

**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  
Технология обработки материалов КПЭ**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Слива А.П.
	Идентификатор	Rd14f2921-SlivaAP-7cf5126d

А.П. Слива

## 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-11 способностью обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Основы обработки материалов КПЭ. Особенности обработки материалов электронным лучом (Тестирование)
2. Свариваемость материалов (Тестирование)
3. Технологические особенности и оборудование обработки материалов электронным лучом (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва (Лабораторная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ) (Лабораторная работа)
2. Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов (Лабораторная работа)
3. Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе (Лабораторная работа)
4. Особенности работы сварочной электронной пушки (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %								
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8

	Срок КМ:	4	12	8	10	12	14	16	16
Основные понятия и определения									
Основные понятия и определения									
Источники энергии термических процессов									
Оборудование для Электронно-лучевой обработки									
Оборудование для Электронно-лучевой обработки									
Технология электроннолучевой обработки									
Основные параметры ЭЛС									
Технологические особенности ЭЛС									
Свариваемость материалов									
Технологическая прочность металлов при сварке									
Вес КМ:		10	10	15	15	10	15	15	10

8 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %
	Индекс КМ:
	Срок КМ:
Вес КМ:	

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

**БРС курсовой работы/проекта**

8 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Анализ конструкции, выбор/обоснование применяемых материалов		+			
Выбор/обоснование применяемых методов/технологий			+		
Разработка общей технологической карты, расчет/определение технологических параметров обработки для каждой операции				+	
Разработка специализированной оснастки/оборудования					+
Выбор стандартного оборудования					+
Вес КМ:		15	15	40	30

## 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)	<p>Знать:</p> <p>особенности формирования сварных соединений и технологические приемы ЭЛС изделий различной толщины в различных пространственных положениях</p> <p>принципы генерации и управления параметрами электронного луча</p> <p>Уметь:</p> <p>производить предварительный расчет режима ЭЛС и корректировку режима на технологическом комплексе</p>	<p>Основы обработки материалов КПЭ. Особенности обработки материалов электронным лучом (Тестирование)</p> <p>Технологические особенности и оборудование обработки материалов электронным лучом (Тестирование)</p> <p>Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ) (Лабораторная работа)</p> <p>Особенности работы сварочной электронной пушки (Лабораторная работа)</p> <p>Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва (Лабораторная работа)</p> <p>Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе (Лабораторная работа)</p> <p>Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов (Лабораторная работа)</p>
ПК-11	ПК-11(Компетенция)	<p>Знать:</p> <p>причины и механизмы образования технологических дефектов при обработке материалов КПЭ и методы повышения</p>	<p>Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ) (Лабораторная работа)</p> <p>Свариваемость материалов (Тестирование)</p>

		<p>качества сварных соединений расчетные и экспериментальные методы оценки сопротивляемости металла сварных соединений образованию холодных и горячих трещин Уметь: производить подготовку к работе технологического комплекса для обработки материалов электронным лучом</p>	
--	--	---	--

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

### КМ-1. Основы обработки материалов КПЭ. Особенности обработки материалов электронным лучом

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится во время аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 15 минут. Работа выполняется индивидуально по вариантам заданий

#### Краткое содержание задания:

Сформулируйте ответ на поставленный вопрос или выберите правильные ответы из предложенных вариантов

