

**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: Высоковольтные электротехнологии**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Плазмохимические технологии**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00	

(подпись)

А.Г.  
Темников

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лебедева Н.А.
Идентификатор	R75716a03-LebedevaNA-9930664	

(подпись)

Н.А.  
Лебедева

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00	

(подпись)

А.Г.  
Темников

(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-2 Способен применять методы анализа, разрабатывать и обосновывать технические решения при проектировании объектов профессиональной деятельности (высоковольтных электротехнологий)

ИД-2 Демонстрирует знания условий и методов использования низкотемпературной плазмы газового разряда в высоковольтных электротехнологиях

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы № 2 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 3 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы № 4 (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работ №1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа № 2 (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	7	4	9	12	15	15
Основы низкотемпературной плазмохимии высокого давления							
Основы низкотемпературной плазмохимии высокого давления	+	+	+	+	+	+	+
Процессы воздействия низкотемпературной плазмы на материалы							
Процессы воздействия низкотемпературной плазмы на материалы	+	+	+	+	+	+	+
Плазмохимические технологии синтеза веществ с применением низкотемпературной плазмы							
Плазмохимические технологии синтеза веществ с применением низкотемпературной плазмы	+	+	+	+	+	+	+
Электросинтез озона и озонные технологии							

Электросинтез озона и озонные технологии	+	+	+	+	+	+
Технологии конверсии газов в плазме газового разряда						
Технологии конверсии газов в плазме газового разряда	+	+	+	+	+	+
Плазмохимические технологии модификация поверхности материалов						
Плазмохимические технологии модификация поверхности материалов	+	+	+	+	+	+
Плазмохимические технологии на основе диэлектрического барьерного разряда						
Плазмохимические технологии на основе диэлектрического барьерного разряда	+	+	+	+	+	+
Вес КМ:	13	24	13	13	13	24

\$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-2	ИД-2ПК-2 Демонстрирует знания условий и методов использования низкотемпературной плазмы газового разряда в высоковольтных электротехнологиях	Знать: основные источники научно-технической информации по плазмохимии и электрофизике процессов в низкотемпературной плазме газового разряда высокого давления в объеме газа и на поверхности, по принципам действия и конструкциям высоковольтных плазмохимических устройств и аппаратов и областях их использования в электроэнергетике и электротехнике основные методы расчета высоковольтных плазмохимических процессов и аппаратов действующие подходы в области применения	Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа) Контрольная работ №1 (Контрольная работа) Защита лабораторной работы № 2 (Лабораторная работа) Защита лабораторной работы № 3 (Лабораторная работа) Защита лабораторной работы № 4 (Лабораторная работа) Контрольная работа № 2 (Контрольная работа)

		<p>высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в электроэнергетике и электротехнике</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о существующих и новых направлениях применения высоковольтных плазмохимических процессов и аппаратов на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в электроэнергетике и электротехнике</p> <p>самостоятельно разбираться в методиках расчета процессов в высоковольтных плазмохимических установках и аппаратах и применять их для решения поставленной задачи</p> <p>самостоятельно выполнять расчеты процессов в высоковольтных</p>	
--	--	--	--

		плазмохимических установках на основе низкотемпературной плазмы высокого давления и анализ эффективности их применения и анализ эффективности их применения	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Защита лабораторной работы №1

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 13

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка отчета, устная беседа со студентом

#### Краткое содержание задания:

Изучить основы технологического применения озона:

- - при водоподготовке питьевой воды;
- - в медицине;
- - в экологических целях;
- - в промышленности

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в электроэнергетике и электротехнике	1.Перечислите основные специфические преимущества применения озона при водоподготовке питьевой воды по сравнению с ее хлорированием?
Знать: основные источники научно-технической информации по плазмохимии и электрофизике процессов в низкотемпературной плазме газового разряда высокого давления в объеме газа и на поверхности, по принципам действия и конструкциям высоковольтных плазмохимических устройств и аппаратов и областях их использования в электроэнергетике и электротехнике	1.Какое свойство озона обеспечивает его широкое технологическое применение?
Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о существующих и новых направлениях применения высоковольтных плазмохимических процессов и аппаратов на основе	1.Сколько озона необходимо для обеспечения интенсивного обесцвечивания воды?

