

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Плазменные, электронно-лучевые и лазерные установки**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                                 |
|--|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец                                           | Щербаков А.В.                   |
|  | Идентификатор                                      | Raf18b6c8-ShcherbakovAV-abf82f1 |

А.В.  
Щербаков

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

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

М.А.  
Федин

Заведующий  
выпускающей кафедрой

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

С.А. Цырук

## 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:

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Расчет элементов лучевого и плазменного технологического оборудования (Решение задач)

Форма реализации: Письменная работа

1. Дуговые плазмотроны и плазменные технологии (Тестирование)
2. Ионно-плазменные процессы и установки (Тестирование)
3. Лазерные технологические установки (Тестирование)
4. Электронная оптика. Принципы формирования электронных пучков (Тестирование)
5. Электронно-лучевые установки (Тестирование)

## БРС дисциплины

2 семестр

| Раздел дисциплины                                                                                                                       | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                                                         | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|                                                                                                                                         | Срок КМ:                        | 4    | 6    | 8    | 10   | 14   | 16   |
| Основы электронной оптики. Принципы генерации и фокусировки пучков заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-плазменных установках |                                 |      |      |      |      |      |      |
| Основы электронной оптики. Принципы генерации и фокусировки пучков заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-плазменных установках | +                               |      |      |      |      |      |      |
| Электронно-лучевые установки. Области применения, конструкция, принцип действия. Электрооборудование и системы управления.              |                                 |      |      |      |      |      |      |
| Электронно-лучевые установки. Области применения, конструкция, принцип действия. Электрооборудование и системы управления.              |                                 |      | +    |      |      |      |      |
| Плазменные технологические установки: плазмотроны и плазменные горелки. Принцип работы и конструкции.                                   |                                 |      |      |      |      |      |      |
| Плазменные технологические установки: плазмотроны и плазменные горелки. Принцип работы и конструкции.                                   |                                 |      |      | +    |      |      |      |

|                                                                                                                                                                                                  |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Плазменные технологические установки:<br>установки катодного распыления, магнетронные и<br>ионно-лучевые установки, вакуумно-дуговые<br>испарители и установки молекулярно-лучевой<br>эпитаксии. |    |    |    |    |    |    |
| Плазменные технологические установки:<br>установки катодного распыления, магнетронные и<br>ионно-лучевые установки, вакуумно-дуговые<br>испарители и установки молекулярно-лучевой<br>эпитаксии. |    |    |    | +  |    |    |
| Методы проектирования элементов электронно-<br>лучевого и ионно-плазменного технологического<br>оборудования                                                                                     |    |    |    |    |    |    |
| Методы проектирования элементов электронно-<br>лучевого и ионно-плазменного технологического<br>оборудования                                                                                     |    |    |    |    | +  |    |
| Технологические лазеры: классификация,<br>принципы действия и области применения.                                                                                                                |    |    |    |    |    |    |
| Технологические лазеры: классификация,<br>принципы действия и области применения.                                                                                                                |    |    |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                                                                                                                                                                                          | 10 | 10 | 10 | 10 | 50 | 10 |

\$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 |
|--------------------|-----------|---------------------------------------------------|-------------------|
|--------------------|-----------|---------------------------------------------------|-------------------|

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

### КМ-1. Электронная оптика. Принципы формирования электронных пучков

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

#### Краткое содержание задания:

*Тест проводится на проверку знаний основных понятий электронной оптики и принципов формирования электронных пучков*

