

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электротехнологические установки и системы**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Электротехнологические установки резистивного нагрева**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                                  |
|--|----------------------------------------------------|----------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                  |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                  |
|  | Владелец                                           | Погребисский М.Я.                |
|  | Идентификатор                                      | Rccf62952-PogrebisskiyMY-d58a694 |

М.Я.  
Погребисский

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |                                                    |                               |
|--|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец                                           | Кулешов А.О.                  |
|  | Идентификатор                                      | Rc98b17a6-KuleshovAO-26442bbf |

А.О.  
Кулешов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|  |                                                    |                             |
|--|----------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|  | Владелец                                           | Цырук С.А.                  |
|  | Идентификатор                                      | Raf2c04da-TsyrukSA-47ef358f |

С.А. Цырук

## 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 принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности

ИД-1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений

ИД-2 Обосновывает выбор целесообразного решения

ИД-4 Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации

2. ПК-4 Способен участвовать в разработке отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования систем автоматического управления объектами профессиональной деятельности

ИД-1 Демонстрирует умение выполнять предпроектный анализ объекта управления, для которого разрабатывается проект системы автоматического управления

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа № 1 (Контрольная работа)

2. Контрольная работа № 2 (Тестирование)

3. Контрольная работа № 3 (Контрольная работа)

4. Контрольная работа № 4 (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

6 семестр

| Раздел дисциплины                                                                                                                                                | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                                                                                  | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|                                                                                                                                                                  | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 13   | 14   |
| Классификация, области применения и основные технико-экономические показатели электротехнологических установок резистивного нагрева (электропечей сопротивления) |                                 |      |      |      |      |      |
| Классификация, области применения и основные технико-экономические показатели электротехнологических установок резистивного нагрева (электропечей сопротивления) |                                 | +    |      | +    |      |      |

|                                                                                                    |    |    |    |    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
| Теплопередача в электрических печах сопротивления                                                  |    |    |    |    |    |
| Теплопередача в электрических печах сопротивления                                                  | +  | +  |    | +  |    |
| Материалы для электропечей сопротивления                                                           |    |    |    |    |    |
| Материалы для электропечей сопротивления                                                           | +  | +  | +  |    |    |
| Конструкции электрических печей сопротивления                                                      |    |    |    |    |    |
| Конструкции электрических печей сопротивления                                                      | +  | +  | +  |    | +  |
| Расчет электрических печей сопротивления                                                           |    |    |    |    |    |
| Расчет электрических печей сопротивления                                                           |    |    |    |    | +  |
| Электрооборудование и системы автоматического регулирования температуры электропечей сопротивления |    |    |    |    |    |
| Электрооборудование и системы автоматического регулирования температуры электропечей сопротивления |    |    |    | +  |    |
| Вес КМ:                                                                                            | 15 | 15 | 15 | 30 | 25 |

\$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-3               | ИД-1ПК-3 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений | <p>Знать:</p> <p>методики теплового расчета ЭТУ резистивного нагрева и расчета нагревательных элементов основы теплопередачи в ЭТУ резистивного нагрева свойства материалов, применяемых в конструкциях ЭТУ резистивного нагрева, и пути их применения области применения и основные технико-экономические показатели электротехнологических установок (ЭТУ) резистивного нагрева, основные типы и конструктивные исполнения ЭТУ резистивного нагрева</p> <p>Уметь:</p> <p>выбирать тип ЭТУ резистивного нагрева,</p> | <p>Контрольная работа № 1 (Контрольная работа)</p> <p>Контрольная работа № 2 (Тестирование)</p> <p>Контрольная работа № 3 (Контрольная работа)</p> <p>Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)</p> <p>Контрольная работа № 4 (Контрольная работа)</p> |