низкотемпературной плазмы высокого давления в электроэнергетике и электротехнике	
Уметь: самостоятельно разбираться в методиках расчета процессов в высоковольтных плазмохимических установках и аппаратах и применять их для решения поставленной задачи	1. Как определить степень воздействия озона на полимерные материалы?

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 80*

*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: 60*

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

### КМ-2. Контрольная работ №1

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 24

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 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:

Задания контрольной работы № 1 охватывают следующие разделы дисциплины:

1. Основы низкотемпературной плазмохимии высокого давления;
2. Процессы воздействия низкотемпературной плазмы на материалы;
3. Плазмохимические технологии синтеза веществ с применением низкотемпературной плазмы.

Задание представляет из себя три задачи в рамках указанных разделов дисциплин.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в	1. Построить зависимость изменения константы скорости плазмохимической реакции синтеза озона в кислородно-азотной смеси в зависимости от плотности газовой смеси при температуре газа 300 К.
---	---

электроэнергетике и электротехнике	
Знать: основные источники научно-технической информации по плазмохимии и электрофизике процессов в низкотемпературной плазме газового разряда высокого давления в объеме газа и на поверхности, по принципам действия и конструкциям высоковольтных плазмохимических устройств и аппаратов и областях их использования в электроэнергетике и электротехнике	1. Рассчитать изменение константы скорости плазмохимической реакции диссоциации молекулы метана электронным ударом в воздухе в зависимости от напряженности электрического поля в диапазоне от 5 кВ/см до 50 кВ/см при нормальных атмосферных условиях.
Знать: основные методы расчета высоковольтных плазмохимических процессов и аппаратов	1. Рассчитать изменение константы скорости плазмохимической реакции диссоциации молекулярного кислорода электронным ударом в воздухе в зависимости от напряженности электрического поля в диапазоне от 1 кВ/см до 100 кВ/см при нормальных атмосферных условиях. 2. Рассчитать изменение константы скорости плазмохимической реакции синтеза озона в кислородно-азотной смеси в зависимости от температуры газа в диапазоне от 280 К до 400 К.
Уметь: самостоятельно выполнять расчеты процессов в высоковольтных плазмохимических установках на основе низкотемпературной плазмы высокого давления и анализ эффективности их применения и анализ эффективности их применения	1. Рассчитать время жизни молекулы озона, если температура воздуха составляет 340 К, а напряженность электрического поля в разрядном промежутке составляет 20 кВ/см. 2. Рассчитать G-фактор наработки следующих химически активных частиц (атомарного водорода и гидроксильного радикала) при формировании импульсного стримерного электрического разряда в однородном поле, если при приложении к промежутку напряжения 30 кВ протекал электрический ток стримерного разряда 2 А в течение 100 нс. 3. Рассчитать время жизни атомарного кислорода, если температура воздуха составляет 300 К, а напряженность электрического поля в разрядном промежутке составляет 22 кВ/см.
Уметь: самостоятельно разбираться в методиках расчета процессов в высоковольтных плазмохимических установках и аппаратах и применять их для решения поставленной задачи	1. Рассчитать G-фактор наработки следующих химически активных частиц (атомарного кислорода и атомарного азота) при формировании электрического разряда в однородном поле, если при приложении к промежутку напряжения 20 кВ протекал электрический ток стримерного разряда 1 А в течение 200 нс.

