

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Установки индукционного и диэлектрического нагрева**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|                                                                                   |                                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                            |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                            |
|                                                                                   | Владелец                                           | Федин М.А.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R3e9797a9-FedinMA-34f385d8 |

М.А. Федин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|                                                                                   |                                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                            |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                            |
|                                                                                   | Владелец                                           | Федин М.А.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R3e9797a9-FedinMA-34f385d8 |

М.А.  
Федин

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-1 Способен проводить научные исследования в области электротехнологических процессов и установок с системами питания и управления

ИД-1 Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электротехнологических установках и системах различных видов

ИД-2 Демонстрирует умение проводить научные исследования электротехнологических установок различных видов

2. ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области электротехнологических установок и систем

ИД-1 Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений

ИД-2 Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений

ИД-3 Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов

ИД-4 Демонстрирует умение проводить технико-экономическое обоснование проектных решений

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Проникновение электромагнитных волн в проводящую и непроводящую среду» (Контрольная работа)

2. Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 1» (Контрольная работа)

3. Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 2», «Расчет и проектирование УИН – часть 3» (Контрольная работа)

4. Тест «Проникновение электромагнитных волн в проводящую и непроводящую среду» (Тестирование)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                               | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                 | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                 | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 14   |
| Основные положения теории индукционного нагрева |                                 |      |      |      |      |
| Основные положения теории индукционного нагрева |                                 | +    | +    |      | +    |

|                                                                        |    |    |    |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| Индукционные плавильные тигельные печи                                 |    |    |    |    |
| Индукционные плавильные тигельные печи                                 |    |    | +  | +  |
| Индукционные плавильные канальные печи                                 |    |    |    |    |
| Индукционные плавильные канальные печи                                 |    |    | +  | +  |
| Индукционные установки для сквозного нагрева металлов                  |    |    |    |    |
| Индукционные установки для сквозного нагрева металлов                  |    |    | +  | +  |
| Индукционные установки для зонального нагрева металлов                 |    |    |    |    |
| Индукционные установки для зонального нагрева металлов                 |    |    | +  | +  |
| Высокочастотные установки для нагрева окислов, полупроводников и газов |    |    |    |    |
| Высокочастотные установки для нагрева окислов, полупроводников и газов |    |    | +  | +  |
| Основные положения теории диэлектрического нагрева                     |    |    |    |    |
| Основные положения теории диэлектрического нагрева                     | +  | +  |    | +  |
| Установки диэлектрического нагрева                                     |    |    |    |    |
| Установки диэлектрического нагрева                                     |    |    | +  | +  |
| Вес КМ:                                                                | 10 | 30 | 30 | 30 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### **БРС курсовой работы/проекта**

3 семестр

| Раздел дисциплины                                                                | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                                                  | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                                                  | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 16   |
| Определение геометрических размеров печи                                         |                                 | +    |      |      |      |
| Электрический расчет печи (расчет системы «индуктор – нагрузка»)                 |                                 |      | +    |      |      |
| Тепловой расчет печи                                                             |                                 |      |      | +    |      |
| Расчет системы охлаждения индуктора                                              |                                 |      |      | +    |      |
| Составление схемы электрической принципиальной                                   |                                 |      |      |      | +    |
| Основные технико-экономические показатели установки                              |                                 |      |      |      | +    |
| Разработка графической части проекта и оформление расчетно-пояснительной записки |                                 |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                                          |                                 | 15   | 25   | 30   | 30   |