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: особенности формирования сварных соединений и технологические приемы ЭЛС изделий различной толщины в различных пространственных положениях</p>	<p><b>1. Дайте определение термину ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС (ГОСТ 3.1109-82)</b></p> <p><b>Правильный ответ:</b> Часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда</p> <p><b>2. Дайте определение термину КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОТОКИ ЭНЕРГИИ (КПЭ)</b></p> <p><b>Правильный ответ:</b> Средства, применяемые для термического воздействия на материалы, в целях проведения технологических операций: сварка, термическая обработка, резка, скрайбирование, размерная обработка, напыление, наплавка, модифицирование поверхности, аддитивное производство и др.</p> <p><b>3. К высококонцентрированным источникам КПЭ (позволяющим получать «кинжальное» проплавление) относятся:</b></p> <table border="1" data-bbox="735 1671 1066 1814"><tr><td>А</td><td>Электрическая дуга</td></tr><tr><td>Б</td><td>Плазма</td></tr><tr><td>В</td><td>Газовое пламя</td></tr><tr><td>Г</td><td>Искровой разряд</td></tr></table> <p><b>Правильный ответ:</b> Б</p> <p><b>4. Что является физическим носителем энергии в ЭЛЕКТРОННОМ ЛУЧЕ</b></p> <table border="1" data-bbox="735 1957 1302 2060"><tr><td>А</td><td>Электрический ток, излучение плазмы</td></tr><tr><td>Б</td><td>Поток ионизированных частиц</td></tr><tr><td>В</td><td>Поток электронов</td></tr></table>	А	Электрическая дуга	Б	Плазма	В	Газовое пламя	Г	Искровой разряд	А	Электрический ток, излучение плазмы	Б	Поток ионизированных частиц	В	Поток электронов
А	Электрическая дуга														
Б	Плазма														
В	Газовое пламя														
Г	Искровой разряд														
А	Электрический ток, излучение плазмы														
Б	Поток ионизированных частиц														
В	Поток электронов														

	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">Г</td> <td style="text-align: center;">Поток фотонов</td> </tr> </table> <p>Правильный ответ: В</p> <p><b>5. Запишите закон распределения эффективной мощности аксиального электронного пучка по радиусу пятна нагрева.</b></p> <p><b>Правильный ответ:</b>  <math>q\Phi(r) = q2m \times e</math></p>	Г	Поток фотонов
Г	Поток фотонов		

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 2*

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

**КМ-2. Технологические особенности и оборудование обработки материалов электронным лучом**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится во время аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 15 минут. Работа выполняется индивидуально по вариантам заданий

**Краткое содержание задания:**

Сформулируйте ответ на поставленный вопрос или выберите правильные ответы из предложенных вариантов

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: особенности формирования сварных соединений и технологические приемы ЭЛС изделий различной толщины в различных пространственных положениях</p>	<p><b>1. Развертка электронного луча по круговой траектории:</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">А</td> <td>Приводит к увеличению глубины проплавления</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Б</td> <td>Снизит плотность мощности в пятне нагрева</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">В</td> <td>Увеличивает радиус кривизны корня канала проплавления</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Г</td> <td>Уменьшает ширину шва</td> </tr> </table> <p>Правильный ответ: Б, В</p>	А	Приводит к увеличению глубины проплавления	Б	Снизит плотность мощности в пятне нагрева	В	Увеличивает радиус кривизны корня канала проплавления	Г	Уменьшает ширину шва
А	Приводит к увеличению глубины проплавления								
Б	Снизит плотность мощности в пятне нагрева								
В	Увеличивает радиус кривизны корня канала проплавления								
Г	Уменьшает ширину шва								