|      |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                       |                                                                                            |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                                                                                                                     | основные проектные решения и конструкционные материалы ЭТУ резистивного нагрева под заданный технологический процесс                                                  |                                                                                            |
| ПК-3 | ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Обосновывает выбор целесообразного решения                                                                                                     | Уметь:<br>обосновывать принятые проектные решения<br>проводить тепловой расчет и расчет нагревательных элементов<br>среднетемпературных электропечей<br>сопротивления | Контрольная работа № 3 (Контрольная работа)<br>Контрольная работа № 4 (Контрольная работа) |
| ПК-3 | ИД-4 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации                                                                        | Знать:<br>правила безопасной эксплуатации ЭТУ резистивного нагрева, в том числе с контролируемой атмосферой                                                           | Контрольная работа № 3 (Контрольная работа)                                                |
| ПК-4 | ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Демонстрирует умение выполнять предпроектный анализ объекта управления, для которого разрабатывается проект системы автоматического управления | Знать:<br>требования к регулированию температурного режима ЭТУ резистивного нагрева, состав электрооборудования и структуру систем автоматического регулирования      | Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)                                            |

|  |  |                                                                                                                                                                      |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | температуры<br>Уметь:<br>выбирать задание<br>автоматического<br>регулятора температуры<br>нагревательных<br>электропечей<br>сопротивления<br>периодического действия |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

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

### КМ-1. Контрольная работа № 1

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется письменное задание.

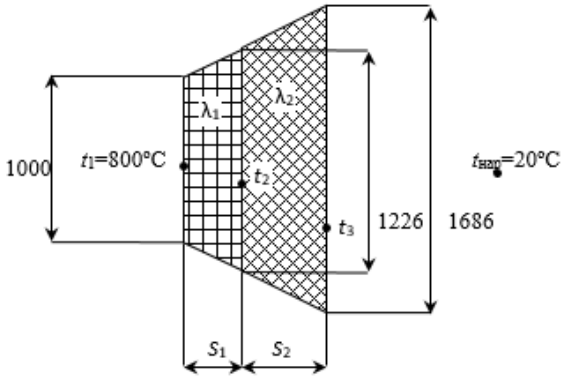
Время выполнения 30 минут.

#### Краткое содержание задания:

На вопрос 4 задания из предложенных вариантов ответа необходимо выбрать правильный (единственный) ответ. На остальные вопросы задания необходимо дать развернутые ответы.

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: области применения и основные технико-экономические показатели электротехнологических установок (ЭТУ) резистивного нагрева, основные типы и конструктивные исполнения ЭТУ резистивного нагрева | 1.Перечислите основные технологические и технико-экономические преимущества электронагрева сопротивления.<br>2.Дайте определения электронагрева сопротивления прямого и косвенного действия.<br>3.Классификация электропечей сопротивления с воздушной средой по температуре. Какими факторами определяются границы низкотемпературного и среднетемпературного, среднетемпературного и высокотемпературного диапазонов?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Знать: основы теплопередачи в ЭТУ резистивного нагрева                                                                                                                                                | 1.Определить тепловые потери боковой стенки камерной печи сопротивления (см. рис.) и температуры на границах слоев футеровки. Стенка состоит из огнеупорного слоя (шамот-легковес ШЛ-1,3, теплопроводность $0,65 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ ) толщиной $S_1=113 \text{ мм}$ и теплоизоляционного слоя (диатомитовый кирпич марки Д-500, теплопроводность $0,2 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ ) толщиной $S_2=230 \text{ мм}$ . Температура печи $t_1=800^\circ\text{C}$ , температура наружного воздуха $t_{\text{нар}}=20^\circ\text{C}$ . Размер внутренней поверхности стенки $F_1=1 \times 1 \text{ м}$ . Коэффициент теплоотдачи конвекцией от наружной поверхности $10 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ . Зависимостью теплофизических параметров от температуры пренебречь. |

|                                                                                                       |                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                       |                                                                              |
| Знать: свойства материалов, применяемых в конструкциях ЭТУ резистивного нагрева, и пути их применения | 1. Выберите материал, обладающий наибольшей теплопроводностью:<br>А. Полихлорвинил.<br>Б. Сталь низколегированная.<br>В. Медь.<br>Г. Сталь высоколегированная. |

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Даны правильные, полные ответы на все вопросы задания или допущены неточность либо неполный ответ при выполнении не более одного вопроса задания (из числа вопросов 1, 2, 3, 5).

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Дан неверный ответ на один вопрос задания или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении двух вопросов задания (из числа вопросов 1, 2, 3, 5).