## 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-1               | ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электро-технологических установках и системах различных видов | Знать:<br>– физические процессы в установках индукционного и диэлектрического нагрева (УИН и УДН) и их закономерности;<br>Уметь:<br>– решать задачи проникновения электромагнитных волн в проводящую и непроводящую среду. | Тест «Проникновение электромагнитных волн в проводящую и непроводящую среду» (Тестирование)<br>Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 2»,<br>«Расчет и проектирование УИН – часть 3» (Контрольная работа)                     |
| ПК-1               | ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует умение проводить научные исследования электро-технологических установок различных видов                          | Знать:<br>– методы моделирования процессов в УИН и УДН и экспериментальной идентификации параметров УИН и УДН.<br>Уметь:<br>– проводить математическое моделирование процессов нагрева изделий в УИН.                      | Контрольная работа «Проникновение электромагнитных волн в проводящую и непроводящую среду» (Контрольная работа)<br>Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 2»,<br>«Расчет и проектирование УИН – часть 3» (Контрольная работа) |
| ПК-2               | ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение выбирать критерии                                                                                         | Уметь:<br>– выбирать критерии                                                                                                                                                                                              | Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 2»,<br>«Расчет и проектирование УИН – часть 3» (Контрольная работа)                                                                                                                    |

|      |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                             |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | принятия проектных решений                                                                                                                              | проектных решений, исходя из требований технологического процесса, условий и ограничений при проектировании, показателей качества                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                             |
| ПК-2 | ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений                                                                 | Уметь:<br>– проводить оптимальный выбор проектных решений устройств индукционного нагрева                                                                                                                                                                                                                                                  | Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 1» (Контрольная работа)                                                                                                                             |
| ПК-2 | ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов | Уметь:<br>– разрабатывать элементы конструкции УИН;<br>– проводить предварительный расчет УИН (расчет габаритных размеров), расчет системы «индуктор – нагрузка», тепловой расчет, расчет системы охлаждения индуктора в индукционных плавильных печах;<br>– составлять схемы электрические принципиальные питания и управления УИН и УДН. | Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 1» (Контрольная работа)<br>Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 2», «Расчет и проектирование УИН – часть 3» (Контрольная работа) |
| ПК-2 | ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение проводить технико-экономическое обоснование проектных                                                         | Уметь:<br>– проводить технико-экономическое обоснование проектных                                                                                                                                                                                                                                                                          | Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 1» (Контрольная работа)                                                                                                                             |

|  |         |              |  |
|--|---------|--------------|--|
|  | решений | решений УИН. |  |
|--|---------|--------------|--|

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

### **КМ-1. Тест «Проникновение электромагнитных волн в проводящую и непроводящую среду»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

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

Время выполнения 30 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Тест проводится на проверку знаний по теории электромагнитных волн. Студенту предлагается выбрать один правильный ответ из предложенных.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: – физические процессы в установках индукционного и диэлектрического нагрева (УИН и УДН) и их закономерности;</p> | <p>1. Выберите физическую величину, от значения которой не зависит величина глубины проникновения электромагнитной волны в проводящую среду:<br/>1. удельное электрическое сопротивление; 2. частота;<br/>3. относительная магнитная проницаемость; 4. сила тока.<br/>Ответ: 4.</p> <p>При проникновении плоской электромагнитной волны в проводящую линейную среду, представляющую собой плоское полубесконечное тело, на расстоянии от поверхности, равном глубине проникновения, происходит следующее изменение величины модуля напряженности магнитного поля <math>H</math> по сравнению со значением модуля напряженности магнитного поля на поверхности полубесконечного тела:<br/>1. уменьшается в число Эйлера раз; 2. возрастает в число Эйлера раз; 3. не изменяется; 4. уменьшается в число Эйлера раз в квадрате.<br/>Ответ: 1.</p> <p>При проникновении плоской электромагнитной волны в проводящую линейную среду, представляющую собой плоское полубесконечное тело, на расстоянии от поверхности, равном глубине проникновения, происходит следующее изменение величины модуля вектора Умова-Пойнтинга по сравнению со значением модуля вектора Умова-Пойнтинга на поверхности полубесконечного тела:<br/>1. уменьшается в число Эйлера раз; 2. возрастает в число Эйлера раз; 3. не изменяется; 4. уменьшается в число Эйлера раз в квадрате.<br/>Ответ: 4.</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве менее 60%

**КМ-2. Контрольная работа «Проникновение электромагнитных волн в проводящую и непроводящую среду»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется письменное задание. Время выполнения 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Необходимо выполнить все пункты задания, дав развернутые ответы.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: – методы моделирования процессов в УИН и УДН и экспериментальной идентификации параметров УИН и УДН. | <p>1. Какие уравнения дают полное математическое описание электромагнитного поля в проводящей и непроводящей среде?</p> <p>В чем состоит физический принцип индукционного нагрева?</p> <p>Каким параметром характеризуется непостоянство параметров электромагнитного поля в нагреваемом проводящем теле? В чем состоит физический смысл этого параметра?</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Неправильно выполнен один пункт задания, или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении двух пунктов задания.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Неправильно выполнены два пункта задания, или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении трех или более пунктов задания, или неправильно выполнен один из пунктов 4, 5 задания.

