

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

**Направление подготовки/специальность: 15.03.01 Машиностроение**

**Наименование образовательной программы: Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Оборудование и технология сварки плавлением**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Родякина Р.В.
Идентификатор	R768be585-RodiakinaRV-b3c4458f	

Р.В. Родякина

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Петров П.Ю.
Идентификатор	R653adc76-PetrovPY-f1c0c784	

П.Ю. Петров

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Драгунов В.К.
Идентификатор	R75d71719-DragunovVK-00c02b9f	

В.К.  
Драгунов

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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

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

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-4 умением применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении

2. ПК-23 готовностью выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов с использованием типовых методов контроля качества выпускаемой продукции

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Коллоквиум № 1. "Технология ЭЛС" (Коллоквиум)
2. Коллоквиум № 2. "Оборудование, применяемое для лазерной обработки материалов" (Коллоквиум)
3. Коллоквиум № 3. "Основы технологии лазерной обработки материалов" (Коллоквиум)
4. Контрольная работа. "Оборудование, применяемое для лазерной обработки материалов" (Контрольная работа)
5. Контрольная работа. "Основы технологии лазерной обработки материалов" (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчетно-графическая работа (РГР) "Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Лабораторная работа № 1. Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ) (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа № 2. Особенности работы сварочной электронной пушки (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа № 3. Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа № 4. Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %										
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
	Срок КМ:	6	8	9	9	10	12	13	13	14	14
Оборудование, применяемое для электронно-лучевой обработки материалов											
Оборудование, применяемое для электронно-лучевой обработки материалов			+			+					+
Основы технологии электронно-лучевой сварки и термообработки											
Основы технологии электронно-лучевой сварки и термообработки	+						+			+	
Оборудование, применяемое для лазерной обработки материалов											
Оборудование, применяемое для лазерной обработки материалов				+	+						
Основы технологии лазерной обработки материалов											
Основы технологии лазерной обработки материалов								+	+		
Вес КМ:	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	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
ОПК-4	ОПК-4(Компетенция)	Знать: влияние параметров электронного луча (развертки) на формирование сварных швов особенности выбора оптимального режима ЭЛС на технологическом комплексе особенности работы сварочной электронной пушки особенности вакуумной системы электронно-лучевой установки основные технологии лазерной наплавки/сварки/резки, широко применяемые в энергомашиностроении основные параметры режима ЭЛС и их влияние на геометрию сварного шва, особенности	Коллоквиум № 1. "Технология ЭЛС" (Коллоквиум) Лабораторная работа № 1. Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ) (Лабораторная работа) Лабораторная работа № 2. Особенности работы сварочной электронной пушки (Лабораторная работа) Лабораторная работа № 3. Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе (Лабораторная работа) Коллоквиум № 3. "Основы технологии лазерной обработки материалов" (Коллоквиум) Контрольная работа. "Основы технологии лазерной обработки материалов" (Контрольная работа) Лабораторная работа № 4. Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов (Лабораторная работа) Расчетно-графическая работа (РГР) "Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва" (Расчетно-графическая работа)

		<p>технологии электронно-лучевой наплавки/сварки, широко применяемые в энергомашиностроении</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять подбор режимов для реализации основных процессов с использованием концентрированных источников энергии (лазерный луч), широко применяемых в энергомашиностроении</p> <p>объяснять процессы, происходящие при работе сварочной электронной пушки</p> <p>осуществлять выбор необходимых параметров электронного луча (на примере разверток) для получения требуемого формирования сварных швов</p> <p>осуществлять расчет режимов ЭЛС и оценивать геометрические параметры сварного шва</p>	
ПК-23	ПК-23(Компетенция)	<p>Знать:</p> <p>основные виды лазерного оборудования, используемого при</p>	<p>Лабораторная работа № 1. Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ) (Лабораторная работа)</p> <p>Коллоквиум № 2. "Оборудование, применяемое для лазерной обработки материалов" (Коллоквиум)</p>