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Дан неверный ответ на два вопроса задания или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении трех и более вопросов задания (из числа вопросов 1, 2, 3, 5).

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Дан неверный ответ на три и более вопросов задания.

### КМ-2. Контрольная работа № 2

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется письменное задание. Время выполнения 30 минут.

### Краткое содержание задания:

Из предложенных вариантов ответа на каждый из вопросов 1-14 задания необходимо выбрать правильный (единственный) ответ. На вопрос 15 необходимо дать развернутый ответ.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основы теплопередачи в ЭТУ резистивного нагрева

1. Передача тепла от нагревателей нагрузке в вакуумных ЭПС осуществляется преимущественно:
  - А. Теплопроводностью.
  - Б. Естественной конвекцией.
  - В. Излучением.
  - Г. Конвекцией при кипении теплоносителя.
  - Д. Вынужденной конвекцией.
2. Тепловой поток теплопроводности через плоскую бесконечную стенку при прочих равных условиях связан с толщиной стенки следующим соотношением:
  - А. Пропорционален.
  - Б. Обратно пропорционален.
  - В. Обратно пропорционален квадрату толщины.
  - Г. Пропорционален корню квадратному из толщины.
  - Д. Не зависит.
3. Коэффициент теплоотдачи конвекцией характеризует:
  - А. Способность материала проводить тепло.
  - Б. Способность материала аккумулировать тепло.
  - В. Способность поверхности излучать тепло.
  - Г. Условия конвективного теплообмена между поверхностью и окружающей средой.
  - Д. Способность поверхности поглощать тепловое излучение.
4. Интенсивность конвективного теплообмена при увеличении скорости движения среды:
  - А. Уменьшится.
  - Б. Увеличится.
  - В. Останется неизменной.
  - Г. Уменьшится или увеличится в зависимости от температуры стенки.
  - Д. Уменьшится или увеличится в зависимости от свойств среды.
5. Тела, поглощающая способность которых равна 1, называются:
  - А. Абсолютно черными.
  - Б. Серыми.
  - В. Абсолютно белыми.
  - Г. Абсолютно прозрачными.
  - Д. Селективными излучателями.
6. В соответствии с законом Вина максимум спектральной плотности теплового излучения при повышении температуры:
  - А. Смещается в область более коротких волн.
  - Б. Смещается в область более длинных волн.
  - В. Смещается в область более коротких или более длинных волн в зависимости от степени черноты тела.
  - Г. Смещается в область более коротких или более длинных волн в зависимости от