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Неправильно выполнены три и более пунктов задания, или неправильно выполнены пункты 4 и 5 задания.

### **КМ-3. Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 1»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется письменное задание.  
Время выполнения 90 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Необходимо выполнить все пункты задания, дав развернутые ответы.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: – проводить оптимальный выбор проектных решений устройств индукционного нагрева                                                                                                                  | <p>1. Выберите подходящий вариант индукционной электротехнологической установки для плавки алюминия производительностью 180 т/сутки. Обоснуйте выбор. Приведите основные технические характеристики установки (ток, напряжение, частота, мощность, коэффициент мощности).</p> <p>Выберите подходящий вариант индукционной электротехнологической установки для плавки чугуна производительностью 60 т/сутки. Обоснуйте выбор. Приведите основные технические характеристики установки (ток, напряжение, частота, мощность, коэффициент мощности).</p> <p>Выберите подходящий вариант индукционной электротехнологической установки для нагрева под обработку давлением титановых заготовок круглого сечения диаметром 400 мм. Обоснуйте выбор. Приведите основные технические характеристики установки (ток, напряжение, частота, мощность, коэффициент мощности).</p> |
| Уметь: – проводить предварительный расчет УИН (расчет габаритных размеров), расчет системы «индуктор – нагрузка», тепловой расчет, расчет системы охлаждения индуктора в индукционных плавильных печах; | <p>1. Рассчитать основные геометрические размеры индукционной канальной печи для плавки чугуна емкостью 16 т, если известно, что время плавки составляет 2 ч, вспомогательное время 0,5 ч.</p> <p>Рассчитать основные геометрические размеры индукционной канальной печи для плавки чугуна емкостью 20 т, если известно, что время плавки</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                             | <p>составляет 2,5 ч, вспомогательное время 0,5 ч.</p> <p>Рассчитать основные геометрические размеры индукционной канальной печи для плавки алюминия емкостью 40 т, если известно, что время плавки составляет 2,5 ч, вспомогательное время 0,6 ч.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Уметь: – разрабатывать элементы конструкции УИН;                            | <p>1. Рассчитать основные геометрические размеры индукционной тигельной печи для плавки чугуна емкостью 16 т, если известно, что время плавки составляет 2 ч, вспомогательное время 0,5 ч.</p> <p>Рассчитать основные геометрические размеры индукционной тигельной печи для плавки чугуна емкостью 20 т, если известно, что время плавки составляет 2,5 ч, вспомогательное время 0,5 ч.</p> <p>Рассчитать основные геометрические размеры индукционной тигельной печи для плавки алюминия емкостью 4 т, если известно, что время плавки составляет 1,5 ч, вспомогательное время 0,35 ч.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Уметь: – проводить технико-экономическое обоснование проектных решений УИН. | <p>1. Выберите подходящий вариант индукционной электротехнологической установки для быстрого нагрева стального листа толщиной 10 мм. Материал листа - Сталь 20. Обоснуйте выбор. Приведите основные технические характеристики установки (ток, напряжение, частота, мощность, коэффициент мощности).</p> <p>Выберите подходящий вариант индукционной электротехнологической установки для обогрева промышленного трубопровода длиной 4 км. Обоснуйте выбор. Приведите основные технические характеристики установки (ток, напряжение, частота, мощность, коэффициент мощности).</p> <p>Выберите подходящий вариант индукционной электротехнологической установки для нагрева под обработку давлением алюминиевых заготовок круглого сечения диаметром 150 мм. Обоснуйте выбор. Приведите основные технические характеристики установки (ток, напряжение, частота, мощность, коэффициент мощности).</p> |

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Неправильно выполнен один пункт задания, или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении двух пунктов задания.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Неправильно выполнены два пункта задания, или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении трех или более пунктов задания, или неправильно выполнен один из пунктов 4, 5 задания.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Неправильно выполнены три и более пунктов задания, или неправильно выполнены пункты 4 и 5 задания.