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: основы электронной оптики и методы генерации пучков электронов в электронно-лучевых установках</p> | <p>1.Основной (самый распространенный в технике, вносящий наибольший вклад) принцип получения свободных электронов в технологических электронных пушках</p> <p>а. автоэлектронная эмиссия<br/>б. термоэлектронная эмиссия<br/>в. фотоэлектронная эмиссия<br/>г. ионно-электронная эмиссия</p> <p>ответ - б.</p> <p>2.Для ускорения электронов в технологических электронных пушках используют</p> <p>а. электрическое поле, создаваемое системой «анод-катод»<br/>б. поле магнитной линзы<br/>в. подогрев катодов<br/>г. сеточный потенциал</p> <p>ответ - а</p> <p>3.Какой потенциал относительно корпуса установки (шины заземления) имеет анод автономных электронных пушек?</p> <p>а. ускоряющий потенциал со знаком «плюс»<br/>б. ускоряющий потенциал со знаком «минус»<br/>в. 0 В</p> <p>ответ - в</p> <p>4.Основной механизм регулировки тока электронного луча в ЭЛУ</p> <p>а. изменение ускоряющего напряжения<br/>б. изменение температуры термокатода<br/>в. изменение запирающего напряжения<br/>г. изменение тока магнитной линзы</p> <p>ответ - в.</p> <p>5.Что такое первеанс потока заряженных частиц, и что он характеризует?</p> <p>а. плотность мощности, характеризует проникающую способность.</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>б. характеристическая проводимость, характеризует степень влияния объемного заряда на плотность пучка.</p> <p>в. мера энергии пучка, характеризует среднюю кинетическую энергию части потока</p> <p>ответ - б.</p> <p>6.В чем главное преимущество генераторов электронных и ионных потоков с плазменным эмиттером частиц?</p> <p>а. в практически неограниченном сроке службы катода</p> <p>б. в плотности формируемого на выходе системы пучка</p> <p>в. в возможности более тонкой регулировки мощности и энергии потока по сравнению с традиционными термоэмиссионными системами</p> <p>ответ - а.</p> <p>7.Каким основным свойством обладает электронная иммерсионная линза?</p> <p>а. всегда является рассеивающей</p> <p>б. всегда является собирающей</p> <p>в. всегда представляет собой электронное зеркало</p> <p>ответ - б.</p> <p>8.В каком случае целесообразно применять аналитический метод для расчета оптических показателей электрического поля как электронной линзы?</p> <p>а. в любом случае</p> <p>б. в случае параксиального приближения</p> <p>в. в случае параллельного переноса луча</p> <p>ответ - б.</p> <p>9.Какой вид абберации проявляется в том, что резкость изображения объекта (пучка) сохраняется. но нарушается геометрическое подобие его контуров?</p> <p>а. сферическая абберация</p> <p>б. хроматическая абберация</p> <p>в. дисторсия</p> <p>ответ - в.</p> <p>10.Какой вид абберации появляется вследствие нарушения осевой симметрии электродов пушки (анода, катода и управляющего электрода)?</p> <p>а. сферическая абберация</p> <p>б. приосевой астигматизм</p> <p>в. хроматическая абессрация</p> <p>ответ - б.</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа*

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Студент правильно ответил менее, чем на 60% вопросов.

## КМ-2. Электронно-лучевые установки

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

### Краткое содержание задания:

*Тест проводится на проверку знаний основных принципов работы электронно-лучевых технологических установок*

### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: принципы работы электронных пушек и электрооборудования электронно-лучевых установок | <p>1. В чем главная идея разворота электронного пучка на 180 или 270 градусов в электронно-лучевых испарителях?</p> <p>а. это необходимо для обеспечения нужной плотности теплового потока в месте воздействия луча на материал</p> <p>б. для повышения срока службы катода пушки путем его защиты от продуктов испарения</p> <p>в. для защиты тигля от проплавления лучом</p> <p>ответ - б.</p> <p>2. В какой технологии электронный луч не применяется?</p> <p>а. в сварке</p> <p>б. в нанесении покрытий</p> <p>в. в модификации поверхности</p> <p>г. для разрушения кристаллической решетки путем сообщения импульса атомам</p> <p>ответ - г.</p> <p>3. Чем обусловлен эффект «кинжального» проплавления при электронно-лучевой сварке?</p> <p>а. глубиной проникновения электронов в материал.</p> <p>б. давлением паров на поверхность расплава из-за высокой плотности теплового источника</p> <p>в. действием электродинамических сил</p> <p>г. действием магнитного поля</p> <p>ответ - б.</p> <p>4. В каких диапазонах обычно выбирают ускоряющие</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>напряжения в технологических электронных пучках?</p> <p>а. 1-3 кВ<br/> б. 20-150 кВ<br/> в. 500-1000 В<br/> г. 500 кВ-1МВ</p> <p>ответ - б.</p> <p>5.Какое преимущество имеет система подогрева катода электронной пушки электронной бомбардировкой в сравнении с прямонакальной системой?</p> <p>а. отказ от дополнительного источника питания<br/> б. снижение тока накала, и, как следствие магнитного поля, создаваемого подогревателем<br/> в. уменьшение габаритов катодного узла</p> <p>ответ - б.</p> <p>6.Почему в технологических электронных пучках для управления фокусировкой пучка применяют именно магнитные линзы, а не электрические?</p> <p>а. магнитная линза имеет меньшие габариты<br/> б. магнитное поле не влияет на энергию электронов, поэтому магнитная линза позволяет регулировать фокусировку без влияния на мощность пучка<br/> в. магнитная линза в меньшей степени искажает распределение плотности тока пучка</p> <p>ответ - б.</p> <p>7.Какова главная особенность электронных пушек, применяемых для процессов аддитивного формообразования методом плавления порошка на подложке?</p> <p>а. малые габаритные размеры<br/> б. прямонакальный катод<br/> в. работа с большими углами отклонения луча (до 30 градусов).</p> <p>ответ - в.</p> <p>8.Каковы основные причины возникновения эксплуатационных пробоев в технологических электронных пушках?</p> <p>а. ионизация паров металла, наличие загрязнений на поверхностях электродов<br/> б. сближение или касание электродов в процессе эксплуатации<br/> в. отказ элементов вакуумной системы</p> <p>ответ - а.</p> <p>9.Каким образом реализуется дифференциальная откачка технологической камеры и электронной пушки?</p> <p>а. ветвь вакуумной откачки поочередно подключается к камере и пушке<br/> б. откачка пушки проводится через технологическую камеру<br/> в. у пушки и камеры имеются отдельные ветви откачки</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент правильно ответил менее, чем на 60% вопросов.*

**КМ-3. Дуговые плазмотроны и плазменные технологии**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

**Краткое содержание задания:**

*Тест проводится на проверку знаний основных принципов работы технологических плазмотронов*

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: классификацию и принципы работы технологических плазмотронов | <p>1.К способам повышения плотности плазменной струи в плазмотроне не относится</p> <p>а. охлаждение сопла</p> <p>б. фокусировка с помощью индуктора</p> <p>в. сжатие плазмообразующего потока газа</p> <p>г. использование световых линз</p> <p>ответы - а,б,в</p> <p>2.Плазменные горелки, создающие плазменную струю в среде атмосферного давления, не применяются для</p> <p>а. резки металлов</p> <p>б. сварки металлов</p> <p>в. наплавки</p> <p>г. распыления материалов</p> <p>ответ - г.</p> <p>3.В чем отличие плазмотрона с плазменной дугой от плазмотрона с плазменной струей?</p> |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>а. в первом изделие является анодом, а вот вторым анодом является сопло</p> <p>б. в первом используется несжатая дуга, а во втором - сжатая</p> <p>в. в первом используется дуговой разряд, а во втором - тлеющий</p> <p>ответ - а.</p> <p>4. В чем основное назначение межэлектродных вставок в плазмотроне?</p> <p>а. укорочение дуги</p> <p>б. удлинение дуги</p> <p>в. фиксация анода</p> <p>ответ - б.</p> <p>5. В чем назначение уступа на сопле плазмотрона?</p> <p>а. укорочение дуги</p> <p>б. удлинение дуги</p> <p>в. коепление анода.</p> <p>ответ - а.</p> <p>6. В чем состоит эффект от применения сопла Лавалья в плазмотронах?</p> <p>а. в снижении скорости потока газа</p> <p>б. в охлаждении потока газа</p> <p>в. в достижении сверхзвуковой скорости потока газа</p> <p>ответ - в.</p> <p>7. С какой целью применяются турбулизаторы (завихрители) потока газа в технологических плазмотронах и горелках?</p> <p>а. для повышения скорости истечения струи</p> <p>б. для снижения скорости истечения струи</p> <p>в. для сжатия дуги вихревым потоком газа</p> <p>ответ - а.</p> <p>8. В каких технологиях используются плазмотроны?</p> <p>а. плавка и рафинирование</p> <p>б. сварка и наплавка</p> <p>в. нанесение покрытий</p> <p>г. резка</p> <p>д. переработка отходов</p> <p>е. плазмохимические технологии синтеза материалов</p> <p>ответ - все процессы (а - е)</p> <p>9. К какому типу плазмотронов относятся плазмотроны ВЧИ?</p> <p>а. высокочастотные емкостные</p> <p>б. высокочастотные индукционные</p> <p>в. сверхвысокочастотные</p> <p>ответ - б.</p> <p>10. В чем преимущество применения плазменной струи вместо классической дуговой технологии для сварки и наплавки?</p> <p>а. более низкая температура нагрева</p> <p>б. лучшая локализация источника нагрева и более</p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                         |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>высокая температура струи плазмы<br/>в. отсутствие необходимости охлаждения сопла<br/>ответ - б.</p> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