|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                              | <p>прозрачности тела.</p> <p>Д. Не смещается.</p> <p>7.Результирующий тепловой поток теплообмена излучением между двумя телами, определяется:</p> <p>А. Только температурами тел.</p> <p>Б. Температурами и степенями черноты тел.</p> <p>В. Температурами и площадью поверхности тел.</p> <p>Г. Степенью черноты и взаимным расположением тел.</p> <p>Д. Температурами, степенью черноты, размерами, формой и взаимным расположением тел.</p> <p>8.Критерий Био отражает:</p> <p>А. Характер естественного движения среды при конвективном теплообмене.</p> <p>Б. Характер вынужденного движения среды при конвективном теплообмене.</p> <p>В. Свойства теплоносителя.</p> <p>Г. Время нагрева загрузки тепловым потоком от нагревателей.</p> <p>Д. Перепад температур по сечению загрузки в процессе ее нагрева.</p> <p>9.Уравнения, описывающие процессы теплообмена в подобных системах, в виде зависимостей между безразмерными критериями, называются:</p> <p>А. Дифференциальными уравнениями теплопроводности.</p> <p>Б. Разностными уравнениями.</p> <p>В. Критериальными уравнениями.</p> <p>Г. Уравнениями в относительных единицах.</p> <p>Д. Нелинейными дифференциальными уравнениями.</p> |
| <p>Знать: свойства материалов, применяемых в конструкциях ЭТУ резистивного нагрева, и пути их применения</p> | <p>1.Какой из перечисленных материалов не является безникелевым сплавом сопротивления?</p> <p>А. Х23Ю5.</p> <p>Б. Х27Ю5Т.</p> <p>В. Х20Н80.</p> <p>Г. Х13Ю4.</p> <p>Д. Х15Ю5.</p> <p>2.Способность материалов противостоять коррозии при повышенной температуре называется:</p> <p>А. Термостойкостью.</p> <p>Б. Жаропрочностью.</p> <p>В. Жаростойкостью.</p> <p>Г. Тепловой инерционностью.</p> <p>Д. Термопластичностью.</p> <p>3.Использование того или иного материала для изготовления нагревателей вакуумных печей ограничивается, прежде всего:</p> <p>А. Термостойкостью материала.</p> <p>Б. Окисляемостью материала.</p> <p>В. Склонностью материала к испарению в вакууме.</p> <p>Г. Тепловой инерционностью материала.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                           | <p>Д. Жаропрочностью материала.</p> <p>4. Какой из перечисленных материалов не может использоваться для изготовления огнеупорного слоя футеровки в среднетемпературных печах?</p> <p>А. Шамот класса А.</p> <p>Б. Пендиатомит.</p> <p>В. Динас.</p> <p>Г. Шамот-легковес.</p> <p>Д. Магнезит.</p> <p>5. Чем различаются понятия «набивка» и «засыпка» применительно к изготовлению футеровок?</p> <p>А. Химическим составом основного материала.</p> <p>Б. Размером частиц основного материала.</p> <p>В. Наличием связующего материала.</p> <p>Г. Механической прочностью частиц основного материала.</p> |
| <p>Уметь: выбирать тип ЭТУ резистивного нагрева, основные проектные решения и конструкционные материалы ЭТУ резистивного нагрева под заданный технологический процесс</p> | <p>1. Предложите материал нагревателя, работающего при температуре 1100 градусов Цельсия в науглероживающей среде (эндогаз). Ответ поясните.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Даны правильные ответы на все вопросы задания или допущена ошибка при ответе на один вопрос.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Допущены ошибки при ответах на 2-4 вопроса задания.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Допущены ошибки при ответах на 5-7 вопросов задания.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Допущены ошибки при ответах на 8 и более задания.

#### **КМ-3. Контрольная работа № 3**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется письменное задание.

**Время выполнения** 45 мин.

**Краткое содержание задания:**

На вопросы 1-2 задания необходимо из предложенных вариантов ответа выбрать правильный (единственный) ответ. На вопросы 3-10 задания необходимо дать развернутые ответы.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: области применения и основные технико-экономические показатели электротехнологических установок (ЭТУ) резистивного нагрева, основные типы и конструктивные исполнения ЭТУ резистивного нагрева</p> | <p>1. По какому из перечисленных показателей колпаковые печи не имеют преимущества перед камерными и шахтными?</p> <p>А. Герметизируемость рабочего пространства, что способствует использованию контролируемых атмосфер.</p> <p>Б. Равномерность нагрева садки.</p> <p>В. Возможность вакуумирования садки.</p> <p>Г. Возможность работы при более высоких температурах.</p> <p>Д. Возможность рекуперации тепла, накопленного футеровкой.</p> <p>2. Что называется тепловой зоной в электропечах сопротивления?</p> <p>А. Участок футеровки неизменной толщины.</p> <p>Б. В методической печи зона, где происходит нагрев загрузки.</p> <p>В. В методической печи зона, где происходит выдержка загрузки при постоянной температуре.</p> <p>Г. Зона, наиболее удаленная от загрузочного и разгрузочного проемов.</p> <p>Д. Группа нагревателей, управление которыми осуществляется одним регулятором мощности по сигналу одного датчика температуры.</p> |
| <p>Знать: правила безопасной эксплуатации ЭТУ резистивного нагрева, в том числе с контролируемой атмосферой</p>                                                                                              | <p>1. Изложите основные принципы безопасной эксплуатации печей с контролируемой атмосферой, в том числе с горючими газами.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>Уметь: выбирать тип ЭТУ резистивного нагрева, основные проектные решения и конструкционные материалы ЭТУ резистивного нагрева под заданный технологический процесс</p>                                    | <p>1. Предложите материал, конструкцию и способ размещения (вертикально, горизонтально) нагревателя высокотемпературной (1600 градусов) печи с воздушной средой, если не исключены термоудары. Ответ обоснуйте.</p> <p>2. Выберите тип ЭПС для отжига стальных листов в массовом производстве. Ответ обоснуйте.</p> <p>3. Предложите материал открытого (не ТЭН) нагревателя низкотемпературной сушильной печи. Ответ обоснуйте.</p> <p>4. Предложите огнеупорный материал для изготовления арочного свода среднетемпературной печи непрерывного действия.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>Уметь: обосновывать принятые проектные решения</p>                                                                                                                                                        | <p>1. Предложите конструкцию нагревателей свода среднетемпературной печи непрерывного действия, если свод выполнен из волокнистого (ультралегковесного) огнеупорного материала. Ответ обоснуйте.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>2. Выберите направление обдува горизонтально расположенных ТЭН в печи с принудительной циркуляцией атмосферы – сверху вниз или снизу вверх? Ответ обоснуйте.</p> <p>3. Возможна ли 100-процентная рециркуляция воздуха в сушильной низкотемпературной печи? Ответ обоснуйте.</p> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Даны правильные, полные ответы на все вопросы задания или дан неправильный ответ не более чем на один вопрос задания или допущены неточность либо неполный ответ при выполнении не более двух вопросов задания (из числа вопросов 3-10).

