

**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

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ КПЭ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 6;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 42 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>6 семестр - 14 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>6 семестр - 16 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 139,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>6 семестр - 17,7 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>6 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>6 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>6 семестр - 0,5 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Родякина Р.В.
	Идентификатор	R768be585-RodiakinaRV-b3c4458

(подпись)


Р.В. Родякина

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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


(подпись)

П.Ю. Петров

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Драгунов В.К.
	Идентификатор	R75d71719-DragunovVK-00c02b9

(подпись)

В.К. Драгунов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Цель освоения дисциплины является изучение теоретических основ обработки материалов концентрированными потоками энергии для научно обоснованного построения различных технологических процессов, связанных с обработкой материалов КПЭ

### Задачи дисциплины

- приобретение знаний о совокупности процессов, которые составляют сущность сварки плавлением с использованием КПЭ;
- приобретение знаний о связи между процессами, протекающими при сварке плавлением с использованием КПЭ, и формированием определенного химического состава, структуры и свойств сварного соединения;
- приобретение навыков расчета основных параметров режима сварки с использованием КПЭ.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИД-2 <sub>УК-1</sub> Использует системный подход для решения поставленных задач	знать: - основные методики расчета температурных полей при воздействии сварочных источников тепла и методики расчета параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке; - основные параметры режима сварки (резки) с использованием КПЭ (электронный и лазерный луч) и влияние, оказываемое на процесс сварки (резания) при их изменении.  уметь: - рассчитывать температурные поля при воздействии сварочных источников тепла и параметры сварочного термического цикла при однопроходной сварке; - оценивать эффективность процесса проплавления металла при сварке и при необходимости давать рекомендации по ее повышению.
ПК-1 Способен принимать участие в производственно-технологической деятельности при изготовлении машиностроительных изделий	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует понимание физических процессов при обработке и контроле материалов	знать: - основные процессы, протекающие при сварке (резке) с использованием КПЭ (лазерный луч); - вклад основных процессов, протекающих при сварке (резке) с использованием КПЭ, в формирование качественного сварного соединения (реза); - основные процессы, протекающие при сварке с использованием КПЭ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>(электронный луч).</p> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать влияние основных процессов, протекающих при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал;</li> <li>- анализировать влияние основных процессов, протекающих при воздействии лазерного луча на обрабатываемый материал;</li> <li>- вносить необходимые корректировки параметров режима сварки (резки) с учетом влияния основных процессов, протекающих в металле при сварке (резке) с использованием КПЭ, для получения качественного сварного соединения (реза).</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать устройство источников генерации КПЭ
- знать физические принципы генерации КПЭ, применяемых в технологических целях
- уметь обосновывать выбор источников КПЭ под конкретные технологические цели
- уметь использовать основные методы регулирования энергетических и технологических параметров источников КПЭ

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения	36	6	10	-	4	-	-	-	-	-	22	-	<p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа выполняется по теме "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов. Пример задания: Используя схему мощного быстродвижущегося источника теплоты, определить: 1) максимальную температуру (<math>t_{max}</math>); 2) рассчитать и построить графики распределения температуры при <math>\tau = 0,6; 0,8; 1,6; 3,2; 10</math> с; 3) изменение температуры по времени для <math>y = 0; 0,2; 0,6; 1,0; 2,0</math> см на поверхности детали, обрабатываемой (свариваемой) без подогрева, и 4) рассчитать мгновенную скорость для оси сварного шва при <math>t = 600^{\circ}\text{C}</math>, считая, что теплоотвод осуществляется только в обрабатываемую деталь.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения" и подготовка к контрольной работе</p>
1.1	Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения	36		10	-	4	-	-	-	-	-	22	-	