	<p><b>2. При ЭЛС вертикальным швом со свободным формированием:</b></p> <table border="1" data-bbox="735 226 1481 398"> <tr> <td>А</td> <td>Происходит колебание глубины проплавления</td> </tr> <tr> <td>Б</td> <td>Благоприятные условия для дегазации металла шва</td> </tr> <tr> <td>В</td> <td>Гидростатическое давление не имеет влияния на формирование канала проплавления</td> </tr> <tr> <td>Г</td> <td>Возникает вероятность вытекания металла шва</td> </tr> </table> <p>Правильный ответ: Б, В, Г</p>	А	Происходит колебание глубины проплавления	Б	Благоприятные условия для дегазации металла шва	В	Гидростатическое давление не имеет влияния на формирование канала проплавления	Г	Возникает вероятность вытекания металла шва
А	Происходит колебание глубины проплавления								
Б	Благоприятные условия для дегазации металла шва								
В	Гидростатическое давление не имеет влияния на формирование канала проплавления								
Г	Возникает вероятность вытекания металла шва								
<p>Знать: принципы генерации и управления параметрами электронного луча</p>	<p><b>1. Энергетический комплекс (энергоблок) технологической ЭЛУ это...</b></p> <p><b>Правильный ответ:</b> это аппаратура, предназначенная непосредственно для формирования пучка электронов с заданными параметрами, управления его интенсивностью и положением в пространстве, к нему относятся: <i>электронная пушка, высоковольтный источник питания и система управления параметрами электронного пучка</i></p> <p><b>2. К электромеханическому комплексу технологической ЭЛУ относится:</b></p> <table border="1" data-bbox="735 913 1259 1055"> <tr> <td>А</td> <td>Вакуумная камера</td> </tr> <tr> <td>Б</td> <td>Систему позиционирования детали</td> </tr> <tr> <td>В</td> <td>Электронная пушка</td> </tr> <tr> <td>Г</td> <td>Система наблюдения</td> </tr> </table> <p>Правильный ответ: А, Б, Г</p>	А	Вакуумная камера	Б	Систему позиционирования детали	В	Электронная пушка	Г	Система наблюдения
А	Вакуумная камера								
Б	Систему позиционирования детали								
В	Электронная пушка								
Г	Система наблюдения								

**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. Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ)**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**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. 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: принципы генерации и управления параметрами электронного луча	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какое рабочее давление в технологической вакуумной камере для ЭЛС</li> <li>2. Каков принцип работы диффузионного вакуумного насоса</li> <li>3. От чего зависит диаметр трубопроводов вакуумной системы</li> </ol>
Уметь: производить подготовку к работе технологического комплекса для обработки материалов электронным лучом	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите последовательность действий для откачки вакуумной камеры до форвакуумного давления</li> <li>2. Опишите последовательность действий для откачки вакуумной камеры с форвакуумного до рабочего давления</li> <li>3. Объясните ход кривой давления от времени при откачке вакуумной камеры до рабочего давления</li> <li>4. Объясните ход кривой давления от времени при отсутствии откачки</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

#### КМ-4. Особенности работы сварочной электронной пушки

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**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 ток 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: принципы генерации и управления параметрами электронного луча

##### 1. Какой тип эмиссии имеет место в электронно-лучевых сварочных пушках

А	автоэмиссия
Б	термоэмиссия
В	фотоэмиссия
Г	вторичная эмиссия

Правильный ответ: Б

##### 2. Напряжение бомбардировки приложено между:

А	основным катодом и управляющим электродом
Б	основным катодом и анодом
В	управляющим электродом и анодом
Г	вспомогательным катодом и основным катодом

Правильный ответ: Г

##### 3. Ток электронного луча в триодных электронных пушках регулируется

А	температурой катода
Б	током накала
В	ускоряющим напряжением
Г	потенциалом на управляющем электроде

Правильный ответ: Г

##### 4. При каком потенциале управляющего электрода относительно катода электронная пушка

	<p align="center"><b>«полностью открыта»</b></p> <table border="1"> <tr> <td>А</td> <td>0 кВ</td> </tr> <tr> <td>Б</td> <td>-1 кВ</td> </tr> <tr> <td>В</td> <td>- 4 кВ</td> </tr> <tr> <td>Г</td> <td>- 60 кВ</td> </tr> </table> <p align="center">Правильный ответ: А</p>	А	0 кВ	Б	-1 кВ	В	- 4 кВ	Г	- 60 кВ
А	0 кВ								
Б	-1 кВ								
В	- 4 кВ								
Г	- 60 кВ								

**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-5. Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная 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 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:**

Уметь: производить предварительный расчет режима ЭЛС и корректировку режима на	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Объясните зависимость термического КПД от скорости сварки при ЭЛС</li> <li>2.Объясните зависимость термического КПД</li> </ol>
--	---

