

**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  
Высоковольтные электротехнологии на основе сильных электрических  
полей**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|                                                                                   |                                                    |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|                                                                                   | Владелец                                           | Темников А.Г.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db008 |

(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-99306648 |

(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-2d4db008 |

(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-1 Демонстрирует знания условий и методов использования сильных электрических полей в высоковольтных электротехнологиях

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Высоковольтные электротехнологии очистки газов от аэрозольных частиц (Тестирование)
2. Процессы на осадительном электроде (Тестирование)
3. Процессы осаждения аэрозольных частиц в электрическом поле. Процессы на осадительном электроде. Коллективные процессы в аэрозольных системах (Контрольная работа)
4. Электротехнологии, основанные на применении сильных электрических полей (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Исследование работы электрофильтра (Лабораторная работа)
2. Нанесение порошковых полимерных покрытий в камерах с электрическим кипящим слоем (Лабораторная работа)
3. Электросепарация (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

2 семестр

| Раздел дисциплины                                                             | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                               | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 |
|                                                                               | Срок КМ:                        | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 15   |
| Процессы движения и осаждения аэрозольных частиц в сильном электрическом поле |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Процессы движения и осаждения аэрозольных частиц в сильном электрическом поле |                                 | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
| Процессы на осадительном электроде                                            |                                 |      |      |      |      |      |      |      |

|                                                                                       |   |    |    |   |    |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|---|----|----|----|
| Процессы на осадительном электроде                                                    | + | +  | +  | + | +  | +  | +  |
| Коллективные процессы в системах заряженного аэрозоля                                 |   |    |    |   |    |    |    |
| Коллективные процессы в системах заряженного аэрозоля                                 | + | +  | +  | + | +  | +  | +  |
| Генераторы заряженного аэрозоля                                                       |   |    |    |   |    |    |    |
| Генераторы заряженного аэрозоля                                                       | + | +  | +  | + | +  | +  | +  |
| Общая характеристика технологий, основанных на применении сильных электрических полей |   |    |    |   |    |    |    |
| Общая характеристика технологий, основанных на применении сильных электрических полей | + | +  | +  | + | +  | +  | +  |
| Высоковольтные электротехнологии очистки газов от аэрозольных частиц                  |   |    |    |   |    |    |    |
| Высоковольтные электротехнологии очистки газов от аэрозольных частиц                  | + | +  | +  | + | +  | +  | +  |
| Высоковольтные электротехнологии сепарации смесей веществ                             |   |    |    |   |    |    |    |
| Высоковольтные электротехнологии сепарации смесей веществ                             | + | +  | +  | + | +  | +  | +  |
| Высоковольтные электротехнологии нанесения покрытий в электрическом поле              |   |    |    |   |    |    |    |
| Высоковольтные электротехнологии нанесения покрытий в электрическом поле              | + | +  | +  | + | +  | +  | +  |
| Высоковольтные технологии электропечати и электрофотографии                           |   |    |    |   |    |    |    |
| Высоковольтные технологии электропечати и электрофотографии                           | + | +  | +  | + | +  | +  | +  |
| Высоковольтные электротехнологии обезвоживания нефти и нефтепродуктов                 |   |    |    |   |    |    |    |
| Высоковольтные электротехнологии обезвоживания нефти и нефтепродуктов                 | + | +  | +  | + | +  | +  | +  |
| Электрогазодинамические устройства и аппараты                                         |   |    |    |   |    |    |    |
| Электрогазодинамические устройства и аппараты                                         | + | +  | +  | + | +  | +  | +  |
| Вес КМ:                                                                               | 5 | 21 | 21 | 6 | 15 | 16 | 16 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### БРС курсовой работы/проекта

2 семестр

| Раздел дисциплины                                                   | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                                     | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                                     | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 16   |
| Произвести ручной расчет степени очистки газа для базового варианта |                                 | +    |      |      | +    |

|                                                                                         |   |   |   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-----|
| Составить программу расчета степени очистки газа на ЭВМ                                 |   | + |   | +   |
| Рассчитать степень очистки газа для заданных параметров                                 |   |   | + | +   |
| На основе полученных расчетных данных сделать заключение о влиянии указанных параметров |   |   |   | +   |
| Вес КМ:                                                                                 | 0 | 0 | 0 | 100 |