#### **КМ-4. Ионно-плазменные процессы и установки**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

*Тест проводится на проверку знаний основных принципов работы ионно-плазменных технологических установок*

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: физические основы ионно-плазменных технологий обработки материалов и конструкцию установок различного типа для нанесения покрытий и распыления материалов в вакууме</p> | <p>1.Принцип катодного распыления материала в вакууме заключается<br/>а. в распылении мишени-катода потоком ионов рабочего газа<br/>б. в распылении мишени-анода потоком электронов и их движении к катоду<br/>в. в генерации электронного потока с катода к аноду с его термическим распылением<br/>ответ - а</p> <p>2.Идея магнетронного распыления состоит<br/>а. в погружении разрядного промежутка в магнитное поле, повышающее эффективность ионизации рабочего газа<br/>б. в использовании генератора СВЧ излучения в качестве источника питания<br/>в. в использовании переменного тока для поддержания тлеющего разряда при катодном</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>напылении</p> <p>ответ - а</p> <p>3.Катодное распыление на переменном токе высокой частоты позволяет</p> <p>а. повысить скорость напыления металлических покрытий</p> <p>б. исключить появление пробоев и микродуг в процессе напыления</p> <p>в. обеспечить возможность напыления непроводящих покрытий</p> <p>ответ - в</p> <p>4.В чем преимущество использования автономных источников ионов вместо систем катодного и магнетронного распыления?</p> <p>а. повышается скорость распыления</p> <p>б. исключается контакт изделия с плазмой и таким образом, снижается тепловое и радиационное воздействие</p> <p>в. в возможности использования химически активных газов для обеспечения стехиометрических характеристик покрытия</p> <p>ответ - б.</p> <p>5.В чем необходимость применения магнитных линз в ионных источниках с холодным катодом?</p> <p>а. они нужны для фокусировки ионов</p> <p>б. они обеспечивают удлинение траекторий электронов или их дрейф в области горения разряда</p> <p>в. они снижают эффект объемного заряда в ионном пучке.</p> <p>ответ - б.</p> <p>6.В каких диапазонах обычно выбирают ускоряющие напряжения в ионных источниках для распыления материалов и установках катодного распыления?</p> <p>а. 0,5-2 кВ</p> <p>б. 20-200 В</p> <p>в. 500-1000 В</p> <p>г. 500 кВ-1МВ</p> <p>ответ - а.</p> <p>7.Какой плазмообразующий газ применяется в системах нанесения покрытий с ионными источниками, магнетронами и в установках катодного распыления?</p> <p>а. Ar</p> <p>б. Cr</p> <p>в. N<sub>2</sub></p> <p>г. O<sub>2</sub></p> <p>ответ - а</p> <p>8.В чем главный недостаток ионного источника типа “Кауфман” (как и других типов ионных источников с вытягивающими сетками) для технологии ионного распыления?</p> <p>а. недостаточная фокусировка ионного пучка</p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | б. недостаточная равномерность ионного пучка<br>в. загрязнение обрабатываемого изделия материалом сеток<br>ответ - в.<br>9. Для каких процессов может применяться технология ионного распыления?<br>а. очистка изделий (перед напылением)<br>б. травление поверхности, в том числе для формирования рельефа<br>в. нанесение покрытий<br>г. нагрев изделий с целью расплавления<br>ответы - а,б,в<br>10. Какие из перечисленных вакуумных насосов относятся к “безмасляным” средствам откачки?<br>а. диффузионный<br>б. спиральный<br>в. пластинчато-роторный<br>г. турбомолекулярный<br>ответы - б,г |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент правильно ответил менее, чем на 60% вопросов.