технологическом комплексе	теплофизических свойств материала при ЭЛС 3. Как изменяется требуемое значение тока электронного луча для получения заданной глубины проплавления от скорости сварки
---------------------------	---

**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-6. Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**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:**

Уметь: производить предварительный расчет режима ЭЛС и корректировку режима на	<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

**2. Что такое средняя ширина сварного шва  $W_{ср}$ :**

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

**3. Какие параметры влияют на глубину проплавления:**

А	давление в вакуумной камере
Б	ускоряющее напряжение $U_{уск}$
В	ток электронного луча $I_l$
Г	ток фокусировки $I_f$
Д	скорость сварки $V_{св}$

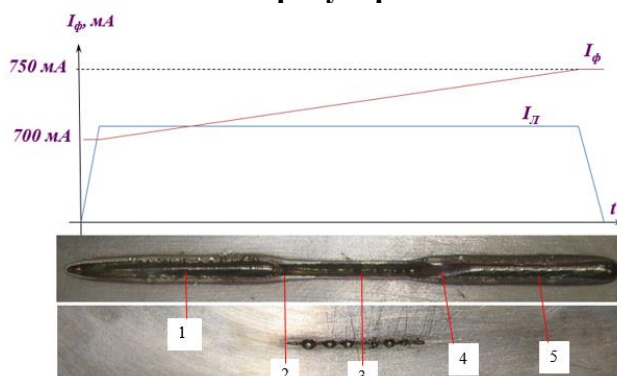
Правильный ответ: Б, В, Г, Д

**4. Оптимальный ток луча при экспериментальном определении режима сварки определяется:**

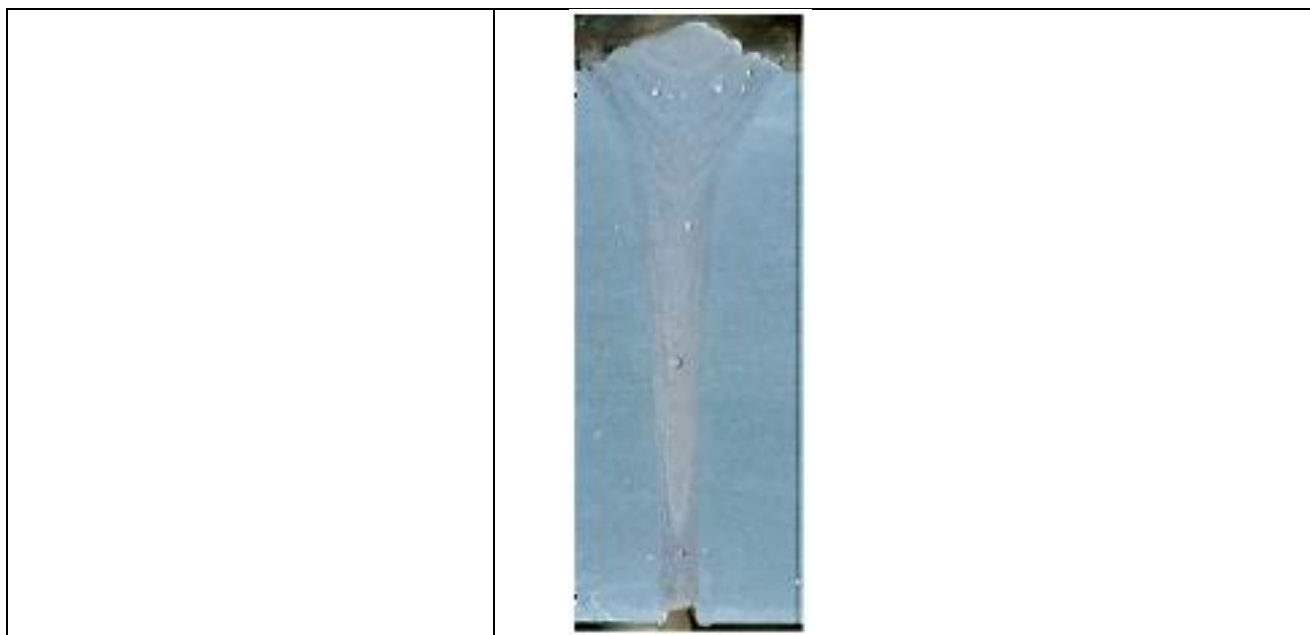
А	в середине участка точечного сквозного проплавления
Б	в середине участка полного сквозного проплавления
В	в точке перехода от точечного сквозного проплавления к стабильному сквозному проплавлению
Г	в точке перехода от неполного проплавления к точечному сквозному проплавлению