## 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-1ПК-2 Демонстрирует знания условий и методов использования сильных электрических полей в высоковольтных электротехнологиях | Знать:<br>основные источники научно-технической информации по электрофизике процессов поведения аэрозольных частиц в сильных электрических полях в объеме газа и на поверхности электродов, по принципам действия и конструкциям высоковольтных электротехнологических аппаратов, по областям их использования в электроэнергетике и электротехнике действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе сильных электрических полей в | Процессы на осадительном электроде (Тестирование)<br>Высоковольтные электротехнологии очистки газов от аэрозольных частиц (Тестирование)<br>Процессы осаждения аэрозольных частиц в электрическом поле.<br>Процессы на осадительном электроде. Коллективные процессы в аэрозольных системах (Контрольная работа)<br>Электротехнологии, основанные на применении сильных электрических полей (Контрольная работа)<br>Нанесение порошковых полимерных покрытий в камерах с электрическим кипящим слоем (Лабораторная работа)<br>Электросепарация (Лабораторная работа)<br>Исследование работы электрофильтра (Лабораторная работа) |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p>электроэнергетике и электротехнике<br/>основные методы расчета высоковольтных электротехнологических процессов и аппаратов</p> <p>Уметь:</p> <p>анализировать информацию о новых направлениях применения высоковольтных электротехнологических процессов и аппаратов на основе сильных электрических полей в электроэнергетике и электротехнике</p> <p>самостоятельно выполнять расчет высоковольтных электротехнологических установок и аппаратов на основе сильных электрических полей и анализировать эффективность их применения, выполнять расчеты процессов, являющихся основой высоковольтных электротехнологий на основе сильных электрических полей</p> <p>выбирать необходимые</p> |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p> конструкционные<br/> элементы высоковольтных<br/> электротехнологических<br/> установок и аппаратов<br/> использовать<br/> компьютерные программы<br/> для проведения расчётов<br/> высоковольтных<br/> электротехнологических<br/> процессов, аппаратов и<br/> установок на основе<br/> сильных электрических<br/> полей </p> |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

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

### **КМ-1. Процессы на осадительном электроде**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 20 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

#### **Краткое содержание задания:**

Тест ориентирован на проверку знаний терминов и определений

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе сильных электрических полей в электроэнергетике и электротехнике                                                                                                                                                           | 1.Что такое обратный коронный разряд?                                                                                                     |
| Знать: основные источники научно-технической информации по электрофизике процессов поведения аэрозольных частиц в сильных электрических полях в объеме газа и на поверхности электродов, по принципам действия и конструкциям высоковольтных электротехнологических аппаратов, по областям их использования в электроэнергетике и электротехнике | 1.Что такое коэффициент упаковки?                                                                                                         |
| Знать: основные методы расчета высоковольтных электротехнологических процессов и аппаратов                                                                                                                                                                                                                                                       | 1.Заряд какой полярности приобретёт плохо проводящая частица, находящаяся на электроде в поле коронного разряда отрицательной полярности? |

#### **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. Процессы осаждения аэрозольных частиц в электрическом поле.**

**Процессы на осадительном электроде. Коллективные процессы в аэрозольных системах**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 21**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 60 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

### **Краткое содержание задания:**

Контрольная работа ориентирована на умение самостоятельно выполнять расчеты процессов, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий

### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: анализировать информацию о новых направлениях применения высоковольтных электротехнологических процессов и аппаратов на основе сильных электрических полей в электроэнергетике и электротехнике                                                                           | 1. В круглую трубу со скоростью $u_{ср}=0,8$ м/с входит аэрозольный поток, содержащий частиц с зарядом $q=3 \cdot 10^{-14}$ Кл. Плотность материала частиц $\rho=2,5$ г/см <sup>3</sup> , их входная массовая концентрация составляет $z_0=20$ г/м <sup>3</sup> . Определить радиус частиц, если на длине трубы $L=1$ м их концентрация в результате электростатического рассеяния уменьшается в 4 раза.                             |
| Уметь: использовать компьютерные программы для проведения расчётов высоковольтных электротехнологических процессов, аппаратов и установок на основе сильных электрических полей                                                                                                  | 1. Частица висит на электроде в поле коронного разряда с $E=1$ кВ/см и $j=10^{-4}$ А/м <sup>2</sup> . Параметры частицы: $a/b=a/c=2$ и $b=30$ мкм; относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon_1=3,5$ ; проводимость материала частицы $\gamma_1=10^{-11}$ 1/(Ом·м).<br>Определить плотность материала частицы $\rho$ , при которой частицы будет отрываться от электрода.                                                 |
| Уметь: самостоятельно выполнять расчет высоковольтных электротехнологических установок и аппаратов на основе сильных электрических полей и анализировать эффективность их применения, выполнять расчеты процессов, являющихся основой высоковольтных электротехнологий на основе | 1. Определить коэффициент упаковки частиц в слое, если время возникновения обратной короны составило $t_{ок}=1$ с. Параметры слоя: относительная диэлектрическая проницаемость материала частиц $\epsilon_1=3$ ; пробивная напряжённость слоя частиц $E_{пр}=35$ кВ/см.<br>Условия зарядки слоя: плотность тока коронного разряда $j=1,5 \cdot 10^{-4}$ А/м <sup>2</sup> ; напряжённость поля у поверхности электрода $E=1,5$ кВ/см. |

