

**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**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ КПЭ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Вариативная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.В.08</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 5; 8 семестр - 2; всего - 7</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>252 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 48 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 30 часов</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 97,5 часа; 8 семестр - 39,7 часа; всего - 137,2 часа</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>8 семестр - 39,7 часа;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>8 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Расчетно-графическая работа</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b> <b>Защита курсового проекта</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа; 8 семестр - 0,3 часа; всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2021**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	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	Гончаров А.Л.
	Идентификатор	R1e4b7e3c-GoncharovAL-b043abe

А.Л. Гончаров

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение современных технологий электронно-лучевой обработки металлических материалов.

### Задачи дисциплины

- изучение технологических особенностей электронно-лучевой сварки (ЭЛС);
- изучение технологических приемов электронно-лучевой сварки (ЭЛС) конструкций различной толщины;
- приобретение навыков работы на электронно-лучевом технологическом комплексе.

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
ОПК-4 Умение 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		знать: - принципы генерации и управления параметрами электронного луча; - особенности формирования сварных соединений и технологические приемы ЭЛС изделий различной толщины в различных пространственных положениях.  уметь: - производить предварительный расчет режима ЭЛС и корректировку режима на технологическом комплексе.
ПК-11 Способностью обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий		знать: - расчетные и экспериментальные методы оценки сопротивляемости металла сварных соединений образованию холодных и горячих трещин; - причины и механизмы образования технологических дефектов при обработке материалов КПЭ и методы повышения качества сварных соединений.  уметь: - производить подготовку к работе технологического комплекса для обработки материалов электронным

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		лучом.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока дисциплин 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 основные теоремы и формулы по химии металлов, физике твёрдого тела и основам конструкционного материаловедения (металловедения)
- уметь осуществлять измерение физических величин и их обрабатывать

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 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ 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	Основные понятия и определения	8	7	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основные понятия и определения"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Основные понятия и определения и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 7-14 [8], 11-37, 203-208</p>
1.1	Основные понятия и определения	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Источники энергии термических процессов	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2	Оборудование для Электронно-лучевой обработки	32	7	8	12	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Оборудование для Электронно-лучевой обработки и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работ: - Лабораторная работа №1 «Приобретение навыков работы с вакуумной системой ЭЛУ» - Лабораторная работа №2 «Снятие вольт-амперной характеристики (ВАХ) электронной пушки»</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторных работ: -</p>
2.1	Оборудование для Электронно-лучевой обработки	32		8	12	-	-	-	-	-	-	12	-	

													Лабораторная работа №1 «Приобретение навыков работы с вакуумной системой ЭЛУ» - Лабораторная работа №2 «Снятие вольтамперной характеристики (ВАХ) электронной пушки». <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Оборудование для Электронно-лучевой обработки" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 47-61 [6], 10-81 [8], 208-211
3	Технология электроннолучевой обработки	104	36	20	-	-	-	-	-	-	48	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Технология электроннолучевой обработки и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работ: - Лабораторная работа №3 «Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва» . - Лабораторная работа №4 «Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе» . - Лабораторная работа №5 «Влияние изменения параметров развертки электронного пучка на форму проплавления» <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторных работ: - Лабораторная работа №3 «Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва», - Лабораторная работа №4 «Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе», - Лабораторная работа №5 «Влияние
3.1	Основные параметры ЭЛС	40	8	12	-	-	-	-	-	-	20	-	
3.2	Технологические особенности ЭЛС	24	8	8	-	-	-	-	-	-	8	-	
3.3	Свариваемость материалов	20	10	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
3.4	Технологическая прочность металлов при сварке	20	10	-	-	-	-	-	-	-	10	-	