Правильный ответ: В

**5. Укажите точку по которой определяется оптимальный ток фокусировки.**



**6. Определите коэффициент формы шва. Площадь проплавления  $F_{пр}=40 \text{ мм}^2$ , высота шва  $H=20 \text{ мм}$ .**



**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. Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**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.

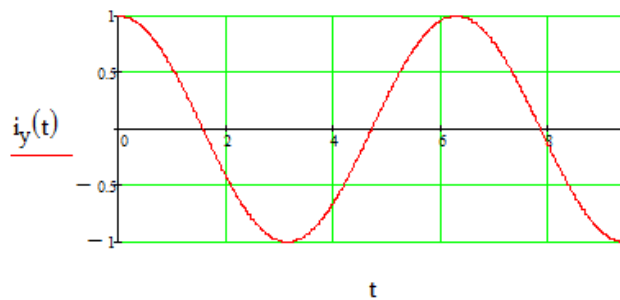
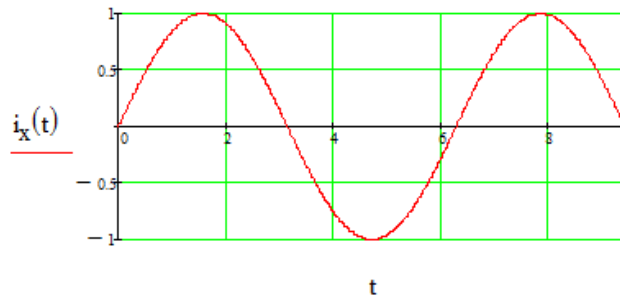
7. Сделать выводы и подготовить отчет о проведенной работе.