### 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. Электротехнологии, основанные на применении сильных электрических полей

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 21

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 60 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

### Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на проверку умений самостоятельно выполнять расчеты процессов, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий

### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: выбирать необходимые конструкционные элементы высоковольтных электротехнологических установок и аппаратов | <p>1.Сферические частицы двух сортов (рутил и циркон) разделяются по электропроводности в электросепараторе пластинчатого типа с длиной зарядного электрода <math>L=300</math> мм. Угол наклона зарядного электрода <math>\alpha=35^\circ</math>. Расстояние между верхним крылообразным и трибозарядным электродами <math>h=8</math> см. Начало верхнего электрода, на который подано отрицательное высокое напряжение, отстоит от начала зарядного электрода на величину <math>d=200</math> мм. Параметры частиц: рутил — проводимость <math>\gamma v_1(1)=10^{-4}</math> 1/(Ом·м); радиус <math>a(1)=50</math> мкм; относительная диэлектрическая проницаемость <math>\epsilon_1(1)=130</math>; плотность <math>\rho(1)=4,25</math> г/см<sup>3</sup>; циркон — проводимость <math>\gamma v_1(2)=10^{-12}</math> 1/(Ом·м); радиус <math>a(2)=50</math> мкм; относительная диэлектрическая проницаемость <math>\epsilon_1(2)=10</math>; плотность <math>\rho(2)=4,7</math> г/см<sup>3</sup>; коэффициент деполяризации <math>da=1/3</math>.</p> <p>Реальное время контакта частиц с зарядным электродом (<math>t_k</math>) меньше времени всего движения и равно <math>t_k=t_{дв} \cdot \text{Кинд}</math>, где <math>t_{дв}</math> — время движения</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>частицы по электроду; <math>K_{инд}=0,0012</math> — коэффициент индукционной зарядки.</p> <p>Требуется определить минимальное напряжение, которое необходимо приложить к верхнему электроду для разделения частиц в конце зарядного электрода.</p> <p>Считать, что поле, созданное между верхним и зарядным электродами, является однородным. Коэффициент трения <math>K_{тр}=0,19</math>. Силой сопротивления воздуха для крупных частиц и силой адгезии допустимо пренебречь.</p> <p>Учесть, что трибозарядка осуществляется по закону: для рутила ; для циркона , где <math>l</math> — пройденный частицей путь по поверхности зарядного электрода, м.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>Уметь: использовать компьютерные программы для проведения расчётов высоковольтных электротехнологических процессов, аппаратов и установок на основе сильных электрических полей</p>                                                                                                                              | <p>1. Определить количество полей в пластинчатом электрофилтре, при котором будет достигнута степень очистки газа в электрофилтре <math>\eta=0,98</math>. Параметры электрофилтра и поступающей в него газозерозольной смеси: длина одного поля <math>L_{п1}=2,0</math> м; площадь осадительных электродов в одном поле электрофилтра <math>S_{ос}=800</math> м<sup>2</sup>; расстояние между коронирующими и осадительными электродами <math>H=0,135</math> м; скорость потока газа в электрофилтре <math>u_{ср}=1,3</math> м/с; коэффициент неравномерности поля скоростей <math>K_u=1,3</math>; коэффициент вторичного уноса <math>K_{ун}=0,8</math>; относительная доля активных зон <math>Sa^*=0,92</math>; <math>\chi=1,0</math>; вязкость газа <math>\mu=1,45 \cdot 10^{-5}</math> кг/(м·с); напряжённость поля у осадительных электродов <math>E_{ос}=3</math> кВ/см; радиус аэрозольных частиц <math>a=1,2</math> мкм; ток, потребляемый каждым из полей электрофилтра <math>I_{кр}=140</math> мА.</p>                         |
| <p>Уметь: самостоятельно выполнять расчет высоковольтных электротехнологических установок и аппаратов на основе сильных электрических полей и анализировать эффективность их применения, выполнять расчеты процессов, являющихся основой высоковольтных электротехнологий на основе сильных электрических полей</p> | <p>1. Какая должна быть скорость конвейера, чтобы при напылении распылителем с внутренней зарядкой на изделии получалось качественное покрытие (до возникновения интенсивной обратной короны)? Как надо изменить скорость конвейера, если вместо распылителя с внутренней зарядкой в камере напыления использовать распылитель с внешней зарядкой и получать при этом качественное покрытие? Какие толщины покрытия получаются на изделии?</p> <p>Условия напыления.</p> <p>Расход порошкового материала через распылитель <math>Q=3,2 \cdot 10^{-3}</math> кг/с; диаметр факела распыления ; коэффициент осаждения <math>\eta=60\%</math> для распылителей с внутренней зарядкой и <math>\eta=75\%</math> для распылителей с внешней зарядкой; плотность упаковки порошкового слоя <math>K_{уп}=0,6</math>; удельный заряд частиц порошка <math>q_{уд}=1,0</math> мКл/кг; средняя плотность тока коронного разряда (это относится к распылителям с внешней зарядкой) <math>j_i=150</math> мкА/м<sup>2</sup>. Напыляется эпоксидный</p> |