													изменения параметров развертки электронного пучка на форму проплавления», а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Технология электроннолучевой обработки" материалу. <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Технология электроннолучевой обработки" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Технология электроннолучевой обработки" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 15-46 [2], 406-429,433-447, 453-467, 474-489, 511-547 [3], 4-44, 64-128, 187-197 [4], 73-120 [5], 105-136 [7], 135-178
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	180.0		48	32	-	-	2	-	-	0.5	64	33.5
	Итого за семестр	180.0		48	32	-	2	-	-	0.5	97.5		
	Курсовой проект (КП)	72.0	8	-	-	-	28	-	4	-	0.3	39.7	-
	Всего за семестр	72.0		-	-	-	28	-	4	-	0.3	39.7	-
	Итого за семестр	72.0		-	-	-	28	4	0.3	39.7			
	ИТОГО	252.0	-	48	32	-	30	4	0.8	137.2			

**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. Основные понятия и определения

#### 1.1. Основные понятия и определения

Основные понятия и определение: технология, технологический процесс, операция, метод. Методы обработки, формообразования, сборки и контроля. Источники энергии термических процессов..

#### 1.2. Источники энергии термических процессов

Концентрированные потоки энергии (КПЭ). Концентрация энергии термических источников. Основные характеристики термических источников КПЭ. Термодинамическое определение сварки. Сравнение эффективности электронно-лучевой и лазерной обработки. Сущность процесса и направления развития ЭЛ обработки. Взаимодействие электронного луча с материалом, глубина пробега электрона в различных материалах. Формирование зоны обработки в зависимости от концентрации плотности мощности в электронном луче. Условия формирования глубокого проплавления. Баланс сил в канале проплавления..

### 2. Оборудование для Электронно-лучевой обработки

#### 2.1. Оборудование для Электронно-лучевой обработки

Формирование электронного луча: термоэмиссия. Закон Ричардсона – Дэшмана. Термоэмиссионные материалы. Конструкции катодов с прямым и косвенным накалом. Схема трехэлектродной электронной пушки: формирования электронного пучка. Управление током электронного луча. Конструкция Сварочная электронная пушка ЭЛА 60/60: основные блоки, назначение. Структура и состав основных элементов типовой электронно-лучевой установки..

### 3. Технология электроннолучевой обработки

#### 3.1. Основные параметры ЭЛС

Энергетические характеристики электронного луча: мощность, эффективная мощность, плотность мощности, распределение плотности мощности, погонная энергия.. Ускоряющее напряжение, ток пучка, ток фокусировки, скорость сварки: выбор и влияние на формирование сварного шва.. Предпосылки расчета режимов ЭЛС из энергетического баланса. Расчет режимов ЭЛС на основе цилиндрического источника тепла.. Определение режимов ЭЛС на технологическом комплексе. Развертка электронного луча: типы разверток, применение..

#### 3.2. Технологические особенности ЭЛС

Типы сварных стыков, выполняемых ЭЛС, требования к сборке. Технология выполнения разомкнутых и замкнутых швов.. Особенности ЭЛС изделий малой толщины, типы сварных соединений, технологические приемы.. Особенности ЭЛС изделий средней толщины, типы сварных соединений, технологические приемы.. Особенности ЭЛС изделий большой толщины, типы сварных соединений, технологические приемы.. Особенности формирования сварных соединений в различных пространственных положениях: ЭЛС вертикальным лучом (в нижнем положении), ЭЛС вертикальным швом, ЭЛС горизонтальным швом, ЭЛС вертикальным швом со свободным формированием, ЭЛС вертикальных швов в магнитном поле.. Технологические приемы: сварка наклонным лучом, двусторонняя ЭЛС, двумя электронными лучами, в узкую разделку..

#### 3.3. Свариваемость материалов



Строение сварного соединения. Фазовые и структурные превращения в металлах при сварке.. Формирование сварного шва и его структуры, кристаллизация сварного шва. Кристаллизация сварного шва в условиях термического переохлаждения. Кристаллизация сварного шва в условиях концентрационного переохлаждения. Особенности типа первичной структуры металла шва, методы влияния на нее.. Причины химической неоднородности сварных соединений. Виды химической неоднородности сварных швов: макрохимическая и микрохимическая неоднородность (МХН). Внутрикристаллитная МХН. Межзеренная МХН. Неоднородность в зоне сплавления. Зернограничная МХН. Внутризеренная МХН.. Сварочные деформаций и напряжения: виды, классификация, причины возникновения. Образование сварочных напряжений при сварке узкой пластины. Виды деформаций формоизменения. Формирование сварочных напряжений и деформаций в ЗТВ пластины из углеродистой стали. Формирование продольных напряжений в жестко закреплённый конструкциях..