		<p>реализации процессов наплавки/сварки/резки, широко применяемых в энергомашиностроении</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять расчет и подбор элементов вакуумной системы электронно-лучевой установки</p> <p>выбирать оптимальный режим ЭЛС на технологическом комплексе</p> <p>производить подбор основного оборудования, необходимого для реализации основных процессов с использованием концентрированных источников энергии (лазерный луч), широко применяемых в энергомашиностроении</p>	<p>Контрольная работа. "Оборудование, применяемое для лазерной обработки материалов" (Контрольная работа)</p> <p>Лабораторная работа № 3. Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе (Лабораторная работа)</p>
--	--	---	--

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

### КМ-1. Коллоквиум № 1. "Технология ЭЛС"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает один вариант из трех, в каждом по 5 вопросов. Время проведения работы – 20 минут.

#### Краткое содержание задания:

Коллоквиум проводится на проверку знаний *по основам технологии электронно-лучевой сварки и термообработки*

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные параметры режима ЭЛС и их влияние на геометрию сварного шва, особенности технологии электронно-лучевой наплавки/сварки, широко применяемые в энергомашиностроении	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Как с помощью метода Зуева рассчитать режим сварки?</li><li>2. Какие особенности имеет наплавка при импульсном электронно-лучевом воздействии?</li><li>3. Какой диапазон плотностей мощности позволяет получить глубокое кинжальное проплавление на нержавеющей стали?</li><li>4. Какие особенности имеет наплавка при непрерывном электронно-лучевом воздействии?</li><li>5. Какое влияние оказывает ток фокусирующей магнитной линзы в процессе сварки?</li></ol>
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Если студент правильно выполнил практически все задания, но при этом мог допустить недочеты

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент правильно выполнил задания, но допустил при этом принципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент при выполнении заданий допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал менее 60% правильных ответов

### КМ-2. Лабораторная работа № 1. Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ)

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа



### Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа выполняется в лаборатории электронно-лучевой обработки под контролем преподавателя. После проведения экспериментальной части лабораторной работы, студенты дома готовят отчеты в соответствии с бланками. Защита лабораторной работы проводится индивидуально в виде устной беседы во время аудиторных (лабораторных) занятий.

### Краткое содержание задания:

1. Составить схему вакуумной системы электронно-лучевой сварочной установки АЭЛТК-344-12 с описанием входящих в нее элементов.
2. Описать порядок действий при откачке вакуумной камеры до рабочего давления и порядок действий при ее открытии после проведения технологического процесса.
3. Произвести откачку вакуумной камеры до рабочего давления и фиксируя давление в вакуумной камере через каждые 30 с.
4. Построить зависимость давления от времени при откачке камеры и представить ее графическое отображение в координатах  $\lg P(t)$ .
5. Зафиксировать изменение давления от времени при натекании в вакуумную камеру и представить графическое отображение в координатах  $\lg P(t)$ .
6. Сделать выводы
7. Подготовить отчет о проведенной работе.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности вакуумной системы электронно-лучевой установки	1. Какое рабочее давление в технологической вакуумной камере для ЭЛС? 2. Каков принцип работы диффузионного вакуумного насоса? 3. От чего зависит диаметр трубопроводов вакуумной системы?
Уметь: осуществлять расчет и подбор элементов вакуумной системы электронно-лучевой установки	1. Опишите последовательность действий для откачки вакуумной камеры до форвакуумного давления 2. Опишите последовательность действий для откачки вакуумной камеры с форвакуумного до рабочего давления 3. Объясните ход кривой давления от времени при откачке вакуумной камеры до рабочего давления

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-3. Коллоквиум № 2. "Оборудование, применяемое для лазерной обработки материалов"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает один вариант из трех, в каждом по 5 вопросов. Время проведения работы – 20 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Коллоквиум проводится на проверку знаний существующих видов оборудования, применяющегося для лазерной обработки материалов, и его особенностей

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные виды лазерного оборудования, используемого при реализации процессов наплавки/сварки/резки, широко применяемых в энергомашиностроении	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Какие особенности имеют активные элементы из стекла с Nd?</li><li>2.Смесь каких газов используется при работе газового СО2-лазера?</li><li>3.В чем состоит принцип работы волоконного лазера?</li><li>4.В чем состоит принцип работы твердотельного лазера (АИГ:Nd)</li><li>5.Что представляет собой оптический резонатор и для чего он служит?</li></ol>
--	---

