

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

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ НАГРЕВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГОЙ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.07
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	1 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Реферат Домашнее задание	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

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)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение научных положений и математических методов современной теории нагрева электрической дугой, основанных на современных научных разработках ведущих университетов электротехнического направления и опыте специалистов известных фирм электротехнической промышленности в мире, работающих в области разработки, проектирования, наладки и эксплуатации дуговых печей и электротермических установок (ЭТУ) с нагревом электрической дугой (НЭД)

Задачи дисциплины

- обучение самостоятельному анализу состояния и динамики развития технологий с применением НЭД;
- изучение физических основ рабочих процессов в дуговых печах и ЭТУ при нагреве электрической дугой;
- изучение принципов создания математических и физических моделей рабочих процессов в дуговых печах и ЭТУ при нагреве электрической дугой;
- освоение навыков проведения исследований, испытаний и наладки дуговых печей в условиях современного промышленного производства;
- формирование навыков в принятии и обосновании конкретных научных и инженерных решений при разработке технических заданий и рабочем проектировании дуговых печей;
- обучение стратегии сравнения, выбора и обоснования различных вариантов технических решений на основе физически обоснованных критериев выбора рационального варианта;
- освоение рабочих процессов в дуговых печах с учетом взаимосвязи электрического режима и тепловых процессов в плавильном пространстве;
- изучение основных принципов анализа при ограниченных результатах опытных данных рабочего режима дуговых печей с применением проблемно-ориентированных методов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен проводить научные исследования в области электротехнологических процессов и установок с системами питания и управления	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электротехнологических 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.
ПК-1 Способен проводить научные исследования в области электротехнологических процессов и установок с системами питания и управления	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.
ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений	знать: - математические методы ТОМЭД в расчетах и анализе характеристик плазмы столба дуги в проектировании и наладке дуговых печей.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
технические решения в области электротехнологических установок и систем		
ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области электротехнологических установок и систем	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.
ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области электротехнологических установок и систем	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.
ПК-3 Способен принимать участие в разработке проекта системы автоматического управления электротехнологической установкой (комплексом)	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.
ПК-3 Способен принимать участие в разработке проекта системы автоматического управления электротехнологической установкой (комплексом)	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.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать компьютерные методы решения системы нелинейных алгебраических уравнений

- знать компьютерные методы обработки и обобщения данных экспериментальных исследований
- знать технологические аспекты и области применения установок дугового нагрева и специальных видов нагрева
- знать принципы конструирования установок дугового нагрева и специальных видов нагрева
- знать общие физические и математические основы моделирования электротехнологических процессов
- уметь программировать решение системы нелинейных алгебраических уравнений
- уметь использовать компьютерные методы обработки и обобщения данных экспериментальных исследований
- уметь анализировать особенности конструкции установок дугового нагрева и специальных видов нагрева и их связь с требованиями электротехнологического процесса

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Особенности нагрева электрической дугой в электротехнологических установках	21	1	4	-	2	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности нагрева электрической дугой в электротехнологических установках"</p> <p><u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: 1. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ. 2. Электрическая дуга как один из видов разрядов в газе. Дуга постоянного тока. 3. Электрическая дуга как один из видов разрядов в газе. Дуга переменного тока.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 28-30</p>
1.1	Особенности нагрева электрической дугой в электротехнологических установках	21		4	-	2	-	-	-	-	-	15	-	
2	Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой	27		8	-	4	-	-	-	-	-	-	15	-

2.1	Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	<p>выдается студентам по изученному в разделе "Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 234-341 [2], 5-24 [3], 53-68</p>
3	Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)	33		12	-	6	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>
3.1	Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)	33		12	-	6	-	-	-	-	-	15	-	<p>Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>

														[2], 24-30
4	Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока	27	8	-	4	-	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>
4.1	Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока	27	8	-	4	-	-	-	-	-	-	15	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	-	33.5	[2], 24-30
	Всего за семестр	144.0	32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5		
	Итого за семестр	144.0	32	-	16		2		-	0.5		93.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Особенности нагрева электрической дугой в электротехнологических установках

1.1. Особенности нагрева электрической дугой в электротехнологических установках

Особенности нагрева электрической дугой и создание современных инновационных технологий получения и обработки конструкционных и специальных материалов в различных отраслях производственной деятельности. Современные технологии и тенденции развития инновационных технологий на основе применения дуговых печей, плазменно-дуговых печей и плазмотронов широкого профиля. Комплексный характер нагрева электрической дугой (НЭД) со сложным теплообменом с присутствием трех видов переноса тепла.

2. Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой

2.1. Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой

Введение в теорию термической плазмы и процессов генерирования тепловых потоков столбом электрической дуги. Введение в теорию термической плазмы и процессов генерирования тепловых потоков столбом электрической дуги. Условия термодинамического и термического равновесия плазмы. Кинетические характеристики плазмы. Схема преобразования энергии в термической плазме дугового разряда. Расчет параметров термической плазмы. Излучение столба дуги в ЭТУ. Расчет степени ионизации. Характеристики термической плазмы. Структура и теория столба электрической дуги. Газодинамическая модель дуги Меккера. Процессы переноса и преобразования энергии в столбе дуги. Общие уравнения электродуговой плазмы. Практические ограничения и бесперспективность использования существующих математических моделей дуги в проектировании ЭТУ.

3. Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)

3.1. Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)

Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД). Теория цилиндрической части столба дуги с установившимся процессом теплоотдачи на поверхности дуги как пограничном слое. Консервативность дуги в процессах нагрева. Методы и результаты экспериментальных исследований влияния турбулентности внешней среды на процессы тепло - и массопереноса в столбе электрической дуги. Основные понятия теории пограничного слоя. Физические причины образования внутреннего пограничного слоя под действием вязких сил вблизи поверхности столба электрической дуги. Процессы ламинаризации плазмы в цилиндрической части столба. Теоретическое и экспериментальное доказательство отсутствия переноса массы и тепла через границу столба в отдалении от катода. Решение уравнения энергии излучающей дуги. Метод универсальных и структурных характеристик дуги..

4. Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока

4.1. Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока

Идентификация структурных характеристик дуги на основе экспериментальной двухфакторной ВАХ промышленной дуговой печи емкостью 85 тонн периода жидкой ванны металла. Влияние теплового режима графитированного электрода печи на структуру

тепловых потоков дуги. Условия подобия теплообменной структуры дуги. Показатель интенсивности теплообмена дуги в плавильном пространстве печи. Расчет тепловых и электрических характеристик дуги заданной мощности в процессе плавки металла в дуговых печах постоянного тока.

3.3. Темы практических занятий

1. Комплексный характер нагрева электрической дугой (НЭД) со сложным теплообменом с присутствием трех видов переноса тепла;
2. Расчет параметров термической плазмы. Излучение столба дуги в ЭТУ. Расчет степени ионизации.;
3. Общие уравнения электродуговой плазмы. Практические ограничения и бесперспективность использования существующих математических моделей дуги в проектировании ЭТУ;
4. Методы и результаты экспериментальных исследований влияния турбулентности внешней среды на процессы тепло- и массопереноса в столбе электрической дуги;
5. Решение уравнения энергии излучающей дуги. Метод универсальных и структурных характеристик дуги;
6. Идентификация структурных характеристик дуги на основе экспериментальной двухфакторной ВАХ промышленной дуговой печи емкостью 85 тонн периода жидкой ванны металла.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности нагрева электрической дугой в электротехнологических установках"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
закономерности и физические основы теплообменной модели электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей и установок с НЭД	ИД-1пк-1	+				Реферат/Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ
физические закономерности процессов переноса и преобразования энергии в плазме столба электрической дуги в ЭТУ	ИД-1пк-1		+			Реферат/Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ
математические методы ТОМЭД в расчетах и анализе характеристик плазмы столба дуги в проектировании и наладке дуговых печей	ИД-1пк-2			+		Реферат/Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ
методы расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем	ИД-3пк-2				+	Реферат/Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ
современные проблемы проектирования дуговых печей	ИД-2пк-3				+	Реферат/Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ
задачи и основные направления развития современных дуговых печей и установок с НЭД	ИД-2пк-3	+				Реферат/Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ
Уметь:						
определить цели и направления моделирования процессов НЭД в разработке, проектировании и наладке дуговых печей	ИД-3пк-1	+				Домашнее задание/Расчет кинетических характеристик плазмы столба дуги ДПиУСН Домашнее задание/Расчет радиуса, мощности излучения и температуры дуги ДППТ заданной ёмкости в заданный период плавки
использовать методы теплообменной модели	ИД-2пк-2				+	Домашнее задание/Расчет коэффициента

электрической дуги (ТОМЭД) в расчете характеристик дуговых печей и установок с НЭД						теплоотдачи и мощности излучения дуги в ДППТ заданной ёмкости
сформировать математическое обеспечение решения задачи моделирования электрического режима и характеристик дуговых печей и установок с НЭД	ИД-1 _{ПК-3}			+		Домашнее задание/Расчет радиуса, мощности излучения и температуры дуги ДППТ заданной ёмкости в заданный период плавки

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

Оценка на экзамене проставляется с учетом составляющей БАРС.

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Электрические промышленные печи: Дуговые печи и установки специального нагрева : Учебник для вузов по специальности "Электротермические установки" / Ред. А. Д. Свенчанский . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1981 . – 296 с.;
2. Кручинин, А. М. Плазменные промышленные установки. Промышленные плазмотроны: Учебное пособие по курсу "Электротехнические установки и системы" / А. М. Кручинин, В. П. Цишевский ; Ред. В. С. Макаров ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1991 . – 102 с.;
3. Трофимов А. С.- "Электрофизические процессы в электрической дуге", Издательство: "НГТУ", Новосибирск, 2021 - (115 с.)
<https://e.lanbook.com/book/216221>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. MathCad;
4. Matlab;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Free Pascal;

7. Simulink.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	А-04, Лаборатория каф. "ЭППЭ"	стол преподавателя, оборудование для экспериментов
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-217, Кабинет сотрудников каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стеллаж, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория нагрева электрической дугой

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Реферат. Газодинамическая модель дуги Меккера. Физическая структура и теплообменные свойства дуги в ЭТУ (Реферат)
- КМ-2 Расчет кинетических характеристик плазмы столба дуги ДПиУСН (Домашнее задание)
- КМ-3 Расчет коэффициента теплоотдачи и мощности излучения дуги в ДППТ заданной ёмкости (Домашнее задание)
- КМ-4 Расчет радиуса, мощности излучения и температуры дуги ДППТ заданной ёмкости в заданный период плавки (Домашнее задание)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Особенности нагрева электрической дугой в электротехнологических установках					
1.1	Особенности нагрева электрической дугой в электротехнологических установках		+	+		+
2	Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой					
2.1	Процессы формирования тепловых потоков электрической дугой		+			
3	Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)					
3.1	Физико-математические основы проектирования печей и установок с нагревом электрической дугой (НЭД)		+			+
4	Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока					
4.1	Теплообменная модель электрической дуги (ТОМЭД) дуговых печей постоянного тока		+		+	
Вес КМ, %:			15	15	30	40