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если решения всех задач выполнены без ошибок и представлены аргументированные выводы по полученным расчетным результатам

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если решения двух из трех задач выполнены без ошибок и представлены аргументированные выводы по полученным расчетным результатам, а при решении третьей задачи допущены неточности в расчетах и непринципиальные ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если решения двух из трех задач выполнены в целом без принципиальных ошибок, но выводы по полученным расчетным результатам слабо аргументированы, а третья задача не решена или при ее решении допущены грубые ошибки

### КМ-3. Защита лабораторной работы № 2

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 13

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка отчета, устная беседа со студентом

**Краткое содержание задания:**

Исследовать работу барьерного озонатора в различных технологических режимах

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в электроэнергетике и электротехнике	1.Перечислите основные практические параметры барьерного озонатора
Знать: основные источники научно-технической информации по плазмохимии и электрофизике процессов в низкотемпературной плазме газового разряда высокого давления в объеме газа и на поверхности, по принципам действия и конструкциям высоковольтных плазмохимических устройств и аппаратов и областях их использования	1.Перечислите основные плазмохимические реакции, проходящие в барьерном озонаторе, и их связь с характеристиками электрического поля в разрядном промежутке

электроэнергетике и электротехнике	
Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о существующих и новых направлениях применения высоковольтных плазмохимических процессов и аппаратов на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в электроэнергетике и электротехнике	1.Постройте зависимость производительности барьерного озонатора от расхода газа при одинаковой частоте и амплитуде приложенного напряжения
Уметь: самостоятельно выполнять расчеты процессов в высоковольтных плазмохимических установках на основе низкотемпературной плазмы высокого давления и анализ эффективности их применения и анализ эффективности их применения	1.Постройте вольт-амперную характеристику барьерного озонатора

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 80*

*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: 60*

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

**КМ-4. Защита лабораторной работы № 3**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 13

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка отчета, устная беседа со студентом

**Краткое содержание задания:**

Исследовать процессы конверсия газов в плазме газового разряда

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные источники	1.Какова роль добавок (воды и аммиака) в процессах
---------------------------	--

научно-технической информации по плазмохимии и электрофизике процессов в низкотемпературной плазме газового разряда высокого давления в объеме газа и на поверхности, по принципам действия и конструкциям высоковольтных плазмохимических устройств и аппаратов и областях их использования в электроэнергетике и электротехнике	конверсии топочных газов в плазме наносекундного разряда?
Знать: основные методы расчета высоковольтных плазмохимических процессов и аппаратов	1.Типичный состав топочных газов при сжигании на электростанции каменного угля
Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о существующих и новых направлениях применения высоковольтных плазмохимических процессов и аппаратов на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в электроэнергетике и электротехнике	1.Как связать количество наработанных химически активных частиц и параметры импульса приложенного напряжения?
Уметь: самостоятельно разбираться в методиках расчета процессов в высоковольтных плазмохимических установках и аппаратах и применять их для решения поставленной задачи	1.Построить зависимость степени конверсии оксидов азота и серы от напряженности электрического поля в разрядном промежутке

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 80*

*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: 60*

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

## КМ-5. Защита лабораторной работы № 4

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 13

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверка отчета, устная беседа со студентом

### Краткое содержание задания:

Исследование процессов модификации поверхности материалов в плазме диэлектрического барьерного разряда

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в электроэнергетике и электротехнике	1.Объясните понятие “модификация поверхности материалов в плазме газового разряда”
Знать: основные источники научно-технической информации по плазмохимии и электрофизике процессов в низкотемпературной плазме газового разряда высокого давления в объеме газа и на поверхности, по принципам действия и конструкциям высоковольтных плазмохимических устройств и аппаратов и областях их использования в электроэнергетике и электротехнике	1.Какие плазмохимические процессы играют роль в модификации поверхности материалов?
Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о существующих и новых направлениях применения высоковольтных плазмохимических процессов и аппаратов на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в электроэнергетике и электротехнике	1.Свяжите параметры диэлектрического барьерного разряда и степень его воздействия на поверхность твердых материалов 2.Как скажется интенсивность диэлектрического барьерного разряда на состоянии поверхности модифицируемых материалов?