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Если студент правильно выполнил практически все задания, но при этом мог допустить недочеты

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент правильно выполнил задания, но допустил при этом непринципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент правильно выполнил 60% заданий (верно ответил на любые 3 вопроса), а при выполнении остальных заданий допустил существенные и даже грубые ошибки

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал менее 60% правильных ответов

### **КМ-4. Контрольная работа. "Оборудование, применяемое для лазерной обработки материалов"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает билет, содержащий 3 практических вопроса (на проверку умений). Время ответа на билет - 2 часа.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа "Оборудование, применяемое для лазерной обработки материалов" проводится для проверки умений по третьему разделу курса: "Оборудование, применяемое для лазерной обработки материалов"

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: производить подбор основного оборудования, необходимого для реализации основных процессов с использованием концентрированных источников энергии (лазерный луч), широко применяемых в энергомашиностроении	1.Объяснить, где по отношению к резонатору необходимо располагать фокусирующую систему в мощных технологических газовых СО2-лазерах. Ответ обосновать 2.Предложить схему управления лазерным излучением, которую возможно использовать для обработки неподвижных крупногабаритных деталей 3.Провести сравнительный анализ достоинств и недостатков твердотельных, газовых СО2 и волоконных лазеров.
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если 2 вопроса из 3 раскрыты правильно, а в 3-м допущены незначительные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если студент дал верный ответ на 1 вопрос из 3, а на два другие пытался ответить, но допустил серьезные ошибки

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если студент вообще не решил ни одной задачи или пытался решить их, но при решении допустил грубые ошибки.

**КМ-5. Лабораторная работа № 2. Особенности работы сварочной электронной пушки**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа выполняется в лаборатории электронно-лучевой обработки под контролем преподавателя. После проведения экспериментальной части лабораторной работы, студенты дома готовят отчеты в соответствии с бланками. Защит лабораторной работы проводится индивидуально в виде устной беседы во время аудиторных (лабораторных) занятий.

**Краткое содержание задания:**

1. Привести чертеж электронной пушки, описать назначение основных элементов.
2. Привести отдельный чертеж катодного узла, описать принцип генерации электронного пучка.
3. Описать способы регулирования мощности луча: в диодном и триодном режиме.
4. Снять фактические значения тока луча и тока уставки, запирающего напряжения, ускоряющего напряжения и различных значений мощности подогрева катода: 10, 20, 30 Вт (или тока бомбардировки: 10, 20, 30 мА - в зависимости от используемого оборудования).
5. Построить графическую зависимость тока луча от запирающего напряжения при различных мощностях подогрева (токах бомбардировки).
6. Сделать выводы и подготовить отчет о проведенной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: особенности работы сварочной электронной пушки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каково предназначение фокусирующей магнитной линзы?</li> <li>2. Как отводится тепло от катодного узла во время работы пушки?</li> <li>3. В чем отличие сварочных пушек малой мощности от сварочных пушек большой мощности?</li> </ol>
Уметь: объяснять процессы, происходящие при работе сварочной электронной пушки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объяснить полученную зависимость тока луча от запирающего напряжения при различных мощностях подогрева (токах бомбардировки)</li> <li>2. Объяснить, как происходит регулирование мощности электронного луча в триодном режиме</li> <li>3. Объяснить, как происходит генерация излучения в сварочной электронной пушке</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 60**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 50**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено**Оценка: 2**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено***КМ-6. Лабораторная работа № 3. Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе****Формы реализации:** Устная форма**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