#### **КМ-4. Контрольная работа «Расчет и проектирование УИН – часть 2», «Расчет и проектирование УИН – часть 3»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется письменное задание.  
**Время выполнения** 90 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Необходимо выполнить все пункты задания, дав развернутые ответы.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: – решать задачи проникновения электромагнитных волн в проводящую и непроводящую среду. | <p>1. Рассчитайте глубину проникновения и удельную поверхностную мощность для индукционной тигельной печи емкостью 20 т для плавки чугуна в холодном и горячем режимах плавки. Сравните полученные значения и сделайте выводы.</p> <p>Рассчитайте глубину проникновения и удельную поверхностную мощность для индукционной тигельной печи емкостью 8 т для плавки ферромагнитной стали в холодном, горячем и переходном режимах плавки. Сравните полученные значения и сделайте выводы.</p> <p>Рассчитайте толщину стенки графитового тигля для индукционной тигельной печи для плавки меди емкостью 1 кг, работающей на частоте 22 кГц.</p> |
| Уметь: – проводить математическое моделирование процессов нагрева изделий в УИН.              | <p>1. Произведите электрический расчет системы “индуктор - нагрузка” для следующих исходных данных: диаметр загрузки - 100 мм, высота загрузки - 120 мм, диаметр индуктора - 120 мм, высота загрузки - 140 мм, смещение - 10 мм, число витков индуктора - 20, коэффициент заполнения - 0,9, частота - 1000 Гц, ток индуктора - 130 А, материал индуктора - медь, материал загрузки - алюминий.</p>                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                     | <p>Произведите электрический расчет системы “индуктор - загрузка” для следующих исходных данных: диаметр загрузки - 1000 мм, высота загрузки - 1200 мм, диаметр индуктора - 1200 мм, высота загрузки - 1400 мм, смещение - 100 мм, число витков индуктора - 40, коэффициент заполнения - 0,9, частота - 50 Гц, ток индуктора - 1300 А, материал индуктора - медь, материал загрузки - чугун.</p> <p>Произведите электрический расчет системы “индуктор - загрузка” для следующих исходных данных: диаметр загрузки - 100 мм, высота загрузки - 120 мм, диаметр индуктора - 120 мм, высота загрузки - 140 мм, смещение - 10 мм, число витков индуктора - 20, коэффициент заполнения - 0,9, частота - 20 кГц, ток индуктора - 130 А, материал индуктора - медь, материал загрузки - медь.</p>                                                                                                                       |
| <p>Уметь: – выбирать критерии проектных решений, исходя из требований технологического процесса, условий и ограничений при проектировании, показателей качества</p> | <p>1. Выберите подходящий вариант индукционной электротехнологической установки для термообработки стальных заготовок диаметром 200 мм. Вид термообработки - рекристаллизационный отжиг. Материал заготовок - Сталь 10. Обоснуйте выбор. Приведите основные технические характеристики установки (ток, напряжение, частота, мощность, коэффициент мощности).</p> <p>Выберите подходящий вариант индукционной электротехнологической установки для плавки магния производительностью 10 т/сутки. Обоснуйте выбор. Приведите основные технические характеристики установки (ток, напряжение, частота, мощность, коэффициент мощности).</p> <p>Выберите подходящий вариант индукционной электротехнологической установки для термостатирования медных сплавов емкостью 4 т. Обоснуйте выбор. Приведите основные технические характеристики установки (ток, напряжение, частота, мощность, коэффициент мощности).</p> |
| <p>Уметь: – составлять схемы электрические принципиальные питания и управления УИН и УДН.</p>                                                                       | <p>1. Разработать схемы электрические питания и управления для установки индукционной тигельной печи для плавки магния емкостью 16 т. Предусмотреть необходимые защиты и блокировки. Привод механизма наклона печи - гидравлический.</p> <p>Разработать схемы электрические питания и управления для установки индукционной тигельной печи для плавки алюминия емкостью 4 т. Предусмотреть необходимые защиты и блокировки. Привод механизма наклона печи - гидравлический.</p> <p>Разработать схемы электрические питания и</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|  |                                                                                                                                                                                                           |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>управления для установки индукционной канальной печи для плавки бронзы емкостью 16 т.</p> <p>Предусмотреть необходимые защиты и блокировки.</p> <p>Привод механизма наклона печи - гидравлический.</p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Неправильно выполнен один пункт задания, или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении двух пунктов задания.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Неправильно выполнены два пункта задания, или допущены неточности либо неполные ответы при выполнении трех или более пунктов задания, или неправильно выполнен один из пунктов 4, 5 задания.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Неправильно выполнены три и более пунктов задания, или неправильно выполнен пункты 4 и 5 задания.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