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Дан неверный ответ на два или три вопроса задания или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении трех или четырех вопросов задания (из числа вопросов 3-10).

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Дан неверный ответ на четыре или пять вопросов задания или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении пяти или более вопросов задания (из числа вопросов 3-10).

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Дан неверный ответ на шесть или более вопросов задания.

#### КМ-4. Защита лабораторных работ

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** По результатам лабораторной работы обучающийся готовит отчет в соответствии с требованиями, изложенными в описании лабораторной работы (методическом пособии). Защита лабораторной работы проводится в форме собеседования.

#### Краткое содержание задания:

Предусмотрены 3 лабораторные работы:

1. Исследование процесса нагрева изделий в низкотемпературной электропечи сопротивления.
2. Исследование процесса нагрева изделий в среднетемпературной электропечи сопротивления периодического действия.
3. Пусковые испытания электропечи сопротивления.

Описания лабораторных работ, включая задание на выполнение работы и содержание отчета, приведены в методическом пособии.

#### Контрольные вопросы/задания:

|                               |                                                   |
|-------------------------------|---------------------------------------------------|
| Знать: основы теплопередачи в | 1. Поясните с точки зрения теории теплопередачи в |
|-------------------------------|---------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЭТУ резистивного нагрева                                                                                                                                                  | ЭПС вид кривых изменения температуры печи и загрузки (в разных точках) во времени для различных загрузок (Лабораторная работа № 2).<br>2.Поясните с точки зрения теории теплопередачи в ЭПС вид кривых изменения температуры печи в различных точках рабочего пространства печи (Лабораторная работа № 1). |
| Знать: требования к регулированию температурного режима ЭТУ резистивного нагрева, состав электрооборудования и структуру систем автоматического регулирования температуры | 1.Поясните функции электрооборудования печи, структуру и принцип действия системы регулирования температуру, переходный процесс изменения температуры при разогреве печи (Лабораторная работа № 3).                                                                                                        |
| Уметь: выбирать задание автоматического регулятора температуры нагревательных электропечей сопротивления периодического действия                                          | 1.Выберите задание регулятора температуры печи при известных конечной температуре нагрева загрузки, геометрических размерах и теплофизических свойствах материала загрузки (Лабораторная работа № 3).                                                                                                      |

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изучаемой дисциплины, полностью освоил методику выполнения лабораторной работы, получил корректные экспериментальные данные, безошибочно обработал их, оформил отчет в полном соответствии с требованиями, безупречно ответил на вопросы защиты и на дополнительные вопросы (при их наличии).

Оценка: 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обучающийся обнаружил полное знание материала изучаемой дисциплины, освоил методику выполнения лабораторной работы, ответил на все вопросы защиты, но допустил не принципиальные ошибки в экспериментальных данных, их обработке или ответах на вопросы.