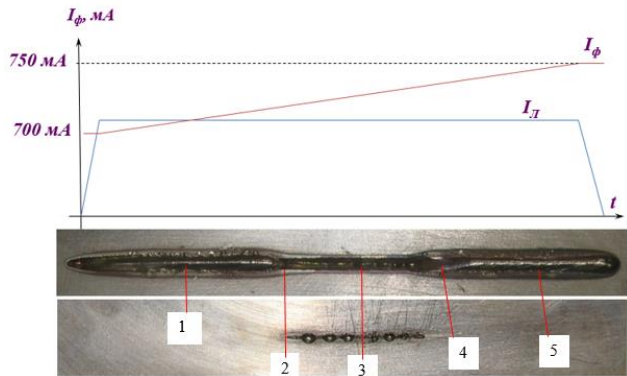

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа выполняется в лаборатории электронно-лучевой обработки под контролем преподавателя. После проведения экспериментальной части лабораторной работы, студенты дома готовят отчеты в соответствии с бланками. Защит лабораторной работы проводится индивидуально в виде устной беседы во время аудиторных (лабораторных) занятий

**Краткое содержание задания:**

1. Привести параметры электронного пучка и описать их влияние на формирование сварного соединения в непрерывном и импульсном режимах.
2. Для заданных параметров (ускоряющее напряжение, скорость сварки, толщина изделия, диаметр пятна нагрева) теоретически определить ток пучка, необходимого для уверенного сквозного проплавления пластины.
3. Последовательно описать методику определения рабочего режима для сварки изделий на конкретном примере.
4. Определить начальные значения тока луча и тока фокусировки.
5. Провести эксперимент по определению тока электронного луча.
6. Провести эксперимент по определению тока фокусировки.
7. При необходимости провести эксперимент по корректировке тока электронного луча.
8. Сделать выводы и подготовить отчет о проведенной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: особенности выбора оптимального режима ЭЛС на технологическом комплексе	<b>1.Оптимальное положение фокуса находится:</b>	
	А	на поверхности свариваемых деталей
	Б	ниже положения свариваемых деталей (за пределами детали)
	В	выше поверхности свариваемых деталей
	Г	по середине толщины свариваемых деталей
	Правильный ответ: Г	
	<b>2.Что такое средняя ширина сварного шва <math>W_{ср}</math>:</b>	
	А	ширина шва на половине глубины
	Б	ширина шва на глубине $1/e$
	В	отношение площади проплавления F к глубине шва H
	Г	разность между шириной шва в верхней части и шириной шва в нижней части, деленная пополам
	Правильный ответ: В	
	<b>3.Какие параметры влияют на глубину проплавления:</b>	
	А	давление в вакуумной камере
	Б	ускоряющее напряжение $U_{уск}$
	В	ток электронного луча $I_l$
	Г	ток фокусировки $I_f$
	Д	скорость сварки $V_{св}$
	Правильный ответ: Б, В, Г, Д	
	<b>4.Оптимальный ток луча при экспериментальном определении режима сварки определяется:</b>	
	А	в середине участка точечного сквозного проплавления
	Б	в середине участка полного сквозного проплавления
	В	в точке перехода от точечного сквозного

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="735 147 783 219"></td> <td data-bbox="783 147 1476 219">проплавления к стабильному сквозному проплавлению</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 219 783 286">Г</td> <td data-bbox="783 219 1476 286">в точке перехода от неполного проплавления к точечному сквозному проплавлению</td> </tr> </table>		проплавления к стабильному сквозному проплавлению	Г	в точке перехода от неполного проплавления к точечному сквозному проплавлению
	проплавления к стабильному сквозному проплавлению				
Г	в точке перехода от неполного проплавления к точечному сквозному проплавлению				
<p>Уметь: выбирать оптимальный режим ЭЛС на технологическом комплексе</p>	<p>Правильный ответ: В</p>  <p>1. Указать точку, по которой определяется оптимальный ток фокусировки. Свой ответ объяснить</p> <p>2. Определите коэффициент формы шва. Площадь проплавления <math>F_{пр}=40 \text{ мм}^2</math>, высота шва <math>H=20 \text{ мм}</math>.</p>  <p>3. Объяснить влияние тока луча на глубину проплавления</p>				

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### КМ-7. Коллоквиум № 3. "Основы технологии лазерной обработки материалов"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает один вариант из трех, в каждом по 5 вопросов. Время проведения работы – 20 минут.

