

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Плазменно-пучковые технологии модификации материалов

**Код модуля**  
1142567

**Модуль**  
Плазменно-пучковые технологии модификации  
материалов

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Каменецких Александр Сергеевич	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	электрофизики
2	Чолах Сеиф Османович	доктор физико-математических наук, профессор	Профессор	электрофизики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

**Авторы:**

- Каменецких Александр Сергеевич, Доцент, электрофизики
- Чолах Сеиф Османович, Профессор, электрофизики

### 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Плазменно-пучковые технологии модификации материалов

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Домашняя работа	1
		Реферат	1

### 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Плазменно-пучковые технологии модификации материалов

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-4 -Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов З-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и	Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Реферат Экзамен

	<p>технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений</p> <p>У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p>	
<p>ОПК-5 -Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>Д-1 - Демонстрировать требовательность и принципиальность в процессе контроля выполнения заданий</p> <p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и типовой порядок планирования, организации и контроля выполнения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по</p>	<p>Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Реферат Экзамен</p>

	<p>созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-4 - Показать возможности использования цифровых технологий (создание цифровых двойников) для оптимизации работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p> <p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-2 - Анализировать задания, распределять и объяснять их работникам коллектива при выполнении работ по созданию, установке и модернизации оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических</p>	
--	---	--

	<p>процессов и информационных систем на соответствие регламентам</p> <p>У-4 - Использовать при необходимости техники цифрового моделирования при выполнении работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p>	
<p>ОПК-6 -Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективност и производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>З-3 - Объяснить принципы энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Реферат</p> <p>Экзамен</p>

	<p>оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>У-3 - Обоснованно корректировать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов, добиваясь повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p>	
<p>ПК-4 -Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с использованием пучков корпускулярного и электромагнитного излучения, электрического разряда в газах и вакууме, потоков плазмы</p>	<p>З-1 - Знает возможности и порядок использования лабораторного оборудования для исследовательских и экспериментальных работ по анализу материалов и опробованию технологических процессов</p> <p>З-2 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>П-1 - Владеет навыками экспертной оценки результатов исследовательских и проектных работ и принятие решения о выборе оптимального варианта технологического процесса</p> <p>П-3 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p> <p>У-1 - Умеет формулировать техническое задание на проведение исследований материалов для приборов оптоэлектроники и фотоники и</p>	<p>Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Реферат Экзамен</p>

	экспериментальную проверку технологических процессов У-2 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов	
ПК-5 -Способен к профессиональной эксплуатации приборов, сложных физических систем и уникальных научно-производственных комплексов, использующих мощные и сверхмощные потоки корпускулярного и электромагнитного излучений	З-1 - Знает методики сбора информации о возможных моделях технологического оборудования З-2 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива П-2 - Владеет методами получения и использования пучков корпускулярного и электромагнитного излучения, электрического разряда в газах и вакууме, потоков плазмы П-3 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов У-1 - Умеет оценивать ремонтпригодность технологического оборудования У-2 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов	Домашняя работа Лабораторные занятия Лекции Реферат Экзамен

### **3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)**

#### **3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

**1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.9**



Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	3,8	40
<i>реферат</i>	3,16	60
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.1</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>выполнение лабораторных работ</i>	3,17	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах

**Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено**

**Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено**

#### **4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

##### **Критерии оценивания учебных достижений обучающихся**

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

##### **Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>			
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>	
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>	<b>Качественная характеристика уровня</b>

1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## **5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

### **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

#### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### **5.1.2. Лабораторные занятия**

Примерный перечень тем

1. Программный комплекс SRIM
  2. Пробег ионов и их распределение в твёрдых телах
  3. Распыление твёрдых тел ионами
  4. Каскадные процессы
  5. Технологический цикл обработки материалов на ионно-плазменной установке
- LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

## **Базовый**

#### **5.2.1. Домашняя работа**

Примерный перечень тем

1. Имплантация ионов в вещество

Примерные задания

1. Ион  $\text{Ar}^+$  ( $Z_1=18$ ,  $M_1=39,95$ ) с энергией 10 кэВ испытывает упругое столкновение с атомом мишени ( $Z_2=5$ ,  $M_2=10,81$ ). Определить угол рассеяния иона при прицельном параметре, равном боровскому радиусу. В расчетах использовать универсальную функцию экранирования Бирзака и Цинглера.