### Контрольные вопросы/задания:

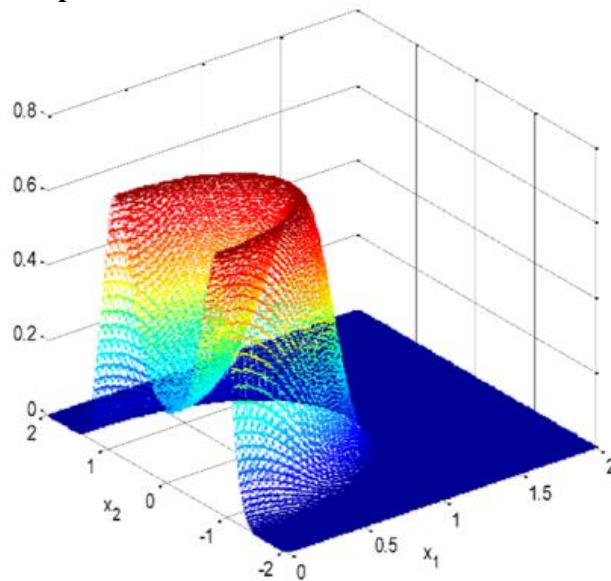
<p>Знать: особенности формирования сварных соединений и технологические приемы ЭЛС изделий различной толщины в различных пространственных положениях</p>	<p><b>1. Распределения эффективной мощности аксиального электронного пучка по радиусу подчиняется закону:</b></p> <table border="1" data-bbox="735 663 1347 801"><tr><td>А</td><td>нормального распределения вероятностей</td></tr><tr><td>Б</td><td>Ньютона</td></tr><tr><td>В</td><td>Бойля-Мариотта</td></tr><tr><td>Г</td><td>распределения Пуассона</td></tr></table> <p>Правильный ответ: А</p>	А	нормального распределения вероятностей	Б	Ньютона	В	Бойля-Мариотта	Г	распределения Пуассона								
А	нормального распределения вероятностей																
Б	Ньютона																
В	Бойля-Мариотта																
Г	распределения Пуассона																
<p>Уметь: производить предварительный расчет режима ЭЛС и корректировку режима на технологическом комплексе</p>	<p><b>1. Развертка электронного луча применяется для:</b></p> <table border="1" data-bbox="735 913 1209 1052"><tr><td>А</td><td>многолучевой сварки</td></tr><tr><td>Б</td><td>устранения корневой пилы</td></tr><tr><td>В</td><td>легирования металла шва</td></tr><tr><td>Г</td><td>увеличения термического КПД</td></tr></table> <p>Правильный ответ: А, Б</p> <p><b>2. Для влияния на перенос жидкого металла в канале проплавления используют:</b></p> <table border="1" data-bbox="735 1200 1182 1339"><tr><td>А</td><td>пилообразный тип развертки</td></tr><tr><td>Б</td><td>высокие частоты развертки</td></tr><tr><td>В</td><td>низкие частоты развертки</td></tr><tr><td>Г</td><td>эллиптические развертки</td></tr></table> <p>Правильный ответ: А, В</p> <p><b>3. Определите амплитуду развертки</b></p> 	А	многолучевой сварки	Б	устранения корневой пилы	В	легирования металла шва	Г	увеличения термического КПД	А	пилообразный тип развертки	Б	высокие частоты развертки	В	низкие частоты развертки	Г	эллиптические развертки
А	многолучевой сварки																
Б	устранения корневой пилы																
В	легирования металла шва																
Г	увеличения термического КПД																
А	пилообразный тип развертки																
Б	высокие частоты развертки																
В	низкие частоты развертки																
Г	эллиптические развертки																



4. Укажите тип развертки формируемый таким токами в отклоняющей системе



5. Для развертки какого типа характерно подобное распределение плотности мощности



**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-8. Свариваемость материалов

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится во время аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 15 минут. Работа выполняется индивидуально по вариантам заданий

#### Краткое содержание задания:

Сформулируйте ответ на поставленный вопрос или выберите правильные ответы из предложенных вариантов

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: причины и механизмы образования технологических дефектов при обработки материалов КПЭ и методы повышения качества сварных соединений

#### 1. К особенностям фазовых превращений относятся:

А	выделение или поглощением теплоты
Б	скачкообразное изменение свободной энергии
В	изменение атомно-кристаллического строения
Г	изменение формы и размеров фазы
Д	плавное изменение свободной энергии

Правильный ответ: А,Б,В

#### 2. Гетерогенная кристаллизация характеризуется:

А	эпитаксиальным ростом кристаллов
Б	значительной разностью удельных объемных свободных энергии жидкого и твердого состояний
В	небольшим переохлаждением ниже $T_{пл}$
Г	самопроизвольным образованием зародышей

Правильный ответ: А, В

#### 3. Микрохимическая неоднородность (МХН):

А	наблюдается на базе 1 мм или более
Б	наблюдается на базе 0.01...1 мм
В	характеризуется различным химическим составом периферийной и центральной его частей шва
Г	связан с различной растворимости химических элементов в жидкой и твердой фазах