#### Краткое содержание задания:

Коллоквиум проводится для проверки знаний по разделу: "Основы технологии лазерной обработки материалов"

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные технологии лазерной наплавки/сварки/резки, широко применяемые в энергомашиностроении	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Объяснить, почему лазерное излучение можно использовать для технологических целей?</li><li>2.При каких плотностях мощности процесс лазерной сварки идет без интенсивного испарения (указать формулу)</li><li>3.Можно ли использовать волоконный лазер мощностью 5 кВт для резки углеродистой стали толщиной 3 мм?</li><li>4.Как происходит взаимодействие лазерного луча с металлом?</li><li>5.Как выполняется лазерная наплавка импульсным лазерным излучением?</li></ol>
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Если студент правильно выполнил практически все задания, но при этом мог допустить недочеты

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Студент правильно выполнил задания, но допустил при этом непринципиальные ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент правильно выполнил 60% заданий (верно ответил на любые 3 вопроса), а при выполнении остальных заданий допустил существенные и даже грубые ошибки

Оценка: 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если студент дал менее 60% верных ответов

### **КМ-8. Контрольная работа. "Основы технологии лазерной обработки материалов"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает билет, содержащий 3 практических вопроса (на проверку умений). Время ответа на билет - 2 часа.

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольная работа «Основы технологии лазерной обработки материалов проводится для проверки умений по четвертому разделу курса: “Основы технологии лазерной обработки материалов”

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: осуществлять подбор режимов для реализации основных процессов с использованием концентрированных источников энергии (лазерный луч), широко применяемых в энергомашиностроении	1. Определить мощность и энергию импульсов излучения N2-лазера при длительности $\tau=10^{-8}$ с, необходимые для достижения плотности мощности излучения в фокусе $q_0=10^7$ Вт/см <sup>2</sup> , если расходимость пучка 1 мрад, а фокусное расстояние оптической системы 3 см 2. Определить зависимость от времени температуры тонкой пластины, нагреваемой излучением равномерно по объему, если мощность излучения зависит от времени $P=P(t)$ , коэффициент отражения пластины R, а начальная температура пластины $T_0$ 3. Найти мощность излучения, падающего на поверхность, если облученная область имеет вид круга радиуса $r_0$ и плотность мощности излучения в ней распределена по закону $q = q(\rho, \phi)$ , где $\rho, \phi$ – полярные координаты в плоскости поверхности. $P = k\sqrt{t}$ . Оценить, как будет меняться мощность излучения, падающего на поверхность, при изменении распределения плотности мощности в облученной области того же радиуса
--	---

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если 2 вопроса из 3 раскрыты правильно, а в 3-м допущены незначительные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*



*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если студент дал верный ответ на 1 вопрос из 3, а на два другие пытался ответить, но допустил серьезные ошибки

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если студент вообще не решил ни одной задачи или пытался решить их, но при решении допустил грубые ошибки.

### **КМ-9. Лабораторная работа № 4. Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа выполняется в лаборатории электронно-лучевой обработки под контролем преподавателя. После проведения экспериментальной части лабораторной работы, студенты дома готовят отчеты в соответствии с бланками. Защит лабораторной работы проводится индивидуально в виде устной беседы во время аудиторных (лабораторных) занятий.

#### **Краткое содержание задания:**

1. Описать цели применения разверток электронного луча при сварке
2. Привести осциллограммы токов и траектории электронного луча для разверток типа «пила», «прямая», «кольцо»
3. Провести проплавление алюминиевой пластины АМГЗ толщиной  $H = 12$  мм различными развертками.
4. Привести макрошлифы сварных швов полученных с применением разверток.
5. Определить погонную энергию и термический КПД. Определить параметры сварных швов: глубину проплавления, среднюю ширину, площадь.
6. Сравнить между собой параметры сварных швов, полученные при использовании различных разверток.
7. Сделать выводы и подготовить отчет о проведенной работе.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: влияние параметров электронного луча (развертки) на формирование сварных швов

##### **1. Развертка электронного луча применяется для:**

А	многолучевой сварки
Б	устранения корневой пилы
В	легирования металла шва
Г	увеличения термического КПД

Правильный ответ: А, Б

##### **2. Для влияния на перенос жидкого металла в канале проплавления используют:**

А	пилообразный тип развертки
Б	высокие частоты развертки
В	низкие частоты развертки
Г	эллиптические развертки