### Форма промежуточной аттестации: Экзамен

#### Пример билета

1. Понятие глубины проникновения и удельной поверхностной мощности при индукционном нагреве. Влияние геометрии загрузки на параметры электромагнитного поля. Проникновение ЭМВ в плиту.
2. Техничко-экономические характеристики установок индукционного сквозного нагрева. Сравнение с другими вариантами нагрева.
3. Предложите вариант устройства индукционного нагрева для обогрева химического резервуара с компаундом диаметром 1,5 м, высотой 2 м. Приведите основные технические характеристики устройства (ориентировочно).

#### 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-1</sub> Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электро-технологических установках и системах различных видов

#### Вопросы, задания

1. Проникновение ЭМП в нелинейную проводящую среду.
2. Проникновение электромагнитной волны (ЭМВ) в полубесконечное проводящее тело.
3. Поверхностный эффект, эффект близости, катушечный эффект, эффект магнитного паза, эффект полосатого нагрева, эффект нагрева двухслойной среды при индукционном нагреве.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Система «индуктор – загрузка». Активные и реактивные мощности на участках.
2. Как изменится глубина проникновения электромагнитной волны в ферромагнитную стальную заготовку при ее нагреве от температуры 600 °С до температуры 800 °С (значение тока индуктора и частоты постоянно)?

Ответы:

- а) не изменится,
- б) возрастет,
- в) уменьшится.

Верный ответ: б

3. Поясните эффект индукционного нагрева двухслойной проводящей среды.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Демонстрирует умение проводить научные исследования электро-технологических установок различных видов

**Вопросы, задания**

- 1.Понятие глубины проникновения и удельной поверхностной мощности при индукционном нагреве. Влияние геометрии загрузки на параметры электромагнитного поля. Проникновение ЭМВ в плиту.
- 2.Параметры электромагнитного поля. Векторный магнитный потенциал.
- 3.Два подхода к расчету процессов индукционного нагрева. Система уравнений электромагнитного поля Д.К. Максвелла. Граничные условия.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

- 1.Проникновение электромагнитной волны (ЭМВ) в полубесконечное проводящее тело. Вывод дифференциального уравнения для напряженности магнитного поля в проводящей среде.
- 2.Проникновение ЭМП в дискретную проводящую среду.
- 3.Математическое описание и основные характеристики диэлектрического нагрева.

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-2 Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений

**Вопросы, задания**

- 1.Технико-экономические характеристики установок индукционного сквозного нагрева. Сравнение с другими вариантами нагрева.
- 2.Особенности индукционного нагрева ферромагнетиков.
- 3.Технико-экономические характеристики ИТП. Сравнение с другими ЭТУ.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

- 1.Источники питания установок индукционного нагрева. Полупроводниковые преобразователи частоты. Схема инвертора тока и инвертора напряжения.
- 2.Способы регулирования мощности в установках индукционного нагрева.
- 3.Как изменится электрический КПД цилиндрической системы «индуктор – загрузка» при увеличении частоты тока?