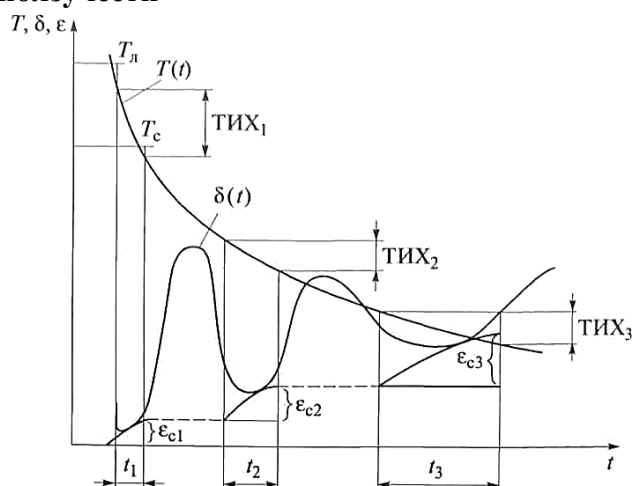
Правильный ответ: Б, Г

#### 4. Временные напряжения...

А	существуют в теле при отсутствии приложенных к нему внешних сил
Б	существуют в период выполнения технологической операции или протекания физического процесса
В	устойчиво сохраняются в течение длительного времени после выполнения технологической операции

Правильный ответ: Б

**5. К какому температурному интервалу хрупкости (ТИХ) относятся трещины высокотемпературной ползучести**



А	ТИХ1
Б	ТИХ2
В	ТИХ3
Г	трещины высокотемпературной ползучести не относятся к горячим трещинам

Правильный ответ: Б

Знать: расчетные и экспериментальные методы оценки сопротивляемости металла сварных соединений образованию холодных и горячих трещин

**1. Показателем сопротивляемости сварных швов образованию горячих трещин является:**

А	критическая скорость деформации
Б	скорость охлаждения металла
В	значение нижней температуры солидуса для данного СЦ
Г	критический темп деформации

Правильный ответ: А, Г

**2. Увеличение содержания углерода приводит к**

А	увеличению склонности к образованию холодных трещин
Б	уменьшению склонности к образованию холодных трещин
В	до некоторого содержания уменьшает вероятность образования холодных трещин, а затем увеличивает
Г	до некоторого содержания увеличивает вероятность образования холодных трещин, а затем уменьшает

Правильный ответ: А

**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

**Для курсового проекта/работы**

**8 семестр**

### ***I. Описание КП/КР***

Курсовой проект посвящен разработке технологии изготовления машиностроительных конструкций с применением КПЭ. КП должен включать следующие основные разделы: 1 Анализ конструкции, выбор/обоснование применяемых материалов 2 Выбор/обоснование применяемых методов/технологий 3 Разработка общей технологической карты, расчет/определение технологических параметров обработки для каждой операции 4 Разработка специализированной оснастки/оборудования 5 Выбор стандартного оборудования

### ***II. Примеры задания и темы работы***

Пример задания

Тема: Разработать технологию сварки электронно-лучевой сварки пакетов рабочих лопаток из стали 18X11МНФБ-Ш

1. Провести анализ конструкции сварного пакета рабочих лопаток турбины
2. Провести литературный обзор свариваемости стали 18X11МНФБ-Ш и обосновать выбор способа сварки
3. Провести расчет режимов ЭЛС для получения заданной глубины проплавления сварных стыков
4. Провести расчёт скоростей охлаждения сварного шва и зоны термического влияния. Обосновать выбор скорости сварки и необходимость и дополнительных технологических мероприятий.
5. Разработать оснастку и выбрать оборудование для ЭЛС.

**Тематика КП/КР:**

Разработать технологию сварки электронно-лучевой сварки пакетов рабочих лопаток из стали 18X11МНФБ-Ш

Разработка технологии электронно-лучевой сварки пайки элемента реактивного двигателя

Разработка технологии сварки корпуса сепаратора

Разработка технологии ЭЛС в целевую разделку высокоскоростных роторов

Разработка ремонтной технологии крупногабаритной титановой конструкции из сплава ВТ6ч методом электронно-лучевой наплавки проволоки

**КМ-1. Соблюдение графика выполнения КП**

**Описание шкалы оценивания**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание преимущественно выполнено или выполнено в полном объеме*

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено*

## **КМ-2. Соблюдение графика выполнения КП**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание преимущественно выполнено или выполнено в полном объеме*

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено*

## **КМ-3. Соблюдение графика выполнения КП**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание преимущественно выполнено или выполнено в полном объеме*

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено*

## **КМ-4. Качество оформления КП**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

**Пример билета**

Вопросы:

1. Термодинамическое определение сварки. Основные характеристики термических источников КПЭ.
2. Особенности формирования сварных соединений в различных пространственных положениях: ЭЛС вертикальным и горизонтальным швам.