													<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 13-22, 77-79, 84-86, 88-89, 91-92, 93-95	
2	Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом	40	14	-	4	-	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа выполняется по теме "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов. Пример задания: Используя схему мощного быстродвижущегося источника теплоты, определить: 1) максимальную температуру ( $t_{max}$ ); 2) рассчитать и построить графики распределения температуры при $\tau = 0,6; 0,8; 1,6; 3,2; 10$ с; 3) изменение температуры по времени для $y = 0; 0,2; 0,6; 1,0; 2,0$ см на поверхности детали, обрабатываемой (свариваемой) без подогрева, и 4) рассчитать мгновенную скорость для оси сварного шва при $t = 600^{\circ}C$ , считая, что теплоотвод осуществляется только в обрабатываемую деталь.
2.1	Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом	40	14	-	4	-	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом" и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 4-19
3	Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом	34	8	-	4	-	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа выполняется по теме "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов. Пример задания: Используя схему мощного
3.1	Особенности взаимодействия лазерного излучения с	34	8	-	4	-	-	-	-	-	-	22	-	

	обрабатываемым металлом													<p>быстродвижущегося источника теплоты, определить: 1) максимальную температуру (<math>t_{max}</math>); 2) рассчитать и построить графики распределения температуры при <math>\tau = 0,6; 0,8; 1,6; 3,2; 10</math> с; 3) изменение температуры по времени для <math>y = 0; 0,2; 0,6; 1,0; 2,0</math> см на поверхности детали, обрабатываемой (свариваемой) без подогрева, и 4) рассчитать мгновенную скорость для оси сварного шва при <math>t = 600^{\circ}C</math>, считая, что теплоотвод осуществляется только в обрабатываемую деталь.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом" и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 10-15 [4], 65-78, 125-134</p>
4	Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии	34	10	-	2	-	-	-	-	-	22	-	<p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа выполняется по теме "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов. Пример задания: Используя схему мощного</p>	
4.1	Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии	34	10	-	2	-	-	-	-	-	22	-	<p>быстродвижущегося источника теплоты, определить: 1) максимальную температуру (<math>t_{max}</math>); 2) рассчитать и построить графики распределения температуры при <math>\tau = 0,6; 0,8; 1,6; 3,2; 10</math> с; 3) изменение температуры по времени для <math>y = 0; 0,2; 0,6; 1,0; 2,0</math> см на поверхности детали, обрабатываемой (свариваемой) без подогрева, и 4) рассчитать мгновенную скорость для оси сварного шва при <math>t = 600^{\circ}C</math>, считая, что</p>	

													теплоотвод осуществляется только в обрабатываемую деталь. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии" и подготовка к контрольной работе
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	14	-	4	-	0.3	17.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>216.0</b>	<b>42</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>105.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>216.0</b>	<b>42</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>139.2</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения

1.1. Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения

Концентрированные и неконцентрированные источники энергии. Понятие КПЭ. Тепловой баланс при воздействии неконцентрированных и концентрированных источников. Основные энергетические параметры источников КПЭ. Понятие плотности мощности. Основные закономерности и особенности взаимодействия концентрированных потоков энергии (электронный луч, луч лазера, струя низкотемпературной плазмы, сжатая электрическая дуга, ионные пучки) с твердым телом при осуществлении процессов сварки, резки, сверления, модифицирования. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения. Схематизация нагреваемых тел и источников теплоты. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Выбор начальных и граничных условий. Принцип суперпозиции. Расчет температурных полей при воздействии сварочных источников тепла. Тепловые процессы при воздействии движущегося и быстро движущегося электронного луча. Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроводной сварке.

#### 2. Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом

2.1. Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом

Этапы развития электронно-лучевой технологии. Электронный луч как инструмент для технологической обработки материалов (возможности по сравнению с другими источниками, достоинства, недостатки). Физические процессы, протекающие при воздействии электронного луча на материалы. Глубина пробега электронов в материале (формула Шонланда, формула Канаи и Окаемы). Распределение интенсивности энергосвечения электронов по глубине обрабатываемого материала. Потери энергии в газовой и конденсированной средах. Понятие вакуума. Среднее расстояние, проходимое электроном в газе (вакууме). Параметры режима ЭЛС (ускоряющее напряжение, ток пучка, скорость сварки, ток фокусировки, остаточное давление в камере, расстояние от пушки до изделия). Влияние тока фокусировки на конфигурацию потока электронов. Понятие эффективного и термического КПД. Характер теплового источника при электронно-лучевом нагреве. Коэффициент сосредоточенности источника. Условный расчетный диаметр пятна нагрева.