Правильный ответ: А, В

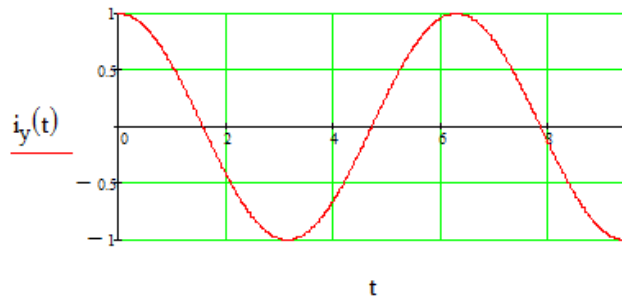
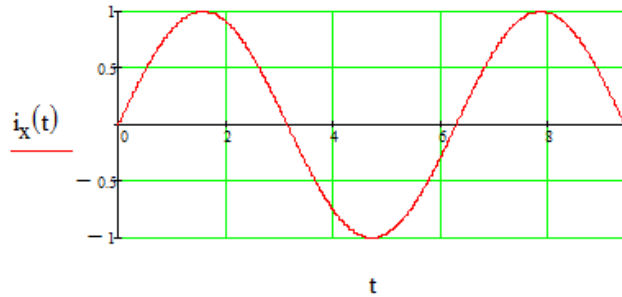
##### **3. Распределения эффективной мощности аксиального электронного пучка по радиусу подчиняется закону:**

А	нормального распределения вероятностей
Б	Ньютона
В	Бойля-Мариотта
Г	распределения Пуассона

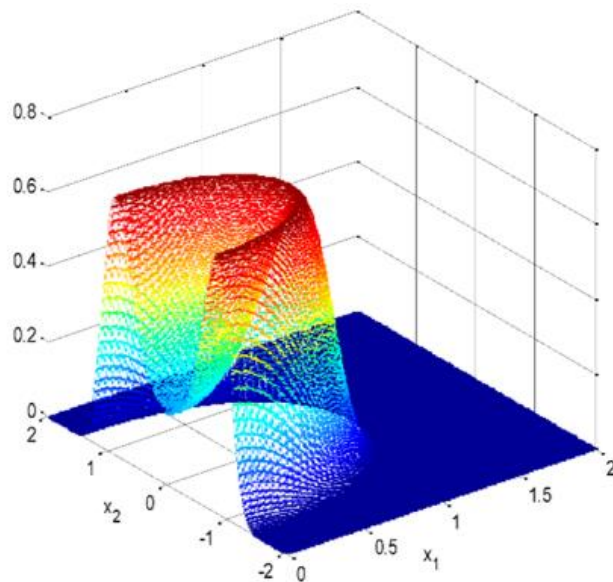
Правильный ответ: А

Уметь: осуществлять выбор необходимых параметров электронного луча (на примере разверток) для получения требуемого формирования сварных швов