Оценка: 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обучающийся обнаружил знание материала изучаемой дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профилю профессиональной деятельности, допустил погрешности в экспериментальных данных, их обработке или ответах на вопросы защиты, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка: 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Обучающийся обнаружил серьезные пробелы в знаниях основного материала изучаемой дисциплины, допустил принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответил на все вопросы защиты и дополнительные вопросы.

#### КМ-5. Контрольная работа № 4

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется письменное задание вне аудитории, в рамках самостоятельной работы студентов. Время выполнения 2 астрономических часа.

**Краткое содержание задания:**

Необходимо выполнить все пункты задания, дав развернутые ответы.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методики теплового расчета ЭТУ резистивного нагрева и расчета нагревательных элементов                     | 1. Запишите уравнение энергетического баланса для печи сопротивления периодического действия. Поясните составляющие энергетического баланса.<br>2. В чем заключаются главные отличия методики теплового расчета печи сопротивления непрерывного действия по сравнению с печью сопротивления периодического действия? Как это связано с тепловым режимом печи непрерывного действия?<br>3. Дайте определение “идеального нагревателя”. Как рассчитывается удельная поверхностная мощность идеального нагревателя, и как происходит переход к удельной поверхностной мощности реального нагревателя? |
| Уметь: обосновывать принятые проектные решения                                                                    | 1. Выберите материал нагревателей, исходя из температуры и среды в печи. Выберите конструктивное исполнение нагревателя: проволочный зигзаг, ленточный зигзаг, проволочная спираль на трубке. Обоснуйте выбор.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Уметь: проводить тепловой расчет и расчет нагревательных элементов среднетемпературных электропечей сопротивления | 1. Даны теплофизические свойства и геометрические размеры загрузки, конечная температура нагрева изделия в зоне печи непрерывного действия и время нагрева. Определите полезную мощность зоны и при заданной мощности тепловых потерь рассчитайте установленную мощность зоны.<br>2. Рассчитайте диаметр проволоки (толщину ленты) и развернутую длину нагревателя. Оцените срок службы нагревателя.                                                                                                                                                                                               |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Даны правильные, полные ответы на все вопросы задания или допущены неточность либо неполный ответ при выполнении не более одного вопроса задания.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Дан неверный ответ на один вопрос задания (за исключением вопросов 4, 6) или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении двух или трех вопросов задания.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Дан неверный ответ на два или три вопроса задания (за исключением вопросов 4, 6) или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении четырех и более вопросов задания.

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Дан неверный ответ на четыре и более вопросов задания. Серьезные ошибки при выполнении вопросов 4 и (или 6), свидетельствующие о том, что методика теплового расчета и расчета нагревателей соответственно не освоена, также приводят к выставлению оценки "неудовлетворительно".

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                          |                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>МЭИ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1</b>         | <i>Утверждаю:<br/>Зав. кафедрой</i> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Кафедра ЭППЭ                             |                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Дисциплина ЭТУ резистивного нагрева      |                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Институт электротехники и электрификации |                                     |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Основные понятия и закономерности стационарной теплопроводности.</li><li>2. Материалы для нагревательных элементов среднетемпературных электропечей сопротивления.</li><li>3. Предложите защитную среду для проведения технологического процесса отжига низкоуглеродистой стали.</li></ol> |                                          |                                     |

## Процедура проведения

Проводится устный экзамен по билетам. Обучающийся получает билет с двумя теоретическими вопросами и практическим заданием. Время подготовки обучающегося к ответу 60 минут, время опроса не более 30 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-3</sub> Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений

