного программирования не относится:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) целочисленное программирование</li><li>б) условная оптимизация</li><li>в) многомерная оптимизация</li></ul> <p>Ответ: а</p> <p>4. К задачам квадратичного программирования не относится:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) градиентные методы</li><li>б) сепарабельные функции</li><li>в) специальные методы</li></ul> <p>Ответ: б</p> <p>5. К основным характеристикам численных алгоритмов относится:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) отсутствие сходимости сходимостью алгоритма</li><li>б) неустойчивость метода к погрешностям в вычислениях</li><li>в) чувствительность метода к параметрам алгоритма</li></ul> <p>Ответ: в</p> |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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

**КМ-2. КМ-2. Оптимизация при проектировании технических систем**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают вариант теста. На выполнение теста отводится 15 минут без возможности пользоваться вспомогательным материалом

**Краткое содержание задания:**

Задание направлено на проверку знаний по соответствующему разделу дисциплины

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основы оптимизации при проектировании технических систем | <p>1.Основным критерием при проведении оптимизации структуры и параметров тепловых схем тепловых электрических станций в обеспечении их максимальной энергоэффективности является:</p> <p>а) максимальное значение электрического КПД нетто</p> <p>б) максимальное значение электрического КПД брутто</p> <p>в) минимальное значение доли собственных нужд</p> <p>Ответ: а</p> <p>2.Основным критерием при проведении оптимизации структуры и параметров тепловых схем тепловых электрических станций в обеспечении достижения наилучших финансово-экономических показателей является:</p> <p>а) максимальный маржинальный доход от продажи электроэнергии и тепла</p> <p>б) максимальный чистый дисконтированный доход</p> <p>в) минимальные капитальные затраты</p> <p>Ответ: б</p> <p>3.На оптимальное значение температуры питательной воды для паротурбинного энергоблока</p> |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>наименьшее влияние имеет:</p> <p>а) вид топлива</p> <p>б) параметры рабочей среды на входе и выходе из паровой турбины</p> <p>в) параметры наружного воздуха</p> <p>Ответ: в</p> <p>4.Экстремумы имеют следующие функции:</p> <p>а) зависимость термического КПД паротурбинного энергоблока от температуры питательной воды</p> <p>б) зависимость термического КПД паротурбинной установки от количества регенеративных подогревателей</p> <p>в) зависимость термического КПД паротурбинной установки от количества промежуточных перегревателей</p> <p>Ответ: а</p> <p>5.Экстремумы имеют следующие функции:</p> <p>а) количество образующихся термических оксидов азота в топке от температуры факела в диапазоне температур факела от 1000 до 2000°С</p> <p>б) зависимость электрического КПД нетто паротурбинного энергоблока от давления вторичного перегрева</p> <p>в) зависимость электрического КПД нетто паротурбинного энергоблока от величины недогревов в регенеративных подогревателях</p> <p>Ответ: б</p> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

#### **КМ-3. КМ-3. Корреляционный, регрессионный анализ в оптимизации**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

**Краткое содержание задания:**

Задание направлено на проверку умений по соответствующему разделу дисциплины

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: использовать методы корреляционного и регрессионного анализа при оптимизации технических систем | 1.Описать этапы построения математической модели<br>2.Дать определения корреляционной и функциональной связи<br>3.Перечислить свойства коэффициента корреляции<br>4.Дать определение среднему квадратичному отклонению регрессии<br>5.Дать определение доверительной зоне регрессии |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

**КМ-4. КМ-4. Оптимизация методом линейного программирования**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 45

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

**Краткое содержание задания:**

Задание направлено на проверку умений по соответствующему разделу дисциплины

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: проводить оптимизацию с помощью методов программирования | 1.Описать геометрический смысл задачи линейного программирования<br>2.Описать симплекс-метод<br>3.Сформулировать постановку транспортной задачи<br>4.Сформулировать постановку задачи о наилучшем использовании ресурсов<br>5.Сформулировать постановку задачи о смесях |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Билет №1

- 1.Пояснить геометрический смысл необходимого условия экстремума
- 2.Описать метод поиска оптимального решения для функции одной переменной
- 3.Описать метод поиска оптимального решения для функции одной переменной

