

**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
Теория нагрева электрической дугой**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Нехамин С.М.
	Идентификатор	Rd64b2150-NekhaminSM-a909e7a

(подпись)

С.М.

Нехамин

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

М.А. Федин

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

С.А. Цырук

(расшифровка
подписи)

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-3 Демонстрирует умение проводить анализ и моделирование систем электропитания и автоматического управления электро-технологических установок (комплексов)

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

3. ПК-3 Способен принимать участие в разработке проекта системы автоматического управления электротехнологической установкой (комплексом)
 - ИД-1 Демонстрирует умение разработать концепцию системы автоматического управления электро-технологической установкой (комплексом)
 - ИД-2 Демонстрирует понимание структуры мероприятий по защите авторских прав на решения, содержащиеся в разрабатываемом проекте

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет коэффициента теплоотдачи и мощности излучения дуги в ДППТ заданной ёмкости (Домашнее задание)
2. Расчет радиуса, мощности излучения и температуры дуги ДППТ заданной ёмкости в заданный период плавки (Домашнее задание)
3. Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ (Реферат)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчет кинетических характеристик плазмы столба дуги ДПиУСН (Домашнее задание)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %
-------------------	---------------------------------

	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Особенности нагрева электрической дугой в электротехнологических установках					
Особенности нагрева электрической дугой в электротехнологических установках		+	+		+
Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой					
Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой		+			
Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)					
Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)		+			+
Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока					
Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока		+		+	
Вес КМ:		15	15	30	40

\$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-1	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электро-технологических установках и системах различных видов	Знать: физические закономерности процессов переноса и преобразования энергии в плазме столба электрической дуги в ЭТУ закономерности и физические основы теплообменной модели электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей и установок с НЭД	Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ (Реферат)
ПК-1	ИД-3 _{ПК-1} Демонстрирует умение проводить анализ и моделирование систем электропитания и автоматического управления электро-технологических установок (комплексов)	Уметь: определить цели и направления моделирования процессов НЭД в разработке, проектировании и наладке дуговых печей	Расчет кинетических характеристик плазмы столба дуги ДПиУСН (Домашнее задание) Расчет радиуса, мощности излучения и температуры дуги ДППТ заданной ёмкости в заданный период плавки (Домашнее задание)
ПК-2	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений	Знать: математические методы ТОМЭД в расчетах и анализе характеристик плазмы столба дуги в	Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ (Реферат)

		проектировании и наладке дуговых печей	
ПК-2	ИД-2 _{ПК-2} Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений	Уметь: использовать методы теплообменной модели электрической дуги (ТОМЭД) в расчете характеристик дуговых печей и установок с НЭД	Расчет коэффициента теплоотдачи и мощности излучения дуги в ДППТ заданной ёмкости (Домашнее задание)
ПК-2	ИД-3 _{ПК-2} Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов	Знать: методы расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем	Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ (Реферат)
ПК-3	ИД-1 _{ПК-3} Демонстрирует умение разработать концепцию системы автоматического управления электро-технологической установкой (комплексом)	Уметь: сформировать математическое обеспечение решения задачи моделирования электрического режима и характеристик дуговых печей и установок с НЭД	Расчет радиуса, мощности излучения и температуры дуги ДППТ заданной ёмкости в заданный период плавки (Домашнее задание)
ПК-3	ИД-2 _{ПК-3} Демонстрирует понимание структуры мероприятий по защите авторских прав на решения, содержащиеся в разрабатываемом проекте	Знать: задачи и основные направления развития современных дуговых печей и установок с НЭД современные проблемы проектирования дуговых печей	Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ (Реферат)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Реферат

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Обмен файлами

Краткое содержание задания:

Самостоятельно написать и оформить реферат по тематике лекций - газодинамическая модель дуги Меккера, физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ.

Объём реферата 4-5 стр машинописного текста с обязательным указанием списка используемой литературы.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: закономерности и физические основы теплообменной модели электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей и установок с НЭД	1. Дать анализ влияния процессов в катодном пятне на структурные характеристики дуги
Знать: физические закономерности процессов переноса и преобразования энергии в плазме столба электрической дуги в ЭТУ	1. Пояснить метод расчета показателя интенсивности теплообмена дуги
Знать: математические методы ТОМЭД в расчетах и анализе характеристик плазмы столба дуги в проектировании и наладке дуговых печей	1. Пояснить физический смысл формулы скорости движения плазмы в модели дуги Меккера и структурных характеристик дуги в ЭТУ
Знать: методы расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем	1. Рассчитайте и поясните расчёт линейной плотности теплового потока излучения дуги
Знать: задачи и основные направления развития современных дуговых печей и установок с НЭД	1. Провести анализ граничных условий и структуры дуги в ЭТУ на основе структурной модели Меккера
Знать: современные проблемы проектирования дуговых печей	1. Пояснить физический смысл уточненной структурной модели дуги Меккера

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-2. Расчет кинетических характеристик плазмы столба дуги ДПиУСН

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проведение расчета. Обмен электронными документами.

Краткое содержание задания:

Выполнить расчет кинетических характеристик плазмы заданного химического состава:

- 1) Степени ионизации;
- 2) Концентрации электронов, ионов и атомов;
- 3) Частоты столкновения электронов с атомами и ионами;
- 4) Средней длины свободного пробега электронов;
- 5) Удельной электропроводности плазмы;
- 6) Степени термического неравновесия плазмы.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: определить цели и направления моделирования процессов НЭД в разработке, проектировании и наладке дуговых печей	1.Поясните метод расчета параметров термической плазмы в ЭТУ 2.Поясните влияние химического состава на параметры плазмы
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-3. Расчет коэффициента теплоотдачи и мощности излучения дуги в ДППТ заданной ёмкости

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проведение расчета. Обмен файлами.