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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: 80*

*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: 60*

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

## **КМ-6. Контрольная работа № 2**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 24

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 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:**

Задания контрольной работы № 2 охватывают следующие разделы дисциплины:

1. Электросинтез озона и озонные технологии;
2. Технологии конверсии газов в плазме газового разряда;
3. Плазмохимические технологии модификация поверхности материалов.
4. Плазмохимические технологии на основе диэлектрического барьерного разряда.

Задание представляет из себя три задачи в рамках указанных разделов дисциплин.

### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в электроэнергетике и электротехнике	1. Рассчитать энергозатраты на получение озона в следующем режиме работы барьерного озонатора: объемный расход газа 0,5 л/мин, концентрация озона 8,5 г/м <sup>3</sup> , активная мощность разряда 16 Вт.
Знать: основные источники научно-технической информации по плазмохимии и электрофизике процессов в низкотемпературной плазме газового разряда высокого давления в объеме газа и на поверхности, по принципам действия и конструкциям высоковольтных плазмохимических устройств и аппаратов и областях их	1. Рассчитать концентрацию озона на выходе озонатора на поверхностном разряде и построить ее зависимость от напряжения, приложенного к озонатору (до 6 кВ), при расходе газа 1 л/мин и 2 л/мин. Напряжение возникновения разряда $U_{г} = 2,3$ кВ, емкость диэлектрического барьера $C_{б} = 300$ пФ, емкость разрядного промежутка $C_{п} = 100$ пФ, частота питающего напряжения 15 кГц. При расчете использовать зависимость концентрации озона от фактора удельной энергии.

использования электроэнергетике электротехнике	В И
Знать: основные методы расчета высоковольтных плазмохимических процессов и аппаратов	<p>1. Рассчитать энергозатраты на получение озона в следующем режиме работы барьерного озонатора: объемный расход газа 1,5 л/мин, концентрация озона 10 г/м<sup>3</sup>, активная мощность разряда 20 Вт.</p> <p>2. Рассчитать концентрацию озона на выходе озонатора на поверхностном разряде и построить ее зависимость от напряжения, приложенного к озонатору (до 6 кВ), при расходе газа 0,5 л/мин и 1,5 л/мин. Напряжение возникновения разряда <math>U_{г} = 2,2</math> кВ, емкость диэлектрического барьера <math>C_{б} = 250</math> пФ, емкость разрядного промежутка <math>C_{п} = 50</math> пФ, частота питающего напряжения 11 кГц. При расчете использовать зависимость концентрации озона от фактора удельной энергии.</p>
Уметь: самостоятельно выполнять расчеты процессов в высоковольтных плазмохимических установках на основе низкотемпературной плазмы высокого давления и анализ эффективности их применения и анализ эффективности их применения	<p>1. Определить время барботажной озоно-воздушной смеси, необходимое для обработки воды объемом <math>V_{в} = 1,0</math> л с дозой озона, растворенного в воде, <math>DO_{з} = 0,5</math> мг/л. При расчете принять высоту водяного столба в барботажной камере <math>h_{в} = 0,3</math> м, диаметр пузырьков при их всплытии считать неизменным и равным <math>d = 3</math> мм. Расход воздуха при барботаже составляет <math>V_{г} = 0,5</math> л/мин, а концентрация озона в газе не меняется и равна 2 мг/л. Температура обрабатываемой воды <math>t_{в} = +20</math>°С, которой соответствует коэффициент распределения <math>R_{т} = 0,22</math>.</p> <p>2. Построить зависимость производительности озонатора на поверхностном разряде от приложенного напряжения при расходе газа <math>V_{г} = 1</math> л/мин и 2 л/мин. Напряжение возникновения разряда <math>U_{г} = 2,3</math> кВ, емкость диэлектрического барьера <math>C_{б} = 300</math> пФ, емкость разрядного промежутка <math>C_{п} = 100</math> пФ, частота питающего напряжения 15 кГц. При расчете использовать зависимость концентрации озона от фактора удельной энергии. Определить оптимальный для обработки воды режим работы озонатора.</p>
Уметь: самостоятельно разбираться в методиках расчета процессов в высоковольтных плазмохимических установках и аппаратах и применять их для решения поставленной задачи	<p>1. Рассчитать максимальное значение переменного напряжения на электродах барьерного озонатора, при котором произойдет пробой промежутка. Озонатор представляет собой коаксиальную систему электродов с диаметром электродов <math>D_{нар} = 43</math> мм и <math>D_{внутр} = 40</math> мм; толщина диэлектрического барьера 0,5 мм, относительная диэлектрическая проницаемость 6,5. Электрическое поле в воздушном промежутке можно считать однородным.</p> <p>2. Построить зависимость производительности озонатора на барьерном разряде от приложенного напряжения при расходе газа <math>V_{г} = 2</math> л/мин. Напряжение возникновения разряда <math>U_{г} = 1,5</math> кВ,</p>