#### **КМ-5. Расчет элементов лучевого и плазменного технологического оборудования**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент выполняет задание в качестве самостоятельной работы. Срок выполнения - 1 неделя. После успешного выполнения задания студент отвечает на контрольные вопросы.

#### **Краткое содержание задания:**

Выбрать тип задания из приведенного перечня:

1. Расчет проволочного прямонакального катода методом идеального катода. По заданному току эмиссии и минимальному сроку службы катода выбрать материал и геометрические параметры проволочного катода.

2. Расчет подогрева катода электронной бомбардировкой. По заданному току эмиссии основного катода и расстоянию «основной катод-вспомогательный катод» определить напряжение и ток бомбардировки.
  3. Расчет электрического поля в аксиальной электронной пушке. По заданным геометрическим характеристикам аксиальной электродной системы и потенциалам на электродах, рассчитать распределение потенциала, его первой и второй производной вдоль оси системы. Сделать выводы.
  4. Моделирование электронного (ионного) пучка в пакете программ WCharge. По заданным геометрическим характеристикам аксиальной электродной системы, потенциалам на электродах и температуре катода, рассчитать распределение плотности тока электронного (ионного) пучка в аксиальной электростатической пушке. Сделать выводы.
  5. Моделирование электронного (ионного) пучка в пакете программ Elion. По заданным геометрическим характеристикам аксиальной электродной системы, потенциалам на электродах и температуре катода, рассчитать распределение плотности тока электронного (ионного) пучка в аксиальной электростатической пушке. Сделать выводы.
  6. Расчет фокусного расстояния магнитной фокусирующей линзы. По заданным геометрическим размерам магнитопровода и числу ампер-витков линзы, а также энергии частиц (электронов, ионов), рассчитать фокусное расстояние магнитной линзы.
  7. Расчет магнитной отклоняющей системы. Рассчитать ток плоской электромагнитной отклоняющей системы, обеспечивающей смещение пучка частиц с заданной энергией на требуемое расстояние в плоскости мишени
  8. Расчет скорости распыления магнетронной установки. Рассчитать скорость осаждения покрытия из материала, указанного в задании по заданным току и напряжению разряда и величине индукции магнитного поля.
  9. Расчет вакуумной системы технологической установки в стационарном режиме работы. Выбрать насосы для откачки вакуумной камеры до заданного давления при заданной технологической натекании. Рассчитать проводимости трубопроводов и выбрать диаметры труб. Рассчитать время откачки.
- Исходные данные определяются типом выбранного задания (см. п. I):

Для типа задания 1: Ток эмиссии и срок службы катода

Для типа задания 2: ток эмиссии основного катода и расстояние «основной катод-вспомогательный катод»

Для типа задания 3: геометрические характеристики аксиальной электродной системы и потенциалы на электродах

Для типа задания 4: геометрические характеристики аксиальной электродной системы, потенциалы на электродах и температура катода

Для типа задания 5: геометрические характеристики аксиальной электродной системы, потенциалы на электродах и температура катода

Для типа задания 6: геометрические размеры магнитопровода, число ампер-витков линзы, энергия частиц

Для типа задания 7: энергия частиц, рабочий отрезок, величина поперечного смещения

Для типа задания 8: ток и напряжение магнетронного разряда

Для типа задания 9: предельное остаточное давление, технологическое газовыделение и натекание

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                               |                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: применять полученные знания для расчета и выбора элементов плазменных, | 1.1. Какие допущения приняты при расчете прямонакального катода?<br>2. Каким образом выбираются ток и напряжение для |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| электронно-лучевых и лазерных установок | <p>системы подогрева катода электронной бомбардировкой?</p> <p>3.Каким образом рассчитывается электрическое поле в аксиальной электронной пушке?</p> <p>4.Какие факторы учитываются при моделировании формирования электронного или ионного пучка?</p> <p>5. Какие допущения принимаются при расчете фокусного расстояния магнитной линзы?</p> <p>6. Какие допущения принимаются при расчете угла отклонения луча в магнитной отклоняющей системе?</p> <p>7. какие основные параметры необходимы для расчета скорости распыления материала ионной бомбардировкой?</p> <p>8. Как рассчитывается вакуумная система в стационарном режиме работы?</p> |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент выполнил расчетное задание и ответил на контрольный вопрос

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент не выполнил расчетное задание

#### КМ-6. Лазерные технологические установки

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

#### Краткое содержание задания:

*Тест проводится на проверку знаний основных принципов работы ионно-плазменных технологических установок*

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: классификацию, принципы работы и области применения современных технологических лазеров | <p>1.Для чего рабочие тела лазерных установок помещают между двумя зеркалами?</p> <p>а. для защиты персонала от вредного излучения</p> <p>б. для создания эффектов усиления и резонанса</p> <p>в. эти зеркала нужны для управления отклонением луча</p> <p>ответ - б</p> <p>2.Что представляет собой линза для мощного технологического лазера?</p> <p>а. стеклянная пластина со сферическими поверхностями и водяным охлаждением</p> <p>б. вогнутое металлическое водоохлаждающее зеркало с напыленным отражающим слоем</p> <p>в. магнитная катушка с магнитопроводом</p> <p>ответ - б.</p> <p>3.Какие типы лазеров могут применяться для сварки</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>и аддитивных технологий?</p> <p>а. твердотельные</p> <p>б. жидкостные</p> <p>в. волоконные</p> <p>г. ионные</p> <p>д. гелий-неоновые</p> <p>е. углекислотные</p> <p>ответ - а,в,е</p> <p>4.С какой целью система накачки газового CO<sub>2</sub>-лазера содержит большое количество типовых газоразрядных трубок?</p> <p>а. для возможности изменения длины волны излучения</p> <p>б. для достижения необходимого уровня мощности</p> <p>в. для повышения гибкости при отклонении луча</p> <p>ответ - б.</p> <p>5.В каком спектральном диапазоне генерирует излучение CO<sub>2</sub>-лазер?</p> <p>а. видимом</p> <p>б. ближнем инфракрасном</p> <p>в. дальнем инфракрасном</p> <p>ответ - в.</p> <p>6.В каком спектральном диапазоне генерирует излучение волоконный технологический лазер?</p> <p>а. видимом</p> <p>б. ближнем инфракрасном</p> <p>в. дальнем инфракрасном</p> <p>ответ - б.</p> <p>7.В каком спектральном диапазоне генерирует излучение твердотельный технологический YAG-лазер?</p> <p>а. видимом</p> <p>б. ближнем инфракрасном</p> <p>в. дальнем инфракрасном</p> <p>ответ - б.</p> <p>8.Какое устройство применяется в YAG-лазере для накачки оптической среды?</p> <p>а. нагреватель</p> <p>б. лампа накачки</p> <p>в. индуктор</p> <p>ответ - б</p> <p>9.Какие типы лазеров целесообразно применять для установки излучающей головки на подвижных механизме (роботе, портальной системе)?</p> <p>а. CO<sub>2</sub>-лазер</p> <p>б. твердотельный YAG-лазер</p> <p>в. волоконный лазер</p> <p>ответы - б,в</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 75

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент правильно ответил менее, чем на 60% вопросов.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Взаимодействие электронного пучка с металлами
2. Конструкции ионных источников.

### Процедура проведения

Студент получает один билет из двадцати четырех. В билете содержится 2 вопроса. Время на подготовку к ответу составляет 70 минут

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

### *II. Описание шкалы оценивания*

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве менее 60%,

### *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 экзаменационной составляющих