

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Физические основы высоковольтных электротехнологий**

**Москва
2025**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
	Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db006

А.Г. Темников

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н.
Тульский

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н.
Тульский

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен проводить обоснование проектных решений в области электроэнергетики
ИД-2 Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, расчета режимов и эксплуатации

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 2. Расчёт движения и зарядки аэрозольных частиц в электрическом поле (Контрольная работа)
2. Контрольная работа № 1. Электрофизические характеристики газоразрядной плазмы; характеристики коронного разряда, зарядка аэрозольных частиц (Контрольная работа)
3. Расчетное задание "Расчет процессов движения и зарядки проводящих и диэлектрических частиц в электрическом поле коронного разряда в атмосферном воздухе и на поверхности электрода». (Расчетное задание)

БРС дисциплины

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольная работа № 1. Электрофизические характеристики газоразрядной плазмы; характеристики коронного разряда, зарядка аэрозольных частиц (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа 2. Расчёт движения и зарядки аэрозольных частиц в электрическом поле (Контрольная работа)
- КМ-3 Расчетное задание "Расчет процессов движения и зарядки проводящих и диэлектрических частиц в электрическом поле коронного разряда в атмосферном воздухе и на поверхности электрода». (Расчетное задание)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3
	Срок КМ:	4	12	14
Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве				

Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве	+		
Электрофизические процессы в газах			
Электрофизические процессы в газах	+		
Методы анализа электрических полей с объемным зарядом	+	+	+
Методы зарядки аэрозольных частиц		+	+
Закономерности движения и осаждения аэрозольных частиц в электрическом поле и потоке воздуха		+	+
Коллективные процессы в заряженных аэрозолях		+	+
Основы плазмохимических технологий			
Основы плазмохимических технологий	+		
Основы импульсных высоковольтных электротехнологий			
Основы импульсных высоковольтных электротехнологий	+		
Вес КМ:	20	20	60

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-2ПК-2 Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, расчета режимов и эксплуатации	Знать: методы зарядки аэрозольных частиц, закономерности движения частиц в воздушной среде; основные электрофизические процессы в высоковольтных электротехнологических установках, особенности применения сильных электрических полей, теоретические и экспериментальные методы исследования электрических полей с объемным зарядом; Уметь: рассчитывать характеристики электрофизических процессов для ситуаций, характерных для электротехнологических	КМ-1 Контрольная работа № 1. Электрофизические характеристики газоразрядной плазмы; характеристики коронного разряда, зарядка аэрозольных частиц (Контрольная работа) КМ-2 Контрольная работа 2. Расчёт движения и зарядки аэрозольных частиц в электрическом поле (Контрольная работа) КМ-3 Расчетное задание "Расчет процессов движения и зарядки проводящих и диэлектрических частиц в электрическом поле коронного разряда в атмосферном воздухе и на поверхности электрода». (Расчетное задание)

		установок. выбирать методы расчёта и экспериментального исследования полей в технологических установках;	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа № 1. Электрофизические характеристики газоразрядной плазмы; характеристики коронного разряда, зарядка аэрозольных частиц

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тема: "Электрофизические характеристики газоразрядной плазмы; характеристики коронного разряда, зарядка аэрозольных частиц ". Вариант задания выдается студентам в аудитории, либо высылается почтой ОСЭП. За час обучающиеся должны в письменном виде подготовить своё решение и сдать его на проверку преподавателю (в дистанционном формате: выслать фото-отчет или отсканированное решение почтой ОСЭП).

Краткое содержание задания:

Задание представляет собой три задачи, направленные на выявление признаков ламинарного и турбулентного потока; зарядка частиц на осадочные электроды; сил, воздействующих на частицы на осадочно-электродные.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные электрофизические процессы в высоковольтных электротехнологических установках, особенности применения сильных электрических полей, теоретические и экспериментальные методы исследования электрических полей с объёмным зарядом;	1.Основные характеристики газовой среды, ионизованного газа, подвижность частиц. 2.Коронный разряд в бассейне. Формы разряда. Начальная острота 3.Ударная ионизация в газе. Коэффициент ударной ионизации. Коэффициент прилипания. Процессы вторичной ионизации 4.Пробные напряжения промежутков с коронным разрядом 5.Подвижность ионов 6.Какой процесс называется ударной ионизацией? Какая характеристика характеризует его количество? Какие ее виды Вам были обнаружены? 7.Какой процесс называется фотоионизацией? Из-за возможной фотоионизации газа излучения разряда в водопаде?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если студент выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления.

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент выполнил требования к оценке «отлично», но допущены 2-3 недочета

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент выполнил работу не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: контрольная работа считается выполненной на оценку «Неудовлетворительно», если студент выполнил работу не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов

КМ-2. Контрольная работа 2. Расчёт движения и зарядки аэрозольных частиц в электрическом поле

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тема: " Расчёт движения и зарядки аэрозольных частиц в электрическом поле ". Вариант задания выдается студентам в аудитории, либо высылается почтой ОСЭП. За час обучающиеся должны в письменном виде подготовить своё решение и сдать его на проверку преподавателю (в дистанционном формате: выслать фото-отчет или отсканированное решение почтой ОСЭП).