	<p>емкость диэлектрического барьера <math>C_6 = 150</math> пФ, емкость разрядного промежутка <math>C_п = 30</math> пФ, частота питающего напряжения 13 кГц. При расчете использовать зависимость концентрации озона от фактора удельной энергии. Определить оптимальный для обработки воды режим работы озонатора.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если решения всех задач выполнены без ошибок и представлены аргументированные выводы по полученным расчетным результатам

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если решения двух из трех задач выполнены без ошибок и представлены аргументированные выводы по полученным расчетным результатам, а при решении третьей задачи допущены неточности в расчетах и не принципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если решения двух из трех задач выполнены в целом без принципиальных ошибок, но выводы по полученным расчетным результатам слабо аргументированы, а третья задача не решена или при ее решении допущены грубые ошибки

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

### Пример билета

#### Билет 1

##### Теоретическая часть

1. Основы плазмохимической кинетики. Виды плазмохимических реакций в низкотемпературной плазме. Скорость химической реакции. Константа скорости реакции.
2. Диэлектрические барьерные разряды: их роль в низкотемпературной плазмохимии высокого давления, характеристики, особенности, преимущества.

##### Расчетная часть

3. Определить время барботажного озона-воздушной смеси, необходимое для обработки воды объемом  $V_{\text{в}} = 1,0$  л с дозой озона, растворенного в воде,  $DO_3 = 0,5$  мг/л. При расчете принять высоту водяного столба в барботажной камере  $h_{\text{в}} = 0,3$  м, диаметр пузырьков при их всплытии считать неизменным и равным  $d = 3$  мм. Расход воздуха при барботаже составляет  $V_{\text{г}} = 0,5$  л/мин, а концентрация озона в газе не меняется и равна 2 мг/л. Температура обрабатываемой воды  $t_{\text{в}} = +20^{\circ}\text{C}$ , которой соответствует коэффициент распределения  $R_t = 0,22$ .

### Процедура проведения

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

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Демонстрирует знания условий и методов использования низкотемпературной плазмы газового разряда в высоковольтных электротехнологиях

### Вопросы, задания

#### 1. Билет 1

##### Теоретическая часть

1. Роль высоковольтных плазмохимических электротехнологий на основе низкотемпературной плазмы высокого давления в промышленном производстве и их место среди традиционных технологических процессов. Низкотемпературная плазма и способы ее получения.
2. Плазмохимические технологии на основе диэлектрического барьерного разряда.

##### Расчетная часть

3. Рассчитать концентрацию озона на выходе озонатора на поверхностном разряде и построить ее зависимость от напряжения, приложенного к озонатору (до 6 кВ), при расходе газа 1 л/мин и 2 л/мин.

#### 2. Билет 10

##### Теоретическая часть

1. Технологические применения озона.
2. Методы конверсии газов. Процессы конверсии газов в плазме газового разряда. Химически активные частицы и конверсия газов.

### **Расчетная часть**

3. Рассчитать энергозатраты на получение озона в следующем режиме работы барьерного озонатора: объемный расход газа 0,5 л/мин, концентрация озона 8,5 г/м<sup>3</sup>, активная мощность разряда 16 Вт.