|  |                                                                                                                   |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | материал с плотностью $\rho=1400$ кг/м <sup>3</sup> и относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon=4$ . |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 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. Высоковольтные электротехнологии очистки газов от аэрозольных частиц**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 6**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 20 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

#### **Краткое содержание задания:**

Тест ориентирован на проверку знаний терминов и определений

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе сильных электрических полей в электроэнергетике и электротехнике                                                                              | 1.Что такое запыление коронного разряда?                                      |
| Знать: основные источники научно-технической информации по электрофизике процессов поведения аэрозольных частиц в сильных электрических полях в объеме газа и на поверхности электродов, по принципам действия и конструкциям высоковольтных электротехнологических | 1.Поясните зависимость эффективности работы электрофильтра от размера частиц. |

|                                                                                            |                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| аппаратов, по областям их использования в электроэнергетике и электротехнике               |                                                                                                                          |
| Знать: основные методы расчета высоковольтных электротехнологических процессов и аппаратов | 1.Перечислите как можно больше факторов (минимум шесть), влияющих на эффективность улавливания частиц в электрофильтрах. |

#### **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-5. Нанесение порошковых полимерных покрытий в камерах с электрическим кипящим слоем**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится по результатам лабораторных занятий в форме подготовки индивидуального отчета по работе и устного опроса по контрольным вопросам. Продолжительность контроля составляет 30 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы ориентирована на проверку знаний о процессах, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе сильных электрических полей в электроэнергетике и электротехнике | 1.Возможно ли сочетание различных методов зарядки порошкового материала в устройствах для нанесения покрытий?    |
| Знать: основные источники научно-технической информации по электрофизике процессов поведения                                                                                           | 1.Существуют ли ограничения по габаритам изделия при нанесении покрытия в камерах с электрическим кипящим слоем? |

|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| аэрозольных частиц в сильных электрических полях в объеме газа и на поверхности электродов, по принципам действия и конструкциям высоковольтных электротехнологических аппаратов, по областям их использования в электроэнергетике и электротехнике |                                                                                                       |
| Знать: основные методы расчета высоковольтных электротехнологических процессов и аппаратов                                                                                                                                                          | 1.Как меняется коэффициент упаковки слоя порошка при возникновении в нем обратного коронного разряда? |

#### **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-6. Электросепарация**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 16