Краткое содержание задания:

Задание представляет из себя три задачи направленных на электростатическое рассеяние аэрозоля, эффективность очистки газов в электрофильтрах, электрическая сепарация частиц, порошковые распылители с внешней и внутренней зарядкой.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы зарядки аэрозольных частиц, закономерности движения частиц в воздушной среде;	1.Какие электрофизические явления используются в установках для магнитно-импульсной обработки материалов?
Уметь: выбирать методы расчёта и экспериментального исследования полей в технологических установках;	1.Рассчитайте установившуюся скорость движения заряженной сферической частицы с радиусом $a=100$ мкм и зарядом $q=10^{-13}$ Кл в однородном электрическом поле с напряжённостью $E=3$ кВ/см ($Re>1$). Плотность вещества частицы составляет $\rho=1$ г/см ³ .

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: рассчитывать характеристики электрофизических процессов для ситуаций, характерных для электротехнологических установок.	1. Частицы аэрозоля радиусом $a=1$ мкм и $a=100$ мкм заряжались в полях с отрицательными и положительными ионами соответственно в течение 0,1 с. Напряжённость обоих полей $E=2$ кВ/см, объёмная плотность заряда положительных и отрицательных ионов $\rho=30$ пКл/см ³ , коэффициент диффузии положительных и отрицательных ионов $D=0,2$ см ² /с, подвижность ионов $k^-=2,24$ см ² /(В·с), $k^+=2,10$ см ² /(В·с), длина свободного пробега молекул воздуха 95 нм. Затем частицы перемешали. За какое время концентрация частиц уменьшится в два раза? Начальная массовая концентрация мелких частиц $\rho_0=10$ г/м ³ , плотность вещества частицы $\rho=1$ г/см ³ .

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если студент выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления.

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент выполнил требования к оценке «отлично», но допущены 2-3 недочета

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент выполнил работу не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: контрольная работа считается выполненной на оценку «Неудовлетворительно», если студент выполнил работу не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов

КМ-3. Расчетное задание "Расчет процессов движения и зарядки проводящих и диэлектрических частиц в электрическом поле коронного разряда в атмосферном воздухе и на поверхности электрода».

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетное задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 60

Процедура проведения контрольного мероприятия: Расчетное задание выполняется в форме домашнего задания.

Краткое содержание задания:**I. Выполнить:**

Рассчитать движение и зарядку частиц в электрическом поле коронного разряда в атмосферном воздухе и на поверхности электрода

II. Исходные данные для задания:

Геометрические параметры электродной системы, напряжение на электродах, параметры потока газа, параметры частиц, параметры поверхности и материала электродов.

III. Технология выполнения задания:

1. Изучение теоретического материала.
2. Составление алгоритма программы расчёта.
3. Написание и отладка программы расчёта.
4. Проведение расчётов.
5. Анализ результатов.
6. Оформление выполненного задания.

Минимальный объем полностью выполненного задания 12 страниц.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы зарядки аэрозольных частиц, закономерности движения частиц в воздушной среде;	1. Подвижность частиц: электрическая, механическая; зависимость от размера частиц.
Уметь: выбирать методы расчёта и экспериментального исследования полей в технологических установках;	1. Физическая картина и математическое описание движения вязкой среды. Сила сопротивления среды при значениях чисел Рейнольдса, превышающих единицу. Сила сопротивления среды при нестационарном движении частицы.
Уметь: рассчитывать характеристики электрофизических процессов для ситуаций, характерных для электротехнологических установок.	1. Следует ли для частицы радиусом 10 мкм, движущейся с постоянной скоростью 1 м/с в воздухе, при определении силы сопротивления среды учитывать влияние «присоединённой» массы? Чем это объясняется

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: расчетное задание считается выполненным на оценку «Отлично», если студент сдал выполненную в полном объёме работу в срок, работа не содержит качественных и количественных ошибок, на защите задания студент ответил не менее чем на 90% основных вопросов по теме расчётного задания, а также на дополнительные вопросы;

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: расчетное задание считается выполненным на оценку «Хорошо», если студент сдал выполненную в полном объёме работу в срок, работа не содержит качественных и количественных ошибок, на защите задания студент ответил не менее чем на 75% основных вопросов по теме расчётного задания и затруднился с ответом на дополнительные вопросы;

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: расчетное задание считается выполненным на оценку «Удовлетворительно», если студент к сроку сдачи выполнил работу не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы, на защите задания студент ответил не менее чем на 50% основных вопросов по теме расчётного задания;

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: расчетное задание считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно», студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Сильные электрические поля и технологии, основанные на их действии.
2. Области применения различных методов расчета. Вольтамперная характеристика.
3. Рассчитайте установившуюся скорость и постоянную времени, определяющую характерное время её изменения, при движении заряженной частицы радиусом $a=10$ мкм и зарядом $q=10^{-17}$ Кл в однородном электрическом поле с напряжённостью $E=3$ кВ/см. Плотность вещества частицы составляет $\rho=1$ г/см³.