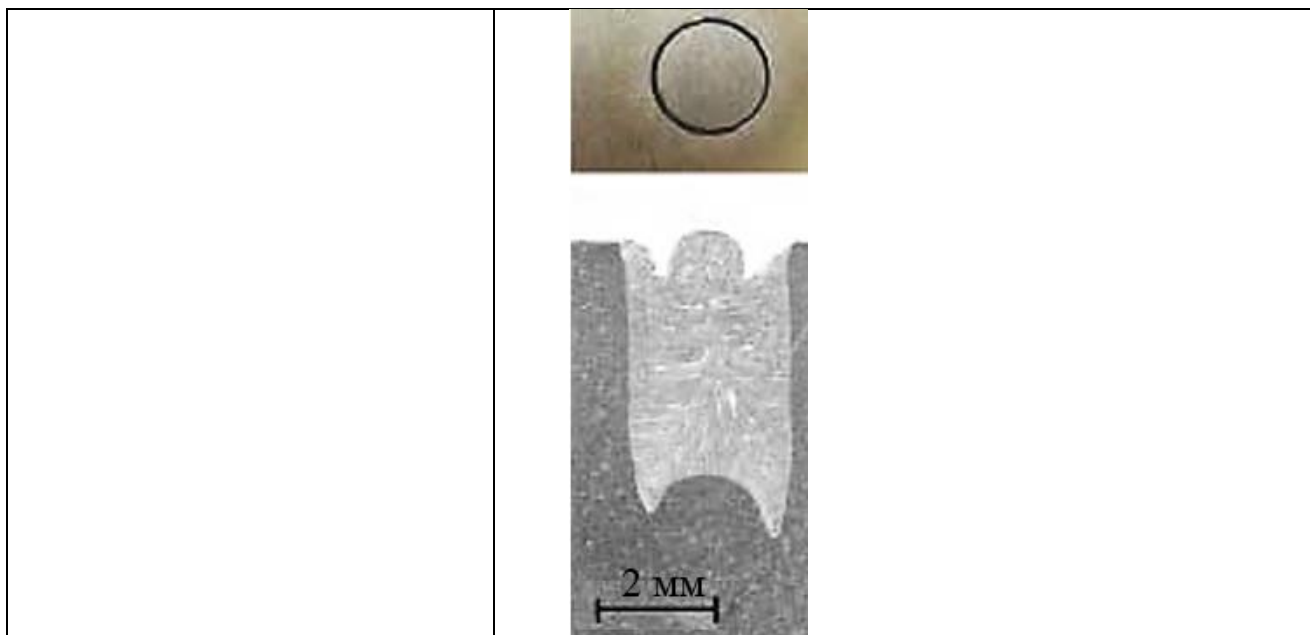
1. Укажите тип развертки, формируемый в отклоняющей системе в следующих случаях:



2. Определить тип развертки, для которого характерно подобное распределение плотности мощности:



3. Определить амплитуду развертки:



**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-10. Расчетно-графическая работа (РГР) "Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва"**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Производится проверка правильности решения индивидуального задания, состоящего в определении режимов ЭЛС и параметров сварного шва с использованием двух методик и сравнении полученных результатов. Типовые ошибки разбираются при проведении аудиторных занятий

**Краткое содержание задания:**

Применительно к полученным индивидуальным исходным данным:

1. Используя справочную литературу определить требуемые для проведения расчета теплофизические параметры материала: составить таблицу данных со ссылкой на используемые источники.
2. Объяснить выбор значений диаметра электронного луча, термического и эффективного КПД.
2. Определить ток электронного луча и ширину сварного шва используя методику основанную на энергетическом балансе (методика Зуева И.В.) и методику основанную на равновесии давления паров в парогазовом канале (методика Терентьева Е.В.).
3. Объяснить разницу результатов, полученных по двум методикам.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: осуществлять расчет режимов ЭЛС и оценивать геометрические параметры сварного шва</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Объясните зависимость термического КПД от скорости сварки при ЭЛС</li> <li>2.Объясните зависимость термического КПД от теплофизических свойств материала при ЭЛС</li> <li>3.Объяснить, как и почему изменяется требуемое значение тока электронного луча для получения заданной глубины проплавления от скорости сварки?</li> </ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Особенности формирования сварных соединений в различных пространственных положениях: ЭЛС вертикальным и горизонтальным лучом.
2. Лазерная наплавка: особенности процесса, способы подачи наплавляемого материала в зону обработки; основные виды наплавляемых материалов

### Процедура проведения

Экзаменационные билеты содержат два теоретических вопроса. В течение не более 45 минут студент готовит письменный ответ на поставленные в билете вопросы. После этого происходит сдача экзамена преподавателю в форме устной беседы. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы по любой теме в рамках курса.