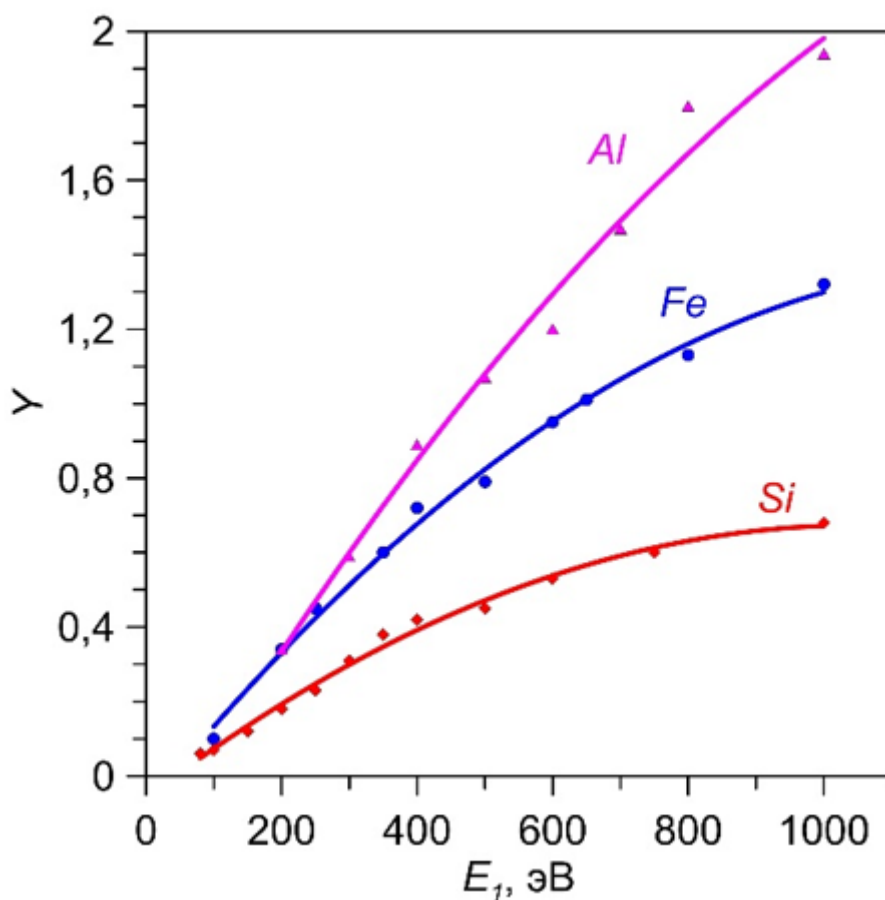
2. Построить зависимость максимальной энергии, передаваемой атому мишени, при столкновении с ионами  $\text{Ar}^+$  от атомного номера мишени. Начальную энергию иона  $\text{Ar}^+$  выбрать из диапазона 10 – 40 кэВ.

3. Определить величину сечений упругого и неупругого торможения иона  $\text{Ar}^+$  с энергией 40 кэВ в мишени ( $Z_2=8$ ,  $M_2=16$ ), используя аналитические выражения. При расчете радиуса экранирования использовать аналитическое выражение, полученной Линхардом, Шарффом и Шиоттом.

4. Ион  $\text{N}^+$  ( $Z_1=7$ ,  $M_1=14,01$ ), ускоренный до энергии 5 кэВ, внедряется в металлическую мишень. Определить полный и проективный пробег иона в мишени ( $Z_2=14$ ,  $M_2=28,09$ ).

5. Построить профиль концентрации имплантированных ионов  $\text{N}^+$  по глубине мишени ( $Z_2=26$ ,  $M_2=55,85$ ), используя положения теории Линхарда, Шарффа и Шиотта. Плотность ионного тока 1 мА/см<sup>2</sup>, энергия ионов 40 кВ. Ионным распылением пренебречь.

6. За какое время произойдет распыление поверхностного слоя материала толщиной 1 мкм в результате бомбардировки ионами  $\text{Ar}^+$ ? Энергия ионов выбрать из диапазона 200 – 1000 эВ. Параметры материала мишеней (железо): плотность 7,87 г/см<sup>3</sup>, атомная масса 26, теплопроводность 74,4 Вт/(м\*К); зависимости коэффициента распыления от энергии ионов показаны на рис. 1.