## Вопросы, задания

1. Основные понятия и закономерности стационарной теплопроводности.
2. Расчет времени нагрева загрузки в печи периодического действия.
3. Основные законы теплообмена излучением. Законы Планка, Вина, Стефана-Больцмана.
4. Основные законы теплообмена излучением. Характеристики поглощения и излучения абсолютно черных и серых тел. Селективные излучатели.
5. Материалы для нагревательных элементов среднетемпературных электропечей сопротивления.
6. Огнеупорные материалы, применяемые в конструкциях электропечей. Пористые огнеупоры. Волокнистые огнеупорные материалы. Сравнение плотных, пористых (легковесных) и волокнистых огнеупоров.
7. Рольганговые, конвейерные и карусельные печи. Особенности конструкций и области применения.
8. Высокотемпературные электропечи сопротивления с воздушной средой, их конструктивные особенности и области применения.
9. Барабанные электропечи и печи с пульсирующим подом. Конструкции и области применения.
10. Основные принципы и области применения инфракрасного нагрева. Виды инфракрасных нагревателей. Конструкция установок инфракрасного нагрева.
11. Колпаковые и элеваторные электропечи сопротивления. Особенности конструкции и области применения.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Теплотехнически тонкие тела характеризуются:

Ответы:

- А. Низкой степенью черноты поверхности.
- Б. Малым радиальным размером в сравнении с осевым.
- В. Низкой механической прочностью при высоких температурах.
- Г. Существенными ограничениями, налагаемыми на скорость нагрева.
- Д. Малыми в сравнении с теплотехнически массивными телами перепадами температуры по сечению в процессе нагрева тела.

Верный ответ: Малыми в сравнении с теплотехнически массивными телами перепадами температуры по сечению в процессе нагрева тела.

2. Установка абсолютно черного экрана между телами, участвующими в теплообмене излучением:

Ответы:

- А. Уменьшает результирующий тепловой поток в 2 раза.
- Б. Уменьшает результирующий тепловой поток в 4 раза.
- В. Не изменяет результирующий тепловой поток.
- Г. Увеличивает результирующий тепловой поток.
- Д. Уменьшает результирующий тепловой поток; процент, на который снижается тепловой поток, зависит от температуры тел.

Верный ответ: Уменьшает результирующий тепловой поток в 2 раза.

3. Какие печи относят к категории печей непрерывного действия (методических):

Ответы:

- А. Обладающие большим сроком службы футеровки и нагревателей.
- Б. Печи, в которых загрузка неподвижна в ходе нагрева и выдержки.
- В. Печи, в которых загрузка в процессе нагрева и выдержки перемещаются по рабочему пространству, а температура постоянна во времени.
- Г. Печи с неизменным во времени составом атмосферы.
- Д. Печи, в которых не осуществляется программное регулирование температуры.

Верный ответ: Печи, в которых загрузка в процессе нагрева и выдержки перемещаются по рабочему пространству, а температура постоянна во времени.

4. Печи какого из перечисленных типов разработаны специально для термической обработки проволоки или ленты?

Ответы:

- А. Рольганговые.
- Б. Туннельные.
- В. Элеваторные.
- Г. Ручьевые.
- Д. Протяжные.

Верный ответ: Протяжные.

5. Какова рекомендуемая рабочая температура (в градусах Цельсия) нагревателя из двойного нихрома высокого качества (Х20Н80-Н) в воздушной среде?

Ответы:

- А. 900
- Б. 1150
- В. 1300
- Г. 1350

Верный ответ: 1150

6. С чем связано требование использования футеровочных материалов с малой теплоемкостью?

Ответы:

- А. С необходимостью снижения тепловых потерь.
- Б. С необходимостью герметизации рабочего пространства.
- В. С необходимостью повышения равномерности нагрева.

- Г. С необходимостью увеличения срока службы футеровки.  
Д. С необходимостью уменьшения количества теплоты, аккумулированной футеровкой.  
Верный ответ: С необходимостью уменьшения количества теплоты, аккумулированной футеровкой.

7. Вспомогательное тепло - это:

Ответы:

- А. Тепло, расходуемое на нагрев загрузки.  
Б. Тепло, расходуемое на нагрев металлоконструкций (тары) и контролируемой газовой атмосферы.  
В. Потери тепла печью.

Верный ответ: Тепло, расходуемое на нагрев металлоконструкций (тары) и контролируемой газовой атмосферы.

8. Если нагреватели расчетной длины не удастся разместить в рабочем пространстве печи, то следует:

Ответы:

- А. Уменьшить напряжение питания.  
Б. Увеличить напряжение питания.

Верный ответ: Уменьшить напряжение питания.