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на выполнение экзаменационного задания/подготовку ответа – 60 минут.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-2} Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, расчета режимов и эксплуатации

Вопросы, задания

1. Общая характеристика процессов в поле коронного разряда. Диффузионная зарядка проводящих частиц. Зарядка редко замечает направленное и диффузионное движение ионов.
2. Существует предельный заряд, который может быть приобретен при ударной зарядке? Чем это физически основа
3. Измерение ли для частиц 10 мкм, движущихся с постоянной скоростью 1 м/с в расчете, при выборе скорости измерения принимается во внимание «присоединённой» массы? Чем это объясняется?
4. Области применения различных методов расчета. Вольтамперная характеристика.
5. Ударная зарядка проводящих сферических частиц. Зарядка диэлектрических частиц.
6. Зарядка частиц на электроде в поле коронного разряда.
7. Силы, действующие на частицы при электрическом поле.
8. Особенности движения редко неправильных форм. Сила сопротивления среды.
9. Подвижность раздельная: электрическая, механическая; от размера зависимости выбора.
10. Уравнения движения частиц в коронном разряде (общий случай). Число Стокса.
11. Понятие активных частиц. Энергия активации. Виды плазмохимических реакций.
12. Понятие постоянства скорости реакции и ее связь с параметрами поля. Методы расчета плазмохимических процессов.
13. Формирование и характеристики импульсных разрядов жидкости, сильное воздействие сильных импульсных магнитных полей на материалы
14. Характеристики коронного разряда между коаксиальными цилиндрами.
15. Пробивные напряжения промежутков с коронным разрядом.
16. Плазма и ее основные свойства. Дебаевский радиус. Использование плазмы в технологических процессах.

17. Ударная ионизация в газе. Коэффициент ударной ионизации. Коэффициент прилипания. Процессы вторичной ионизации.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. От чего зависит степень очистки газа в электрофильтре?

Ответы:

- 1 - проводимость частиц
- 2 - атмосферных условий
- 3 - размера частиц
- 4 - цвета частиц

Верный ответ: 1,3

2. К какому виду высоковольтных электротехнологий относится электросепарация?

Ответы:

- 1. 1 - Технологии на основе применения сильных электрических полей
- 2. 2 - Плазмохимические технологии
- 3. 3 - Электроимпульсные технологии

Верный ответ: 1

3. Какой вид зарядки частиц при электрической сепарации?

Ответы:

- 1 - зарядка в поле коронного разряда
- 2 - индукционная зарядка
- 3 - статическая электризация
- 4 - никакой

Верный ответ: 4

4. Какие вещества накапливаются при плазмохимическом синтезе?

Ответы:

- 1 - вода
- 2 - озон
- 3 - аммиак
- 4 - золото

Верный ответ: 2

5. Частицы примерного размера практически не улавливаются в электрофильтре?

Ответы:

- 1 - 1-20 мкм
- 2 - 20-200 мкм
- 3 - 200-2000 мкм
- 4 - 2000-20000 мкм

Верный ответ: 4

6. При каких числах Рейнольдса течение в канале будет обладать турбулентным характером?

Ответы:

- 1 - 0,1
- 2 - 30
- 3 - 1000
- 4 - 20000

Верный ответ: 4

7. Какая сила всегда прижимает частицы к поверхности электрода?

Ответы:

- 1 - сила зеркального отображения
- 2 - сила тяжести
- 3 - центробежная сила

Верный ответ: 1

8. В каких высоковольтных электротехнологиях не используется коронный разряд?

Ответы:

- 1 - электросепарация
- 2 - электромагнитная штамповка
- 3 - электрофильтры
- 4 - нейтрализация статического электричества

Верный ответ: 2

9. Какой вид зарядки используется в технологии нанесения полимерных порошковых покрытий в электрическом поле?

Ответы:

- 1 - зарядка в поле коронного разряда
- 2 - индукционная зарядка
- 3 - статическая электризация

Верный ответ: 2

10. Какой вид нейтрализаторов статического электричества для производства кино-фотографических пленок и пластин?

Ответы:

- 1 - пассивный
- 2 - радиоактивный
- 3 - высоковольтный активный
- 4 - аэродинамический

Верный ответ: 4

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: выставляется студенту, который в ответах на вопросы билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: а) не ответил на вопросы билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела программы.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

В соответствии с положением о БАРС НИУ МЭИ.