**Процедура проведения**

Экзаменационные билеты должны содержать два теоретических вопроса. В течении не более 45 минут студент готовит письменный ответ на поставленные в билете вопросы. После чего 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. Источники энергии термических процессов. Концентрированные потоки энергии (КПЭ). Основные характеристики термических источников КПЭ.
2. Формирование зоны обработки в зависимости от концентрации плотности мощности в электронном луче. Условия формирования глубокого проплавления.
3. Силы, действующие на жидкий металл сварочной ванны. Баланс сил в канале проплавления. Сравнение ЭЛС горизонтальным и вертикальным лучом.
4. Конструкция сварочной электронной пушки ЭЛА 60/60: основные блоки, назначение. Управление током электронного луча.
5. Энергетические характеристики электронного луча: мощность, эффективная мощность, плотность мощности, распределение плотности мощности, погонная энергия.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

**1. Что является физическим носителем энергии в ПЛАЗМЕННОМ ПОТОКЕ**

Ответы:

А	Электрический ток, излучение плазмы
Б	Поток ионизированных частиц
В	Пучок электронов
Г	Пучок фотонов

Верный ответ: Б

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

Ответы:

А	Тока электронного луча
Б	Тока электромагнитной фокусирующей линзы
В	Скорости сварки
Г	Ускоряющего напряжения

Верный ответ: Г

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

Ответы:

А	Скорости сварки
Б	Давления в вакуумной камере
В	Плотности мощности
Г	Теплопроводности материала

Верный ответ: В

**2. Компетенция/Индикатор: ПК-11(Компетенция)**

**Вопросы, задания**

- 1.Определение режимов ЭЛС на технологическом комплексе.
- 2.Технология выполнения разомкнутых и замкнутых швов. Типы сварных стыков, выполняемых ЭЛС, требования к сборке.
- 3.Особенности ЭЛС изделий большой толщины, типы сварных соединений.  
Технологические приемы: сварка наклонным лучом, двусторонняя ЭЛС, двумя электронными лучами, в узкую разделку.
- 4.Сварочные деформации и напряжения: виды, классификация, причины возникновения.  
Образование сварочных напряжений при сварке узкой пластины.
- 5.Методы оценки сопротивляемости образованию ГТ. Расчетно-статистические методы оценки сопротивляемости образованию ГТ.
- 6.Холодные трещины (ХТ): причины появления, виды. Экспериментальные методы оценки склонности металла к появлению ХТ.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

**1.Развертка электронного луча создается с помощью:**

Ответы:

А	Управляющего электрода
Б	Отклоняющей магнитной системы
В	Фокусирующей магнитной системы
Г	Всего перечисленного

Верный ответ: Б

**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. Какие факторы обуславливают склонность металла к образованию холодных трещин**

Ответы:

А	наличием структурных составляющих мартенситного и бейнитного типа
Б	мелкозернистая структура
В	концентрация диффузионного водорода
Г	высокие значения напряжений

Верный ответ: А, В, Г

**4. Показателем сопротивляемости сварных швов образованию горячих трещин является:**

Ответы:

А	критическая скорость деформации
Б	скорость охлаждения металла
В	значение нижней температуры солидуса для данного СТС
Г	критический темп деформации

Верный ответ: А, Г

**II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

**III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**



**Для курсового проекта/работы:**

**8 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Защита работы проводится в виде презентационного доклада продолжительностью до 5 мин. Комиссия из 3-х преподавателей заслушивает доклад, после чего задает вопросы. Время защиты 15 мин.

### ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***