## **2. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-3 Обосновывает выбор целесообразного решения**

### **Вопросы, задания**

1. Предложите защитную среду для проведения технологического процесса отжига низкоуглеродистой стали.
2. Предложите конструкцию сводовых нагревателей среднетемпературной печи непрерывного действия, если свод выполнен из волокнистого (ультралегковесного) огнеупорного материала.
3. Схема расчета нагревателей среднетемпературных печей из сплавов сопротивления.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. При проектировании проволочных и ленточных нагревателей среднетемпературных ЭПС рекомендуется выбирать относительный шаг нагревателя, исходя из:

Ответы:

- А. Температуры печи  
Б. Известного из литературы диапазона значений относительного шага, обеспечивающих минимальный массовый расход сплава  
В. Степени черноты загрузки

Верный ответ: Известного из литературы диапазона значений относительного шага, обеспечивающих минимальный массовый расход сплава

2. Свод ЭПС непрерывного действия изготовлен из волокнистого (ультралегковесного) огнеупорного материала. Какую конфигурацию сводовых нагревателей целесообразно использовать?

Ответы:

- А. Проволочный зигзаг  
Б. Ленточный зигзаг  
В. Проволочная спираль на керамической трубке, концы которой вставлены в пазы футеровки

Верный ответ: Проволочная спираль на керамической трубке, концы которой вставлены в пазы футеровки

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-3</sub> Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации

**Вопросы, задания**

1. Меры безопасной эксплуатации печей с горючими контролируруемыми атмосферами.
2. Меры безопасной эксплуатации печей с контролируруемыми атмосферами инертных газов (аргон).
3. Каковы требования к температуре кожуха (наружной поверхности) печи сопротивления, исходя из санитарных норм?

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. При использовании аргона в качестве защитной атмосферы опасность для персонала заключается в следующем:

Ответы:

- А. Аргон токсичен.
- Б. Аргон горюч и взрывоопасен.
- В. Аргон тяжелее воздуха и поэтому вызывает кислородное голодание при скоплении в замкнутых и подвальных помещениях.

Верный ответ: Аргон тяжелее воздуха и поэтому вызывает кислородное голодание при скоплении в замкнутых и подвальных помещениях.

2. Какая из перечисленных контролируемых атмосфер является горючей:

Ответы:

- А. Азот
- Б. Экзогаз
- В. Диссоциированный аммиак
- Г. Эндогаз

Верный ответ: Эндогаз

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-4</sub> Демонстрирует умение выполнять предпроектный анализ объекта управления, для которого разрабатывается проект системы автоматического управления

**Вопросы, задания**

1. Структура и принцип действия системы автоматического регулирования температуры ЭПС.
2. Датчики температуры, используемые в системах регулирования температуры ЭПС. Основные характеристики термопар различных типов.
3. Из каких соображений осуществляется выбор задания (уставки) регулятора температуры ЭПС?

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Хромель-алюмелевые термопары (ТХА) предназначены для измерения температур (при длительной работе) в градусах Цельсия:

Ответы:

- А. До 600
- Б. От 600 до 1000
- В. От 1000 до 1600
- Г. Свыше 1600

Верный ответ: От 600 до 1000

2. Задание (уставку) температуры для большинства процессов в среднетемпературных печах периодического действия рекомендуется выбирать:

Ответы:

- А. Равным конечной температуре нагрева загрузки.

Б. На 30-50 градусов Цельсия больше конечной температуры нагрева загрузки.

В. На 100 градусов Цельсия больше конечной температуры нагрева загрузки.

Верный ответ: На 30-50 градусов Цельсия больше конечной температуры нагрева загрузки.

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответил на вопросы билета и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины (при их наличии), правильно выполнил практическое задание.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обучающийся обнаружил полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняет предусмотренные задания, усвоил литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показал систематический характер знаний по дисциплине, ответил на все вопросы билета, правильно выполнил практическое задание, но допустил при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обучающийся обнаружил знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профилю профессиональной деятельности, справляется с выполнением заданий, знаком с литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустил погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практического задания, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнил практическое задание, но по указанию преподавателя выполнил другие практические задания из того же раздела дисциплины.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обучающийся обнаружил серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустил принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответил на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнил практическое задание; неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно».

## ***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. В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр.