

**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**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И**  
**ОСНАСТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ 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.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 6; 7 семестр - 2; всего - 8</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>288 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 42 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>6 семестр - 28 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>6 семестр - 2 часа; 7 семестр - 16 часов; всего - 18 часов</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 143,5 часа; 7 семестр - 51,7 часа; всего - 195,2 часа</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>7 семестр - 51,7 часа;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>7 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Тестирование</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b> <b>Защита курсового проекта</b>	<b>6 семестр - 0,5 часа; 7 семестр - 0,3 часа; всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гончаров А.Л.
	Идентификатор	R1e4b7e3c-GoncharovAL-b043abe

А.Л. Гончаров


**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:** Целью дисциплины является изучение общих принципов формирования концентрированных потоков энергии и основ проектирования основанного на их применении технологического оборудования.

### Задачи дисциплины

- изучение теории формирования концентрированных потоков энергии;
- освоение методов моделирования и проектирования технологического оборудования и соответствующего математического аппарата;
- изучение свойств специальных конструкционных материалов и основ конструирования с использованием этих материалов.

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
РПК-1 Способен применять цифровые технологии на этапе разработки технологических процессов машиностроения	ИД-1рпк-1 Демонстрирует понимание физических процессов и применяет цифровые технологий при обработке и контроле материалов	знать: - способы оформления законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам; - базовые методы исследовательской деятельности, позволяющие участвовать в работе над инновационными проектами.  уметь: - учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании; - участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности; - оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

## 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 законы в области естественнонаучных дисциплин
- знать основы дифференцирования и интегрирования
- знать основы теории обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных
- знать основы проектирования механических узлов
- знать основные свойства конструкционных материалов
- знать основы технологии механической обработки и термообработки
- знать основы электротехники и электроники постоянного и переменного тока
- знать способы анализа научно-технической информации, отечественную и зарубежную литературу по тематике исследования
- уметь использовать информационные технологии в своей предметной области
- уметь использовать в профессиональной деятельности основные физические законы
- уметь применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
- уметь выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат

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 8 зачетных единиц, 288 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	Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии	33	6	6	-	3	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к контрольной работе или тесту: «Устройство электронно-лучевых сварочных пушек»</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электронно-лучевое оборудование (ЭЛО) как источник концентрированных потоков энергии"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 56 - 128 [4], 5 - 36 [5], 8 - 95 [7], 23 - 48 [11], 13 - 29</p>
1.1	Оборудование для электронно-лучевой сварки	11		2	-	1	-	-	-	-	-	8	-	
1.2	Основные узлы установки электронно-лучевой сварки	11		2	-	1	-	-	-	-	-	8	-	
1.3	Устройство сварочной электронной пушки	11		2	-	1	-	-	-	-	-	8	-	
2	Расчет и моделирование базовых элементов сварочных электронных пушек	85		18	-	16	-	-	-	-	-	51	-	
2.1	Моделирование распределения электромагнитного поля	16	5	-	3	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решение типовых задач по разделу "Расчет и моделирование базовых элементов электронных пушек" и подготовку к контрольному тесту. Студентам необходимо повторить теоретический материал, провести расчеты ускоряющего промежутка и высоковольтного изолятора сварочной пушки по индивидуальному</p>	

2.2	Расчет фокусирующей линзы	8	2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<p>варианту задания и написать краткий отчет</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b>  Повторение материала по разделу "Расчет и моделирование базовых элементов электронных пушек Подготовка к тесту: «Расчет и моделирование электромагнитных полей и траекторий электронов в сварочных пушках»</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b>  Изучение материала по разделу "Расчет и моделирование базовых элементов электронных пушек." подготовка к выполнению заданий по расчету при помощи программы Elcut</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [2], 23 - 51, 121 - 124, 141 - 174, 181 - 194, 372 - 376, 474 - 481, 580 - 584, 599 - 614  [3], 62 - 70, 167 - 169, 190 - 198, 435 - 447  [6], 7 - 56  [11], 30 - 105</p>
2.3	Расчет отклоняющей системы	8	2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	
2.4	Динамика электронов пучка в сварочной электронной пушке	9	3	-	1	-	-	-	-	-	5	-	
2.5	Расчет траекторий электронов пучка в ускоряющем промежутке сварочной пушки	28	2	-	8	-	-	-	-	-	18	-	
2.6	Расчет траекторий электронов пучка в магнитной линзе	8	2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	
2.7	Формирование концентрированного потока энергии в электронном пучке сварочной пушки	8	2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	
3	Источники питания и вакуумные системы для сварочных электронно-лучевых установок	30	10	-	5	-	-	-	-	-	15	-	
3.1	Высоковольтный источник питания	11	4	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
3.2	Вакуумная система	19	6	-	3	-	-	-	-	-	10	-	

													[8], 9 - 22, 43 - 73, 79 - 114, 250 - 292 [9], 7 - 95 [12], 404-433	
4	Конструкционные материалы узлов сварочной электронной пушки	32		8	-	4	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к тесту: "Конструкционные материалы"
4.1	Материалы сердечников магнитных линз	8		2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Самостоятельное изучение</u></b> <b><u>теоретического материала:</u></b> Повторение материала лекций и рекомендованной литературы. Необходимо: - изучить технологические приемы токарной обработки, обеспечивающие высокую точность и чистоту обработки и позволяющие получить минимальные радиальные биения и высокую круглость отверстий. - изучить дополнительные материалы по разделу "Конструкционные материалы и основы конструирования сварочных электронных пушек"
4.2	Материалы электродов ускоряющего промежутка	8		2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	
4.3	Материалы элементов вакуумной системы	8		2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	
4.4	Керамические материалы вакуумных высоковольтных изоляторов	8		2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [10], 8 - 156
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0		42	-	28	-	2	-	-	0.5	110	33.5	
	Итого за семестр	216.0		42	-	28	2	-	-	0.5	143.5			
	Курсовой проект (КП)	72.0	7	-	-	-	16	-	4	-	0.3	51.7	-	
	Всего за семестр	72.0		-	-	-	16	-	4	-	0.3	51.7	-	
	Итого за семестр	72.0		-	-	-	16	4	0.3	51.7				
	ИТОГО	288.0	-	42	-	28	18	4	0.8	195.2				

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии

##### 1.1. Оборудование для электронно-лучевой сварки

Технологические требования к оборудованию для электронно-лучевой сварки.

##### 1.2. Основные узлы установки электронно-лучевой сварки

Сварочная электронная пушка. Вакуумная система. Источники питания.

##### 1.3. Устройство сварочной электронной пушки

Катодный узел. Высоковольтный изолятор. Фокусирующая линза. Отклоняющая система.

#### 2. Расчет и моделирование базовых элементов сварочных электронных пушек

##### 2.1. Моделирование распределения электромагнитного поля

Система уравнений Максвелла. Векторный и скалярный потенциалы электромагнитного поля. Уравнения Пуассона и Лапласа. Задача Дирихле для уравнений Пуассона и Лапласа. Численные методы конечных разностей и конечных элементов для решений уравнений Пуассона и Лапласа.

##### 2.2. Расчет фокусирующей линзы

Задача Дирихле для численного расчета распределения индукции фокусирующего магнитного поля в линзе.

##### 2.3. Расчет отклоняющей системы

Задача Дирихле для численного расчета распределения индукции отклоняющего магнитного поля в отклоняющей системе.

##### 2.4. Динамика электронов пучка в сварочной электронной пушке

Функция Лагранжа для электронов, движущихся в электромагнитном поле. Принцип наименьшего действия. Электронно-оптический показатель преломления. Аналогия со световой оптикой.

##### 2.5. Расчет траекторий электронов пучка в ускоряющей промежутке сварочной пушки

Электрическое поле с симметрией вращения. Фундаментальные решения параксиальных уравнений траекторий. Плоскость предмета и плоскость изображения. Линейное и угловое увеличения. Оптические свойства поля с симметрией вращения.

##### 2.6. Расчет траекторий электронов пучка в магнитной линзе

Магнитное поле с симметрией вращения. Вращающаяся система координат. Фундаментальные решения параксиальной системы уравнений траекторий. Линейное и угловое увеличения. Угол разворота изображения в осесимметричном магнитном поле.

##### 2.7. Формирование концентрированного потока энергии в электронном пучке сварочной пушки

Преобразование плотности тока пучка в сварочной пушке. Закон Лэнгмюра. Понятие о пространственном заряде электронов в пучке. Плотность тока эмиссии и закон Ричардсона. Оценки для плотности тока эмиссии для катодов, выполненных из различных материалов.



### 3. Источники питания и вакуумные системы для сварочных электронно-лучевых установок

#### 3.1. Высоковольтный источник питания

Источники питания на основе повышающих трансформаторов с замкнутым и разомкнутым магнитопроводом. Высоковольтный источник питания на основе инвертора.

#### 3.2. Вакуумная система

Длина свободного пробега молекул в вакууме. Критерий Кнудсена. Вязкостное и молекулярное течение газа. Быстрота откачки и быстрота действия вакуумного насоса. Механические вакуумные насосы. Паромасляные вакуумные насосы. Турбомолекулярные вакуумные насосы.

### 4. Конструкционные материалы узлов сварочной электронной пушки

#### 4.1. Материалы сердечников магнитных линз

Электротехническая сталь Армко и никелевый сплав Пермаллой. Петля гистерезиса. Термообработка для восстановления магнитных свойств.

#### 4.2. Материалы электродов ускоряющего промежутка

Антимагнитные материалы и сплавы. Латунь. Металлы с высокой температурой плавления. Молибден и Вольфрам.

#### 4.3. Материалы элементов вакуумной системы

Конструкция и материалы вакуумных камер и трубопроводов. Материалы вакуумных уплотнения. Материалы для защиты от рентгеновского излучения.

#### 4.4. Керамические материалы вакуумных высоковольтных изоляторов

Типы и свойства вакуумной керамики.

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

1. Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии;
2. Расчет и моделирование базовых элементов сварочных электронных пушек;
3. Источники питания и вакуумные системы для сварочных электронно-лучевых установок;
4. Конструктивные материалы сварочных электронных пушек.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет и моделирование базовых элементов сварочных электронных пушек"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Источники питания и вакуумные системы для сварочных электронно-лучевых установок"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Конструкционные материалы узлов сварочной электронной пушки"

**3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

**7 Семестр**

Курсовой проект (КП)

**График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 6	7 - 12	13 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	1, 2, 3	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	50	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Выбор электронно-лучевой пушки
2	Расчет ускоряющего промежутка и изолятора
3	Выбор схемы для откачки пушки и насосы вакуумной системы

### 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>						
базовые методы исследовательской деятельности, позволяющие участвовать в работе над инновационными проектами	ИД-1 <sub>РПК-1</sub>		+			Тестирование/Расчет и моделирование базовых элементов сварочных электронных пушек
способы оформления законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ИД-1 <sub>РПК-1</sub>	+				Контрольная работа/Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии
<b>Уметь:</b>						
оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ИД-1 <sub>РПК-1</sub>				+	Контрольная работа/Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии
участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	ИД-1 <sub>РПК-1</sub>		+			Тестирование/Расчет и моделирование базовых элементов сварочных электронных пушек
учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании	ИД-1 <sub>РПК-1</sub>			+		Тестирование/Источники питания и вакуумные системы для сварочных электронно-лучевых установок Тестирование/Конструкционные материалы

## **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. Расчет и моделирование базовых элементов сварочных электронных пушек (Тестирование)

Форма реализации: Выполнение задания

1. Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Конструкционные материалы (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Источники питания и вакуумные системы для сварочных электронно-лучевых установок (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта 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 аттестационной составляющих

#### *Курсовой проект (КП) (Семестр №7)*

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. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов : справочник / Н. Н. Рыкалин, и др. – М. : Машиностроение, 1985 . – 496 с.;
2. Силадьи, М. Электронная и ионная оптика = Electron and ion optics : пер. с англ. / М. Силадьи . – М. : Мир, 1990 . – 638 с.;
3. Хокс, П. Основы электронной оптики: В 2 т. Т.1. Основы геометрической оптики : пер. с англ. / П. Хокс, Э. Каспер . – М. : Мир, 1993 . – 552 с. - ISBN 5-03-002071-3 : 1250.00 .;
4. 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/elib/view.php?id=10702>;

5. 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 .;

6. Молоковский, С. И. Интенсивные электронные и ионные пучки / С. И. Молоковский, А. Д. Сушков . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1991 . – 302 с.;

7. Гуртовник, А. Г. Электровакуумные приборы и основы их конструирования : Учебное пособие для средних специальных учебных заведений по специальности 0608 "Производство электровакуумных приборов" / А. Г. Гуртовник, Е. Г. Точинский, Ф. М. Яблонский . – М. : Энергоатомиздат, 1988 . – 424 с. - ISBN 5-283-00518-6 .;

8. Розанов, Л. Н. Вакуумная техника : учебник для вузов по специальности "Электронное машиностроение" направления "Электроника и микроэлектроника" / Л. Н. Розанов . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2007 . – 391 с. - ISBN 978-5-06-005521-4 .;

9. Костиков, В. Г. Источники электропитания высокого напряжения РЭА / В. Г. Костиков, И. Е. Никитин . – М. : Радио и связь, 1986 . – 200 с.;

10. Проектирование и конструирование в машиностроении. В 2-х ч. : учебное пособие для вузов по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / ред. А. Г. Схиртладзе . – Старый Оскол : ТНТ, 2013 . Ч. 1 : Общие методы проектирования и расчета. Надежность техники / В. П. Бахарев, и др. ; ред. А. Г. Схиртладзе . – 2013 . – 248 с. - ISBN 978-5-94178-169-0 .;

11. Моделирование сварочных электронных пушек : учебное пособие / В. Н. Балашов, и др., Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Вече, 2016 . – 128 с. - ISBN 978-5-4444-5480-0 .;

12. Демихов К. Е., Панфилов Ю. В., Никулин Н. К., Автономова И. В. - "Вакуумная техника", (3-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Машиностроение", Москва, 2009 - (590 с.) [https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=723](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=723).

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

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Elcut;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

## **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. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории,	Оснащение
---------------	------------------	-----------

	<b>наименование</b>	
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Х-101в, Лаборатория неразрушающего контроля	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Х-101в, Лаборатория неразрушающего контроля	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Х-101в, Лаборатория неразрушающего контроля	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Х-101в, Лаборатория неразрушающего контроля	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
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	Х-101в, Лаборатория неразрушающего контроля	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-06а/2, Склад кафедры ТМ	вешалка для одежды

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Проектирование специализированного оборудования и оснастки для обработки КПЭ

(название дисциплины)

#### 6 семестр

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

- КМ-1 Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчет и моделирование базовых элементов сварочных электронных пушек (Тестирование)
- КМ-3 Источники питания и вакуумные системы для сварочных электронно-лучевых установок (Тестирование)
- КМ-4 Конструкционные материалы (Тестирование)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	5	10	12	14
1	Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии					
1.1	Оборудование для электронно-лучевой сварки		+			
1.2	Основные узлы установки электронно-лучевой сварки		+			
1.3	Устройство сварочной электронной пушки		+			
2	Расчет и моделирование базовых элементов сварочных электронных пушек					
2.1	Моделирование распределения электромагнитного поля			+		
2.2	Расчет фокусирующей линзы			+		
2.3	Расчет отклоняющей системы			+		
2.4	Динамика электронов пучка в сварочной электронной пушке			+		
2.5	Расчет траекторий электронов пучка в ускоряющем промежутке сварочной пушки			+		
2.6	Расчет траекторий электронов пучка в магнитной линзе			+		
2.7	Формирование концентрированного потока энергии в электронном пучке сварочной пушки			+		
3	Источники питания и вакуумные системы для сварочных электронно-лучевых установок					

3.1	Высоковольтный источник питания			+	+
3.2	Вакуумная система			+	+
4	Конструкционные материалы узлов сварочной электронной пушки				
4.1	Материалы сердечников магнитных линз	+			
4.2	Материалы электродов ускоряющего промежутка	+			
4.3	Материалы элементов вакуумной системы	+			
4.4	Керамические материалы вакуумных высоковольтных изоляторов	+			
Вес КМ, %:		25	25	25	25

### 7 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**

Проектирование специализированного оборудования и оснастки для обработки  
КПЭ

(название дисциплины)

**7 семестр**

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

КМ-1 соблюдение графика выполнения КП (раздел 1)

КМ-2 соблюдение графика выполнения КП (раздел 2)

КМ-3 соблюдение графика выполнения КП

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	6	12	16
1	Выбор электронно-лучевой пушки		+		+
2	Расчет ускоряющего промежутка и изолятора			+	+
3	Выбор схемы для откачки пушки и насосы вакуумной системы				+
Вес КМ, %:			25	25	50