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

#### **1. Компетенция/Индикатор:** ОПК-4(Компетенция)

#### **Вопросы, задания**

1. Формирование зоны обработки в зависимости от концентрации плотности мощности в электронном луче. Условия формирования глубокого проплавления
2. Силы, действующие на жидкий металл сварочной ванны. Баланс сил в канале проплавления. Сравнение ЭЛС горизонтальным и вертикальным лучом
3. Принцип действия лазера. Генерация лазерного излучения
4. Энергетические характеристики электронного луча: мощность, эффективная мощность, плотность мощности, распределение плотности мощности, погонная энергия
5. Особенности ЭЛС изделий большой толщины, типы сварных соединений. Технологические приемы: сварка наклонным лучом, двусторонняя ЭЛС, двумя электронными лучами, в узкую разделку
6. Упрочнение материалов импульсным лазерным излучением
7. Упрочнение материалов непрерывным лазерным излучением
8. Лазерное излучение и его свойства. Взаимодействие лазерного излучения с материалами. Термическое воздействие лазерного излучения на материал

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

##### **1. Переход режима сварки к «кинжальному» проплавлению зависит от:**

Ответы:

- а) скорости сварки;
- б) давления в вакуумной камере;
- в) плотности мощности;
- г) температуропроводности материала

Верный ответ: в)

##### **2. Развертка электронного луча создается с помощью:**

Ответы:

- а) управляющего электрода;

- б) отклоняющей магнитной системы;
- в) фокусирующей магнитной системы;
- г) всех перечисленных воздействий

Верный ответ: б)

### 3. В каком случае при электронно-лучевой сварке возможно получение кинжального проплавления?

Ответы:

- а) Если плотность мощности электронного пучка не превышает  $10^8$  Вт/м<sup>2</sup>
- б) Если плотность мощности электронного пучка превышает величину  $5 \cdot 10^9$  Вт/м<sup>2</sup>
- в) Если скорость ввода энергии в материал значительно меньше скорости ее отвода за счет теплопроводности
- г) Если скорость ввода энергии в материал значительно больше скорости ее отвода за счет теплопроводности

Верный ответ: б), г)

### 4. Роль вакуума при ЭЛС

Ответы:

- а) для увеличения ускоряющего напряжения
- б) для увеличения скорости сварки
- в) для обеспечения свободного движения электронов от катода к поверхности обрабатываемого материала
- г) для защиты металла шва

Верный ответ: в), г)

### 5. Основным показателем, определяющим эффективность поглощения лазерного излучения металлами, является:

Ответы:

- а) состояние обрабатываемой поверхности;
- б) мощность лазерного луча;
- в) теплопроводность обрабатываемого материала;
- г) температуропроводность обрабатываемого материала

Верный ответ: а)

### 6. Как увеличить поглощательную способность материала при лазерной обработке?

Ответы:

- а) нанести зачерняющее покрытие на поверхность обрабатываемого материала
- б) нанести светлую краску на поверхность обрабатываемого материала
- в) увеличить шероховатость обрабатываемой поверхности
- г) использовать специальные зеркала

Верный ответ: а), в)

### 7. Что характеризует закон Бугера-Ламберта?

Ответы:

- а) изменение скорости воздействия лазерного излучения на обрабатываемый материал
- б) ослабление интенсивности падающего лазерного излучения по глубине
- в) изменение положения фокуса в процессе лазерной обработки
- г) изменение теплофизических свойств обрабатываемого материала

Верный ответ: б)

## 2. Компетенция/Индикатор: ПК-23(Компетенция)

### Вопросы, задания

1. Классификация методов лазерной обработки материалов
2. Технология выполнения разомкнутых и замкнутых швов. Типы сварных стыков, выполняемых ЭЛС, требования к сборке

## **Материалы для проверки остаточных знаний**

**1. Толщина поверхностного слоя металла, в котором происходит полная потеря энергии электрона зависит от:**

Ответы:

- а) скорости сварки;
- б) тока электронного луча;
- в) тока фокусирующей магнитной линзы;
- г) ускоряющего напряжения

Верный ответ: г)

**2. Термический КПД при увеличении скорости сварки:**

Ответы:

- а) уменьшается;
- б) увеличивается;
- в) влияние зависит от типа материала;
- г) не изменяется

Верный ответ: б)

**3. Какой источник энергии имеет максимальную плотность энергии?**

Ответы:

- а) лазерный луч
- б) электронный луч
- в) электрическая дуга
- г) газовое пламя

Верный ответ: а)

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве не менее 70% от общего числа*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве не менее 60%, но не более 70% от общего числа*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве не менее 50%, но не более 60% от общего числа*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве менее 50%*

## **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