7. Под каким углом относительно нормали мишени должен быть направлен пучок ионов  $Ag^+$  с энергией 1 кэВ, чтобы достичь максимальной скорости распыления?

Материал мишени - железо.

8. Пучок электронов с энергией 50 кэВ поступает на мишень. Определить глубину пробега электронов. Материал мишени - железо.

9. Построить профиль установившихся значений температуры мишени, возникший в результате облучения пучками электронов с энергией 40 кэВ диаметром 0,1 и 1 мм.

Материал мишени - железо.

10. В полой цилиндрической катодной полости диаметром и высотой 10 см горит тлеющий разряд с напряжением 500 В. Давление аргона в катодной полости 0,1 Па. Определить размер выходной апертуры катода для наиболее эффективного удержания быстрых электронов.

11. Поток электронов с энергией 100 эВ инжектируют в цилиндрическую камеру диаметром и высотой 20 см, имеющую анодный потенциал. На торцах камеры установлены электроды, имеющие высокий отрицательный потенциал (более 100 В). Для уменьшения площади потерь электронов используют многополюсную магнитную систему, в которой индукция поля на полюсах составляет 0,25 Т. Рассчитать количество рядов магнитов, необходимое для сокращения площади потерь электронов вплоть до 10 % от площади анода.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Реферат

Примерный перечень тем

1. Сфокусированные электронные пучки: основные принципы генерации и области применения.

2. Дуговые ионные источники и испарители.

3. Генераторы атмосферной плазмы в технологиях обработки материалов.

4. Многоапертурные ионно-оптические системы.

5. Электронный пучок в атмосфере воздуха: принципы построения системы вывода пучка в атмосферу и применение.

6. Ионный источник холловского типа.

7. Роль вакуумно-плазменной обработки в наноэлектронике.

8. Современные технологии вакуумно-плазменной модификации элементов авиационных двигателей.

9. Микродуговое окисление: физика явления, применение в технологиях модификации материалов.

Примерные задания

Подбор литературы по избранной теме и ознакомление с выбранными источниками.

Изучение отобранных литературных источников.

Написание текста реферата. Рассматриваются основные вопросы реферата. Основная часть может состоять из двух или более разделов; в конце каждого раздела делаются краткие выводы.

В заключении следует сделать общие выводы и кратко изложить изученные положения (представить содержание реферата в тезисной форме).

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Экзамен**

Список примерных вопросов

1. Понятие «плазменно-пучковая технология».
  2. Характеристика и виды плазменно-пучковых технологий.
  3. Основные области применения ионных пучков.
  4. Основные области применения электронных пучков.
  5. Основные области применения низкотемпературной плазмы.
  6. Основные механизмы торможения ионов в твёрдых телах.
  7. Упругие соударения, потери энергии в упругих соударениях.
  8. Теории, описывающие неупругое торможение ускоренных ионов.
  9. Пробеги ионов и их распределение в твердых телах.
  10. Механизмы распыления твёрдых тел, вызванного бомбардировкой ионами.
  11. Примеры промышленных процессов модификации свойств твёрдых тел ускоренными ионами.
  12. Тормозная способность вещества и пробег электронов.
  13. Угловое рассеяние электронов.
  14. Виды излучений твёрдых тел, вызванных воздействием ускоренных электронов.
  15. Эмиссия заряженных частиц под действием ускоренных электронов.
  16. Основные элементы промышленной электронно-лучевой установки.
  17. Виды электронно-лучевой обработки и их технологические возможности.
  18. Основные типы технологических электронных источников, особенности конструкций и область применения.
  19. Характеристика процесса электронно-лучевой плавки.
  20. Характеристика процесса электронно-лучевой технологии получения покрытий.
  21. Изменение структуры сталей при импульсном воздействии электронных пучков.
  22. Мощность дозы тормозного излучения.
  23. Основные типы и характеристики технологических ионных источников.
  24. Основные типы и характеристики плазмогенераторов.
  25. Применение ионных пучков для получения покрытий.
  26. Особенности процесса ионной имплантации.
  27. Ионно-плазменный синтез материалов.
  28. Критерии выбора технологии при обработке изделия.
  29. Научные проблемы, которые необходимо решать в ходе внедрения плазменно-пучковых технологий.
  30. Основные этапы анализа рынка плазменно-пучковых технологий.
- LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности**

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.