Ответы:

- а) не изменится
- б) возрастет
- в) уменьшится

Верный ответ: б

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений

**Вопросы, задания**

- 1.Установки индукционного сквозного нагрева. Принцип действия, назначение и основные характеристики.
- 2.Области применения индукционного нагрева ферромагнитной стали (ИНФС). Методы расчета устройств ИНФС.
- 3.Индукционная сварка. Принцип действия, назначение и области применения.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

- 1.Технико-экономические характеристики индукционных канальных печей. Сравнение с другими ЭТУ.



2. Силы при индукционном нагреве. Явление мениска в ИТП. Способы воздействия на электродинамическую циркуляцию металла в ИТП.
3. Выбор рабочей частоты тока индуктора в индукционных тигельных печах.

**5. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов

**Вопросы, задания**

1. Высокочастотные и сверхвысокочастотные установки для нагрева полупроводников и диэлектриков. Физические основы диэлектрического нагрева.
2. Конфигурация систем «индуктор – нагрузка» для различных устройств индукционного нагрева. Примеры.
3. Расчет индукционно-резистивных систем обогрева промышленных трубопроводов.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Как изменится активная мощность в ферромагнитной стальной заготовке при ее нагреве от температуры 600 °С до температуры 800 °С (значение тока индуктора и частоты постоянно)?

Ответы:

- а) не изменится,
- б) возрастет,
- в) уменьшится.

Верный ответ: в

2. Как изменится электрический КПД цилиндрической системы «индуктор – нагрузка» при увеличении зазора?

Ответы:

- а) не изменится,
- б) возрастет,
- в) уменьшится.

Верный ответ: в

3. Как изменится коэффициент мощности цилиндрической системы «индуктор – нагрузка» при увеличении зазора?

Ответы:

- а) не изменится
- б) возрастет
- в) уменьшится

Верный ответ: в

**6. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение проводить технико-экономическое обоснование проектных решений

**Вопросы, задания**

1. Техничко-экономические характеристики индукционных канальных печей.
2. Расчет технико-экономических характеристик индукционно-резистивных систем нагрева.
3. Определение технико-экономических характеристик установок индукционного сквозного нагрева.

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

1. Техничко-экономические характеристики установок индукционной поверхностной закалки. Сравнение с другими видами нагрева.
2. В каком диапазоне частот работают установки ВЧ-нагрева диэлектриков?

Ответы:

1. 50 Гц – 1 МГц; 2. 1,0 - 152,5 МГц; 3. 66 МГц – 2 ГГц; 4. 2 ГГц – 10 ГГц.

Верный ответ: 2

3. Назовите области применения диэлектрического нагрева в промышленности.

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*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.

**Для курсового проекта/работы:**

**3 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Защита курсового проекта принимается комиссией в составе минимум двух преподавателей. Защита заключается в докладе обучающегося по теме курсового проекта с демонстрацией графического материала и ответах на вопросы членов комиссии. Продолжительность защиты не более 20 минут.

### ***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 задание на курсовое проектирование, усвоил литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответил на вопросы членов комиссии, правильно выполнил все разделы курсового проекта, качественно оформил графические материалы и расчетно-пояснительную записку.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обучающийся обнаружил полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполнил задание на курсовой проект, усвоил литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине; ответил на все вопросы комиссии, но при этом допустил неточности или непринципиальные ошибки, или допустил непринципиальные ошибки при выполнении курсового проекта; менее качественно оформил графические материалы и расчетно-пояснительную записку.

*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, справился с выполнением курсового проекта, знаком с литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустил ошибки при ответах на вопросы комиссии; допустил грубые нарушения ЕСКД при оформлении графических материалов и расчетно-пояснительной записки.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Обучающийся обнаружил серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, не ответил на вопросы комиссии, продемонстрировал, что не освоил методику проектирования индукционных плавильных печей.

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» с учетом семестровой составляющей

оценки и оценки, полученной на защите. В приложение к диплому выносится оценка за курсовой проект.