### **3.Билет 9**

#### **Теоретическая часть**

1. Барьерный озонатор. Выходные характеристики озонатора. Вольт-амперная характеристика озонатора.
2. Кинетика плазмохимических процессов конверсии газов в импульсном коронном разряде. Влияние состава газа и вводимых добавок на процессы конверсии в газоразрядной плазме. Влияние потока газа на процессы плазмохимической конверсии.

### **Расчетная часть**

3. Рассчитать максимальное значение переменного напряжения на электродах барьерного озонатора, при котором произойдет пробой промежутка. Озонатор представляет собой коаксиальную систему электродов с диаметром электродов  $D_{нар} = 43$  мм и  $D_{внутр} = 40$  мм; толщина диэлектрического барьера 0.5 мм, относительная диэлектрическая проницаемость 6,5. Электрическое поле в воздушном промежутке можно считать однородным.

### **4.Билет 8**

#### **Теоретическая часть**

1. Электросинтез озона. Основные плазмохимические процессы формирования и разложения озона. Озонатор на поверхностном разряде.
2. Плазмохимические технологии конверсии топочных газов тепловых электростанций.

### **Расчетная часть**

3. Построить зависимость производительности озонатора на поверхностном разряде от приложенного напряжения при расходе газа  $V_{г} = 1$  л/мин и 2 л/мин. Напряжение возникновения разряда  $U_{г} = 2,3$  кВ, емкость диэлектрического барьера  $C_{б} = 300$  пФ, емкость разрядного промежутка  $C_{п} = 100$  пФ, частота питающего напряжения 15 кГц. При расчете использовать зависимость концентрации озона от фактора удельной энергии. Определить оптимальный для обработки воды режим работы озонатора.

### **5.Билет 7**

#### **Теоретическая часть**

1. Озон и его свойства. Способы получения озона.
2. Конверсия токсичных газовых выбросов автомобильного транспорта.

### **Расчетная часть**

3. Рассчитать энергозатраты на получение озона в следующем режиме работы барьерного озонатора: объемный расход газа 1,5 л/мин, концентрация озона 10 г/м<sup>3</sup>, активная мощность разряда 20 Вт.

### **6.Билет 6**

#### **Теоретическая часть**

1. Полимеризация в низкотемпературной плазме. Технологии плазмохимической полимеризации.
2. Плазмохимические технологии конверсии летучих органических соединений.

### **Расчетная часть**

3. Определить время барботажной озono-воздушной смеси, необходимое для обработки воды объемом  $V_{в} = 1,0$  л с дозой озона, растворенного в воде,  $DO_{з} = 0,5$  мг/л. При расчете принять высоту водяного столба в барботажной камере  $h_{в} = 0,3$  м, диаметр пузырьков при их всплытии считать неизменным и равным  $d = 3$  мм. Расход воздуха при барботаже составляет  $V_{г} = 0,5$  л/мин, а концентрация озона в газе не меняется и равна 2 мг/л. Температура обрабатываемой воды  $t_{в} = +20^{\circ}C$ , которой соответствует коэффициент распределения  $R_t = 0,22$ .

### **7.Билет 5**

### **Теоретическая часть**

1. Процессы и механизмы синтеза веществ с применением низкотемпературной плазмы. Плазмохимические технологии синтеза органических материалов.
2. Процессы и технологии модификации поверхности материалов в плазме газового разряда.

### **Расчетная часть**

3. Рассчитать концентрацию озона на выходе озонатора на поверхностном разряде и построить ее зависимость от напряжения, приложенного к озонатору (до 6 кВ), при расходе газа 1 л/мин и 2 л/мин. Напряжение возникновения разряда  $U_{г} = 2,3$  кВ, емкость диэлектрического барьера  $C_{б} = 300$  пФ, емкость разрядного промежутка  $C_{п} = 100$  пФ, частота питающего напряжения 15 кГц. При расчете использовать зависимость концентрации озона от фактора удельной энергии.

### **8.Билет 4**

#### **Теоретическая часть**

1. Гетерогенные плазмохимические реакции. Скорость гетерогенных процессов. Физико-химические эффекты воздействия низкотемпературной плазмы на материалы.
2. Технологии плазмохимического нанесения тонких пленок и покрытий.

#### **Расчетная часть**

3. Рассчитать изменение константы скорости плазмохимической реакции синтеза озона в кислородно-азотной смеси в зависимости от температуры газа в диапазоне от 280 К до 400 К.

### **9.Билет 3**

#### **Теоретическая часть**

1. Плазмохимические и электрофизические процессы, происходящие в низкотемпературной плазме газового разряда высокого давления при ее взаимодействии с поверхностью электродов и диэлектриков.
2. Технологии плазмохимического травления материалов.

#### **Расчетная часть**

3. Рассчитать G-фактор наработки следующих химически активных частиц (атомарного кислорода и атомарного азота) при формировании электрического разряда в однородном поле, если при приложении к промежутку напряжения 20 кВ протекал электрический ток стримерного разряда 1 А в течение 200 нс.

### **10.Билет 2**

#### **Теоретическая часть**

1. Химически активные частицы. Энергия активации реакции. Плазмохимические процессы, происходящие в низкотемпературной плазме высокого давления в объеме газа.
2. Поверхностный разряд. Барьерный разряд. Копланарный разряд.

#### **Расчетная часть**

3. Рассчитать изменение константы скорости плазмохимической реакции диссоциации молекулярного кислорода электронным ударом в воздухе в зависимости от напряженности электрического поля в диапазоне от 1 кВ/см до 100 кВ/см при нормальных атмосферных условиях.

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

1. В топочных газах тепловых электростанций отсутствуют оксиды серы при их работе на?

Ответы:

- 1 - торфе
- 2 - природном газе
- 3 - мазуте
- 4 - угле

Верный ответ: 2

2. Области технологического применения озона?

Ответы:

- 1 - балет
- 2 - медицина
- 3 - сельское хозяйство
- 4 - авиация

Верный ответ: 2, 3

3. Какой порядок предельно допустимой концентрации озона?

Ответы:

- 1 - кг/м<sup>3</sup>
- 2 - г/см<sup>3</sup>
- 3 - мкг/л
- 4 - мг/м<sup>3</sup>

Верный ответ: 3, 4

4. При воздействии низкотемпературной плазмы на поверхность твердых материалов всегда присутствует реакция?

Ответы:

- 1 - гетерогенная
- 2 - гомогенная
- 3 - экзотермическая
- 4 - медленная

Верный ответ: 1

5. Плазмохимическое травление - это реакция?

Ответы:

- 1 - синтеза
- 2 - горения
- 3 - разложения
- 4 - полимеризации

Верный ответ: 3

6. Что из перечисленного относится к химическим активным частицам?

Ответы:

- 1 - O<sub>2</sub>
- 2 - e
- 3 - H<sub>2</sub>O
- 4 - OH

Верный ответ: 2, 4

7. Размерность константы скорости двухчастичной плазмохимической реакции?

Ответы:

- 1 - А
- 2 - см<sup>3</sup>/с
- 3 - В
- 4 - м/с

Верный ответ: 2

8. Какие бывают виды химических реакций?

Ответы:

- 1 - долгие
- 2 - последовательные
- 3 - обратимые
- 4 - качественные

Верный ответ: 2, 3

9. Какой из эффектов достигается при плазмохимической модификации поверхности материалов?

Ответы:

- 1 - сволочильность
- 2 - свойлачиваемость
- 3 - сваливаемость
- 4 - свариваемость

Верный ответ: 2

10. Какие из перечисленных относятся к диэлектрическим барьерным разрядам?

Ответы:

- 1 - копланарный
- 2 - коронный
- 3 - поверхностный
- 4 - факельный

Верный ответ: 1, 3

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного 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.

## **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 аттестационной составляющих.