#### 3. Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом

3.1. Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом

Основные достоинства лазерного излучения, позволяющие использовать его в качестве инструмента для обработки материалов. Энергетические условия взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым материалом. Основные процессы взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым материалом (отражение излучения, поглощение излучения, нагрев, плавление, лазерная эрозия). Плазменные процессы при лазерной обработке. Возможность использования лазерного излучения для сварки и резки металлов. Физические процессы, протекающие при образовании сварного соединения в случае лазерной сварки материалов малых толщин. Физические процессы, протекающие при образовании сварного соединения в случае лазерной сварки материалов с глубоким проплавлением. Особенности лазерного разделения материалов. Механизмы лазерного разделения материалов.

#### 4. Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии

4.1. Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии

Основные процессы при взаимодействии пучка электронов с веществом: условия перехода к взрывному вскипанию вещества; плавление, испарение и выброс продуктов разрушения из зоны обработки; вторичное излучение и эффективный КПД нагрева, термический КПД проплавления материала; взаимодействие электронного луча с плазмой в зоне обработки. Гидродинамические процессы в зоне воздействия КПЭ на материалы, деформация поверхности жидкой ванны; формирование канала в материале; закономерности переноса (колебания) жидкого металла в канале проплавления; типичные дефекты формирования канала. Связь параметров электронного луча с характеристиками глубокого проплавления в металлах. Закономерности сварки металлов больших толщин с глубоким проплавлением, связь удельной мощности источника с геометрическими характеристиками зоны проплавления; расчетное определение параметров режима сварки и резки; зависимость термического КПД процесса нагрева от параметров сварки; оптимизация размеров зоны термического влияния сварного шва в зависимости от тепловой эффективности процесса сварки. Закономерности удаления вещества из зоны обработки при резке и сверлении материалов КПЭ, закономерности испарения и выброса конденсированной фазы из зоны обработки. Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии. Процесс резки, в основе которого лежит механизм испарения и механизм плавления материала. Механизмы газолазерной резки металлов.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. 7. Основные закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии (2 часа);
2. 6. Физические процессы, протекающие при образовании сварного соединения в случае лазерной сварки материалов малых и больших толщин (1 час). КМ № 3 (контрольная работа (1 час);
3. 5. Основные процессы, протекающие при воздействии лазерного излучения на металлы. Основные процессы взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым материалом (2 часа);
4. 4. Глубина пробега электронов в материале (формула Шонланда, формула Канаи и Окаями). Среднее расстояние, проходимое электроном в газе (вакууме) (1 час). КМ № 2 (контрольная работа) (1 час);
5. 3. Параметры режима ЭЛС и их влияние. Понятие эффективного и термического КПД. Основные процессы, протекающие при действии электронного луча на металлы (2 часа);
6. 2. Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов (1 час). КМ № 1 (контрольная работа) (1 час).;
7. 1. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения. Расчет температурных полей при воздействии сварочных источников тепла. Тепловые процессы при воздействии движущегося и быстро движущегося источника (на примере электронного луча). Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке (2 часа).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПП)

1. Аудиторные консультации проводятся по тематике курсовой работы по разделам "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и "Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроводной сварке"
2. Аудиторные консультации проводятся по тематике курсовой работы по разделам "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и "Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроводной сварке"
3. Аудиторные консультации проводятся по тематике курсовой работы по разделам "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и "Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроводной сварке"
4. Аудиторные консультации проводятся по тематике курсовой работы по разделам "Расчет температурных полей при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал" и "Расчет параметров сварочного термического цикла при однопроводной сварке"

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации по данному разделу проводятся перед экзаменом
2. Консультации по данному разделу проводятся перед экзаменом
3. Консультации по данному разделу проводятся перед экзаменом
4. Консультации по данному разделу проводятся перед экзаменом