#### 3.4. Технологическая прочность металлов при сварке

Горячие трещины, классификация. Особенности формирования ГТ локационного и кристаллизационного типов. Определение границ ТИХ1. Особенности образования подсолидусных ГТ (высокотемпературной ползучести). Особенности образования ГТ дисперсионного твердения. Методы оценки сопротивляемости образованию ГТ. Расчетно-статистические методы оценки сопротивляемости образованию ГТ. Методы оценки сопротивляемости образованию ГТ с помощью сварочных технологических проб. Методы оценки сопротивляемости образованию ГТ с помощью сварочных технологических проб. Методы оценки сопротивляемости образованию ГТ с помощью машинных методов. Способы повышения сопротивляемости сварных соединений образованию ГТ.. Холодные трещины (ХТ): причины появления, виды. Расчетные методы оценки склонности металла к появлению ХТ. Экспериментальные методы оценки склонности металла к появлению ХТ. Способы повышения сопротивляемости сварных соединений образованию ХТ..

### 3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ);
2. Особенности работы сварочной электронной пушки;
3. Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва;
4. Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе;
5. Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов.

### 3.5 Консультации

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия и определения"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оборудование для Электронно-лучевой обработки"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Технология электроннолучевой обработки"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 8 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Разработать технологию сварки электронно-лучевой сварки пакетов рабочих лопаток из стали 18X11МНФБ-Ш
- Разработка технологии электронно-лучевой сварко-пайки элемента реактивного двигателя
- Разработка технологии сварки корпуса сепаратора
- Разработка технологии ЭЛС в щелевую разделку высокоскоростных роторов
- Разработка ремонтной технологии крупногабаритной титановой конструкции из сплава ВТ6ч методом электронно лучевой наплавки проволоки

#### **График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4, 5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	15	15	40	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	15	30	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
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

### 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	
<b>Знать:</b>					
особенности формирования сварных соединений и технологические приемы ЭЛС изделий различной толщины в различных пространственных положениях	ОПК-4(Компетенция)	+		+	Лабораторная работа/Защита лабораторных работ: "№1 Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ)"; "№2 Особенности работы сварочной электронной пушки"; "№3 Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе"; "№4 Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов"  Тестирование/Основы обработки материалов КПЭ. Особенности обработки материалов электронным лучом  Тестирование/Технологические особенности и оборудование обработки материалов электронным лучом
принципы генерации и управления параметрами электронного луча	ОПК-4(Компетенция)	+	+		Лабораторная работа/Защита лабораторных работ: "№1 Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ)"; "№2 Особенности работы сварочной электронной пушки"; "№3 Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе"; "№4 Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов"  Тестирование/Технологические особенности и оборудование обработки материалов электронным лучом
причины и механизмы образования технологических дефектов при обработки материалов КПЭ и методы	ПК-11(Компетенция)			+	Тестирование/Свариваемость материалов

повышения качества сварных соединений					
расчетные и экспериментальные методы оценки сопротивляемости металла сварных соединений образованию холодных и горячих трещин	ПК-11(Компетенция)			+	Тестирование/Свариваемость материалов
<b>Уметь:</b>					
производить предварительный расчет режима ЭЛС и корректировку режима на технологическом комплексе	ОПК-4(Компетенция)			+	Лабораторная работа/Защита лабораторных работ: "№1 Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ)"; "№2 Особенности работы сварочной электронной пушки"; "№3 Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе"; "№4 Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов"  Расчетно-графическая работа/Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва
производить подготовку к работе технологического комплекса для обработки материалов электронным лучом	ПК-11(Компетенция)			+	Лабораторная работа/Защита лабораторных работ: "№1 Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ)"; "№2 Особенности работы сварочной электронной пушки"; "№3 Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе"; "№4 Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов"

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

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

**7 семестр**

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 (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №7)

Курсовой проект (КП) (Семестр №8)

В диплом выставляется оценка за 7 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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10702;](http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10702)

2. Теория сварочных процессов : Учебник для вузов по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" / В. Н. Волченко, и др. ; Ред. В. В. Фролов . – М. : Высшая школа, 1988 . – 559 с. : 1.60 .;
3. Макаров, Э. Л. Теория свариваемости сталей и сплавов / Э. Л. Макаров, Б. Ф. Якушин ; ред. Э. Л. Макаров . – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014 . – 487 с. - ISBN 978-5-7038-3938-6 .;
4. Зуев, И. В. Обработка материалов концентрированными потоками энергии : Учебное пособие для вузов по специальности "Машины и технология высокоэффективных процессов обработки" / И. В. Зуев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1998 . – 162 с. - ISBN 5-7046-0198-7 : 9.50 .;
5. Новокрещенов, В. В. Технология обработки материалов концентрированными потоками энергии : Учебное пособие по курсу "Технология обработки материалов концентрированными потоками энергии" / В. В. Новокрещенов ; Ред. В. М. Качалов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. – 1998 . – 172 с. : 8.00 .;
6. Технология обработки материалов. Оборудование электронно-лучевых комплексов : учебное пособие для академического бакалавриата по инженерно-техническим направлениям / А. В. Щербаков, и др. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018 . – 208 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-534-06862-7 .;
7. Кайдалов, А. А. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии / А. А. Кайдалов . – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : ЭкоТехнология, 2004 . – 260 с. - ISBN 966-8409-03-5 .;
8. Волков Ю. С.- "Электрофизические и электрохимические процессы обработки материалов", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2016 - (396 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=75505](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75505).

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Libre Office;
5. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
4. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Коллекция журналов Taylor & Francis Group - <https://www.tandfonline.com/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
9. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## **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 практических занятий, КР и КП	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-103, Учебная аудитория каф. "ТМ"	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
	Б-108, Лаборатория термической обработки материалов	парта, стол преподавателя, стол, стул, тумба, доска меловая, оборудование учебное, кондиционер, инвентарь учебный, стенд информационный
	Б-106а, Металлографическая лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, стол письменный, тумба, доска меловая, кондиционер, стенд информационный
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-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Б-102, Кабинет сотрудников	стол для работы с документами, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный, кондиционер
	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 хранения оборудования и учебного инвентаря	А-06а/2, Склад кафедры ТМ	вешалка для одежды

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Технология обработки материалов КПЭ**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Основы обработки материалов КПЭ. Особенности обработки материалов электронным лучом (Тестирование)
- КМ-2 Технологические особенности и оборудование обработки материалов электронным лучом (Тестирование)
- КМ-3 Расчет режимов ЭЛС и геометрических параметров сварного шва (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 Защита лабораторных работ: "№1 Вакуумная система сварочной электронно-лучевой установки (ЭЛУ)"; "№2 Особенности работы сварочной электронной пушки"; "№3 Выбор оптимальных режимов ЭЛС на технологическом комплексе"; "№4 Влияние параметров развертки электронного пучка на формирование сварных швов" (Лабораторная работа)
- КМ-5 Свариваемость материалов (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	16
1	Основные понятия и определения						
1.1	Основные понятия и определения			+		+	
1.2	Источники энергии термических процессов		+	+		+	
2	Оборудование для Электронно-лучевой обработки						
2.1	Оборудование для Электронно-лучевой обработки			+		+	
3	Технология электроннолучевой обработки						
3.1	Основные параметры ЭЛС		+	+	+	+	
3.2	Технологические особенности ЭЛС		+	+	+	+	
3.3	Свариваемость материалов						+
3.4	Технологическая прочность металлов при сварке						+
Вес КМ, %:			10	10	20	50	10



## 8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

Вид промежуточной аттестации – .

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:
		Неделя КМ:
		Вес КМ, %:

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Технология обработки материалов КПЭ

(название дисциплины)

#### 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-2 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-3 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-4 Качество оформления КП

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
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					+
Вес КМ, %:			15	15	40	30