Краткое содержание задания:

Рассчитать коэффициента теплоотдачи и мощность излучения дуги ДППТ заданной ёмкости при плавке стали в периоде начала проплавления «колодца» в шихте после завалки

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: использовать методы теплообменной модели электрической дуги (ТОМЭД) в расчете характеристик дуговых печей и установок с НЭД	1. Рассчитайте и поясните расчёт коэффициента теплоотдачи дуги в отдалении от электрода с учетом граничной температуры на поверхности столба 2. Рассчитайте и поясните расчёт линейной плотность теплового потока излучения дуги 3. Рассчитайте и поясните расчёт рекомендуемого для заданной емкости печи рабочий тока дуги
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-4. Расчет радиуса, мощности излучения и температуры дуги ДППТ заданной ёмкости в заданный период плавки

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проведение расчёта. Обмен файлами.

Краткое содержание задания:

Рассчитать радиус, мощность излучения и температуру дуги ДППТ вблизи привязки анодного пятна при плавке стали в периоде конца проплавления колодца

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: определить цели и направления моделирования	1. Рассчитайте и поясните расчёт средней температуры в сечении столба дуги вблизи анодного
--	--

процессов НЭД в разработке, проектировании и наладке дуговых печей	пятна
Уметь: сформировать математическое обеспечение решения задачи моделирования электрического режима и характеристик дуговых печей и установок с НЭД	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рассчитайте и поясните расчёт радиуса столба дуги вблизи привязки анодного пятна 2. Рассчитайте и поясните расчёт линейной плотности теплового потока излучения дуги 3. Рассчитайте и поясните расчёт теплового потока излучения плазмы дуги 4. Рассчитайте и поясните расчёт средних значений электропроводности плазмы в сечении столба дуги вблизи анодного пятна

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Пояснить условие прозрачности плазмы для собственного излучения столба дуги в ЭТУ. Пояснить цель преобразования уравнение энергии дуги с учетом условия суперпозиции электрического поля
2. Пояснить принцип расчета универсальных характеристик дуги

Процедура проведения

Экзамен проводится в письменной форме. После проверки у студента есть возможность пояснить предоставленные им ответы.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-1} Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электро-технологических установках и системах различных видов

Вопросы, задания

1. Дать анализ связи электрических характеристик дуги с помощью универсальных характеристик дуги
2. Пояснить физический смысл структурной характеристики неравновесия плазмы
3. Объяснить суть проблемы верификации структурных характеристик дуги для графитированных электродов дуговых печей

Материалы для проверки остаточных знаний

1. На какие части делится столб дуги по модели Меккера?

Ответы:

Развернутый ответ с возможными пояснениями

Верный ответ: Деление по модели Меккера столба дуги на конусную и цилиндрическую части является базовым положением современной теории нагрева электрической дугой в дуговых печах, позволяющим связать электрические характеристики дуги с тепловыми характеристиками процесса нагрева

2. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ПК-1} Демонстрирует умение проводить анализ и моделирование систем электропитания и автоматического управления электро-технологических установок (комплексов)

Вопросы, задания

1. Пояснить представление функции средней по длине дуги напряженности электрического поля с учетом структурных характеристик дуги
2. Пояснить причину искажения формы тока дуги и понятие ДВАХ ДСП

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Пояснить метод расчета показателя реактивности ДСП высокой мощности для произвольного периода плавки

Ответы:

Развернутый ответ с возможными пояснениями

Верный ответ: Привести метод расчета, пояснить влияние составляющих.

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

Вопросы, задания

1.Пояснить метод формирования структурной характеристики геометрической неоднородности ТОМЭД ДППТ для номинального тока электрода

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Формулу напряжения дуги

Ответы:

Развернутый ответ с возможными пояснениями

Верный ответ: Вывести формулу, объяснить влияние составляющих на напряжение дуги

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

Вопросы, задания

1.Пояснить алгоритм решения задачи №1 (электротермической) для цилиндрической модели дуги

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Пояснить структуру эквивалентной схемы ДСП

Ответы:

Развернутый ответ с возможными пояснениями

Верный ответ: Показать структуру эквивалентной схемы ДСП, пояснить составляющие и варианты

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

Вопросы, задания

1.Дать вывод формулы связи структурных характеристик дуги

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Пояснить алгоритм решения электротермической задачи для цилиндрической модели дуги.

Ответы:

Развернутый ответ с возможными пояснениями

Верный ответ: Объяснить ход решения задачи.

6. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-3 Демонстрирует умение разработать концепцию системы автоматического управления электро-технологической установкой (комплексом)

Вопросы, задания

1.Пояснить метод верификации функций напряженности электрического поля цилиндрической модели дуги на основе экспериментальных ВАХ ДППТ-85

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Расчет универсальных характеристик дуги.

Ответы:

Развернутый ответ с возможными пояснениями

Верный ответ: Пояснить принцип расчета универсальных характеристик дуги.

7. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-3 Демонстрирует понимание структуры мероприятий по защите авторских прав на решения, содержащиеся в разрабатываемом проекте

Вопросы, задания

1. Провести анализ граничных условий и структуры дуги в ЭТУ на основе структурной модели Меккера

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие мероприятия по защите авторских прав вы знаете?

Ответы:

Развернутый ответ с возможными пояснениями

Верный ответ: Перечислите и раскройте содержание мероприятий.

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. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка на экзамене проставляется с учетом составляющей БАРС.