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
основные параметры режима сварки (резки) с использованием КПЭ (электронный и лазерный луч) и влияние, оказываемое на процесс сварки (резания) при их изменении	ИД-2УК-1		+			Контрольная работа/Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом
основные методики расчета температурных полей при воздействии сварочных источников тепла и методики расчета параметров сварочного термического цикла при однопроходной сварке	ИД-2УК-1	+				Контрольная работа/Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения
основные процессы, протекающие при сварке (резке) с использованием КПЭ (лазерный луч)	ИД-2ПК-1			+		Контрольная работа/Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом
основные процессы, протекающие при сварке с использованием КПЭ (электронный луч)	ИД-2ПК-1		+			Контрольная работа/Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом
вклад основных процессов, протекающих при сварке (резке) с использованием КПЭ, в формирование качественного сварного соединения (реза)	ИД-2ПК-1				+	Контрольная работа/Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии
<b>Уметь:</b>						
рассчитывать температурные поля при воздействии сварочных источников тепла и параметры сварочного термического цикла при однопроходной сварке	ИД-2УК-1	+				Контрольная работа/Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения
оценивать эффективность процесса проплавления металла при сварке и при необходимости давать рекомендации по ее повышению	ИД-2УК-1	+				Контрольная работа/Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения

анализировать влияние основных процессов, протекающих при воздействии лазерного луча на обрабатываемый материал	ИД-2ПК-1			+		Контрольная работа/Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом
анализировать влияние основных процессов, протекающих при воздействии электронного луча на обрабатываемый материал	ИД-2ПК-1		+			Контрольная работа/Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом
вносить необходимые корректировки параметров режима сварки (резки) с учетом влияния основных процессов, протекающих в металле при сварке (резке) с использованием КПЭ, для получения качественного сварного соединения (реза)	ИД-2ПК-1				+	Контрольная работа/Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **6 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии (Контрольная работа)
2. Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом (Контрольная работа)
3. Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### *Экзамен (Семестр №6)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносятся оценка за семестр и за курсовую работу.

#### *Курсовая работа (КР) (Семестр №6)*

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносятся оценка за курсовую работу

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Слива, А. П. Основы технологии электронно-лучевой сварки : учебное пособие по курсам "Технология обработки материалов КПЭ" и "Оборудование и технология сварки плавлением" по направлениям 15.03.01 "Машиностроение", 13.03.03 "Энергетическое машиностроение" / А. П. Слива, Р. В. Родякина, Е. В. Терентьев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 84 с. - ISBN 978-5-7046-2125-6 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10702;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10702;)

2. Тепловые процессы обработки материалов концентрированными потоками энергии : учебное пособие по курсу "Теоретические основы сварки плавлением" по направлениям подготовки бакалавров 13.03.03 "Энергетическое машиностроение" и 15.03.01 "Машиностроение" / Р. В. Родякина, А. В. Щербаков, Д. А. Гапонова, М. А. Каримбеков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 136 с. - ISBN 978-5-7046-2198-0 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10976](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10976);

3. Богданов А. В., Мисюров А. И., Смирнова Н. А.- "Теоретические основы лазерной обработки", Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2006 - (23 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52096](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52096);

4. Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов / А. Г. Григорьянц . – М. : Машиностроение, 1989 . – 304 с. - ISBN 5-217-00432-0 ..

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -

[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)

3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

4. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Б-02, Лаборатория электроннолучевой обработки	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для хранения инвентаря, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Б-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая,

		мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
--	--	---



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Теоретические основы обработки материалов КПЭ

(название дисциплины)

#### 6 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения (Контрольная работа)
- КМ-2 Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом (Контрольная работа)
- КМ-3 Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом (Контрольная работа)
- КМ-4 Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	6	9	12	14
1	Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения					
1.1	Концентрированные источники энергии и особенности их применения для обработки материалов. Тепловые процессы, протекающие при формировании сварного соединения		+			
2	Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом					
2.1	Особенности взаимодействия электронного луча с обрабатываемым металлом			+		
3	Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом					
3.1	Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом				+	
4	Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии					
4.1	Закономерности проплавления металлов при электронно-лучевом и лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25