### Процедура проведения

Зачет проводится в устной форме. К зачету допускаются студенты, успешно выполнившие и защитившие все контрольные мероприятия

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1пк-2 Проводит научные исследования с применением методов математического и физического моделирования, обрабатывает и интерпретирует полученные результаты

### Вопросы, задания

- 1.Сформулировать теорему Вейерштрасса
- 2.Сформулировать теорему Ферма
- 3.Пояснить геометрический смысл необходимого условия экстремума
- 4.Описать общую схему отыскания экстремума
- 5.Перечислить критерии оптимальности и ограничения
- 6.Описать постановку задачи линейного программирования
- 7.Описать постановку задачи нелинейного программирования
- 8.Дать определения понятиям выпуклости и вогнутости
- 9.Дать классификацию методов нелинейного программирования
- 10.Описать метод поиска оптимального решения для функции одной переменной
- 11.Задания:  
Описать геометрический смысл задачи линейного программирования
- 12.Описать симплекс-метод
- 13.Сформулировать постановку транспортной задачи
- 14.Сформулировать постановку задачи о наилучшем использовании ресурсов
- 15.Перечислить свойства коэффициента корреляции

### Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Модели задач математического программирования не включают:

Ответы:

- а) план задачи
- б) целевую задачи
- в) условия задачи
- г) следствие задачи

Верный ответ: г

- 2.По типу параметров задачи оптимизации различают:

Ответы:

- а) непрерывные задачи оптимизации и дискретные задачи оптимизации
- б) задачи одномерной оптимизации и задачи многомерной оптимизации
- в) детерминированная задача оптимизации и стохастическая задача оптимизации

Верный ответ: а

3.К задачам непрерывного программирования не относится:

Ответы:

- а) целочисленное программирование
- б) условная оптимизация
- в) многомерная оптимизация

Верный ответ: а

4.К задачам квадратичного программирования не относится:

Ответы:

- а) градиентные методы
- б) сепарабельные функции
- в) специальные методы

Верный ответ: б

5.К основным характеристикам численных алгоритмов относится:

Ответы:

- а) отсутствие сходимости сходимости алгоритма
- б) неустойчивость метода к погрешностям в вычислениях
- в) чувствительность метода к параметрам алгоритма

Верный ответ: в

6.Основным критерием при проведении оптимизации структуры и параметров тепловых схем тепловых электрических станций в обеспечении их максимальной энергоэффективности является:

Ответы:

- а) максимальное значение электрического КПД нетто
- б) максимальное значение электрического КПД брутто
- в) минимальное значение доли собственных нужд

Верный ответ: а

7.Основным критерием при проведении оптимизации структуры и параметров тепловых схем тепловых электрических станций в обеспечении достижения наилучших финансово-экономических показателей является:

Ответы:

- а) максимальный маржинальный доход от продажи электроэнергии и тепла
- б) максимальный чистый дисконтированный доход
- в) минимальные капитальные затраты

Верный ответ: б

8.На оптимальное значение температуры питательной воды для паротурбинного энергоблока наименьшее влияние имеет:

Ответы:

- а) вид топлива
- б) параметры рабочей среды на входе и выходе из паровой турбины
- в) параметры наружного воздуха

Верный ответ: в

9.Экстремумы имеют следующие функции:

Ответы:

- а) зависимость термического КПД паротурбинного энергоблока от температуры питательной воды
- б) зависимость термического КПД паротурбинной установки от количества регенеративных подогревателей

в) зависимость термического КПД паротурбинной установки от количества промежуточных перегревателей

Верный ответ: а

10. Экстремумы имеют следующие функции:

Ответы:

а) количество образующихся термических оксидов азота в топке от температуры факела в диапазоне температур факела от 1000 до 2000°C

б) зависимость электрического КПД нетто паротурбинного энергоблока от давления вторичного перегрева

в) зависимость электрического КПД нетто паротурбинного энергоблока от величины недогревов в регенеративных подогревателях

Верный ответ: б

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

*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» на основании семестровой и экзаменационной составляющих