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится по результатам лабораторных занятий в форме подготовки индивидуального отчета по работе и устного опроса по контрольным вопросам. Продолжительность контроля составляет 30 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы ориентирована на проверку знаний о процессах, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                     |                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Знать: действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе сильных электрических полей в | 1.Поясните назначение основных элементов сепаратора. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| электроэнергетике и электротехнике                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                            |
| Знать: основные источники научно-технической информации по электрофизике процессов поведения аэрозольных частиц в сильных электрических полях в объеме газа и на поверхности электродов, по принципам действия и конструкциям высоковольтных электротехнологических аппаратов, по областям их использования в электроэнергетике и электротехнике | 1.Как влияют режимы сепаратора на разделение минералов?                                                                                    |
| Знать: основные методы расчета высоковольтных электротехнологических процессов и аппаратов                                                                                                                                                                                                                                                       | 1.Поясните принцип работы сепаратора по проводимости.<br>2.Какие конструктивные параметры сепаратора и как влияют на разделение минералов? |

#### **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-7. Исследование работы электрофильтра**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 16

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится по результатам лабораторных занятий в форме подготовки индивидуального отчета по работе и устного опроса по контрольным вопросам. Продолжительность контроля составляет 30 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы ориентирована на проверку знаний о процессах, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: действующие подходы в области применения высоковольтных электротехнологических аппаратов и установок на основе сильных электрических полей в электроэнергетике и электротехнике                                                                                                                                                           | 1.Какие частицы улавливаются в первую очередь: крупные или мелкие?                                                   |
| Знать: основные источники научно-технической информации по электрофизике процессов поведения аэрозольных частиц в сильных электрических полях в объеме газа и на поверхности электродов, по принципам действия и конструкциям высоковольтных электротехнологических аппаратов, по областям их использования в электроэнергетике и электротехнике | 1.Как степень очистки зависит от приложенного напряжения, скорости потока, длины электрофильтра и параметров частиц? |
| Знать: основные методы расчета высоковольтных электротехнологических процессов и аппаратов                                                                                                                                                                                                                                                       | 1.Поясните последовательность проведения измерения                                                                   |

#### **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

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

- 1.Осаждение частиц монодисперсного аэрозоля из ламинарного потока. Эффективность осаждения. Осаждение частиц в плоском канале. Осаждение на горизонтальном участке круглой трубы.
- 2.Сила, действующая на порошковый слой. Влияние слоя на ВАХ коронного разряда
3. Трибоэлектрическая сепарация
4. Определить количество полей в пластинчатом электрофилтре, при котором будет достигнута степень очистки газа в электрофилтре  $\eta=0,98$ .  
Параметры электрофилтра и поступающей в него газозольной смеси: длина одного поля  $L_{п1}=2,0$  м; площадь осадительных электродов в одном поле электрофилтра  $S_{ос}=800$  м<sup>2</sup>; расстояние между коронирующими и осадительными электродами  $H=0,135$  м; скорость потока газа в электрофилтре  $u_{ср}=1,3$  м/с; коэффициент неравномерности поля скоростей  $K_u=1,3$ ; коэффициент вторичного уноса  $K_{ун}=0,8$ ; относительная доля активных зон  $S_a^*=0,92$ ;  $\chi=1,0$ ; вязкость газа  $\mu=1,45 \cdot 10^{-5}$  кг/(м·с); напряжённость поля у осадительных электродов  $E_{ос}=3$  кВ/см; радиус аэрозольных частиц  $a=1,2$  мкм; ток, потребляемый каждым из полей электрофилтра  $I_{кр}=140$  мА.

### Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут. Примеры задач на экзамене приведены в контрольных работах.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знания условий и методов использования сильных электрических полей в высоковольтных электротехнологиях

### Вопросы, задания

- 1.Осаждение частиц монодисперсного аэрозоля из ламинарного потока. Эффективность осаждения. Осаждение частиц в плоском канале. Осаждение на горизонтальном участке круглой трубы.
- 2.Осаждение частиц аэрозоля из ламинарного потока под действием центробежной силы. Осаждение под действием сил зеркального отображения
- 3.Осаждение монодисперсных частиц из турбулентного потока. Характеристики турбулентного потока. Коэффициент турбулентной диффузии
- 4.Осаждение частиц из турбулентного потока в поле постоянных внешних сил. Случаи преобладания направленного движения и преобладания турбулентного перемешивания. Эффективность осаждения из турбулентного потока
- 5.Силы, действующие на частицу на поверхности электрода
- 6.Поведение частицы на электроде в электрическом поле. Зарядка частицы на электроде
- 7.Порошковый слой и его основные характеристики
- 8.Зарядка и разрядка порошкового слоя на электроде
- 9.Обратная корона с порошкового слоя. Внешние проявления обратной короны. Время возникновения обратной короны

10. Сила, действующая на порошковый слой. Влияние слоя на ВАХ коронного разряда
11. Коллективные процессы в аэрозольных системах. Электростатическое рассеяние монодисперсного аэрозоля
12. Влияние концентрации частиц на характеристики коронного разряда
13. Влияние дисперсной фазы на характеристики коронного разряда в случае движения частиц вдоль силовых линий и при движении частицы поперек силовых линий
14. Электрогазоочистка. Классификация электрофильтров
15. Конструкции коронирующих и осадительных электродов электрофильтров. Выбор расстояния между электродами
16. Степень очистки газов в электрофильтрах
17. Особенности определения эффективности осаждения в электрофильтрах
18. Методы борьбы с обратной короной в электрофильтрах
19. Электросепарация частиц. Классификация сепараторов
20. Сепарация по электропроводности
21. Трибоэлектрическая сепарация
22. Пироэлектрическая сепарация. Диэлектрическая сепарация
23. Электроокраска
24. Электростатические, центробежные и электропневмораспылители
25. Нанесение порошковых покрытий в электрическом поле. Нанесение покрытий в кипящем слое
26. Электропневмораспылители с внешней и внутренней зарядкой
27. Влияние обратной короны на процесс нанесения порошковых покрытий
28. Электропечать. Электрофотография. Ксерокс. Электрокаплеструйная печать
29. Обезвоживание нефтепродуктов. Физические основы обезвоживания нефтепродуктов
30. Конструкция промышленных технологических установок для обессоливания и обезвоживания нефти и нефтепродуктов. Технологии обезвоживания нефтепродуктов
31. Электрогазодинамические устройства и аппараты: назначение и принципы действия. Электрогазодинамические генераторы. Электрогазодинамические компрессоры

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

1. Какие частицы улавливаются в первую очередь в электрофильтрах: крупные или мелкие?

Ответы:

- а) крупные
- б) мелкие

Верный ответ: а

2. От чего зависит степень очистки электрофильтра (вариантов ответа может быть несколько)

Ответы:

- а) проводимость частиц
- б) атмосферных условий
- в) размера частиц
- г) цвета частиц

Верный ответ: а, в

3. Что такое запыление коронного разряда?

Ответы:

- а) смена полярности коронного разряда
- б) снижение тока коронного разряда до нуля с резким ухудшением очистки
- в) окисление коронирующих электродов

Верный ответ: б

4. Какой способ зарядки не подходит для аэрозольных частиц из диэлектрического материала?

Ответы:

- а) в поле коронного разряда
- б) индукционный
- в) трибоэлектростатический

Верный ответ: б

5.Какой вид электросепарации применяется для разделения смесей веществ, содержащих кварц?

Ответы:

- а) диэлектрическая
- б) пирoeлектрическая
- в) по электропроводности
- г) трибоэлектростатическая

Верный ответ: б

6.Какой из электрораспылителей жидких красок обладает наибольшей производительностью?

Ответы:

- а) электростатический
- б) центробежный
- в) гидравлический
- г) пневматический

Верный ответ: г

7.Какой вид нейтрализаторов статического электричества используется в трубопроводах при транспортировке нефти и нефтепродуктов?

Ответы:

- а) аэродинамический
- б) активный высоковольтный
- в) пассивный индукционный
- г) радиоактивный

Верный ответ: в

8.Какой вид зарядки используется в технологиях нанесения полимерных порошковых покрытий в электрическом поле?

Ответы:

- а) зарядка в поле коронного разряда
- б) индукционная зарядка
- в) статическая электризация

Верный ответ: б

9.В каких высоковольтных электротехнологиях не используется коронный разряд?

Ответы:

- а) электросепарация
- б) электромагнитная штамповка
- в) электрофильтры
- г) нейтрализация статического электричества

Верный ответ: б

10.Коэффициент неоднородности электрического поля, при котором возможно формирование коронного разряда?

Ответы:

- а) 0,5
- б) 1,0
- в) 3,0
- г) 5,0

Верный ответ: г

## ***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 за освоение дисциплины определяется с учетом семестровой составляющей и оценки на экзамене согласно положению о БАРС. В приложение к диплому выносится оценка за 2 семестр.

**Для курсового проекта/работы:**

**2 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Курсовой проект защищается индивидуально. Проверяется правильность выполнения задания и степень владения материалом обучающимся.

### ***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 за курсовой проект определяется как оценка по итогам его защиты. В приложение к диплому выносится оценка за 2 семестр.