

**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;<br/>7 семестр - 2;<br/>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;<br/>7 семестр - 16 часов;<br/>всего - 18 часов</b>        |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                       | <b>6 семестр - 143,5 часа;<br/>7 семестр - 51,7 часа;<br/>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><br><b>Контрольная работа</b><br><b>Тестирование</b> |  |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                                    |  |
| <b>Экзамен</b><br><b>Защита курсового проекта</b>                   | <b>6 семестр - 0,5 часа;<br/>7 семестр - 0,3 часа;<br/>всего - 0,8 часа</b>      |

**Москва 2026**

**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:<br>- способы оформления законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;<br>- базовые методы исследовательской деятельности, позволяющие участвовать в работе над инновационными проектами.<br><br>уметь:<br>- участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности;<br>- оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;<br>- учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании. |

## 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><br/>Проработка лекции</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>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><br/>[1], 56 - 128<br/>[4], 5 - 36<br/>[5], 8 - 95<br/>[7], 23 - 48<br/>[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  | - | варианту задания и написать краткий отчет<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>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»<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Расчет и моделирование базовых элементов электронных пушек." подготовка к выполнению заданий по расчету при помощи программы Elcut<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], 23 - 51, 121 - 124, 141 - 174, 181 - 194, 372 - 376, 474 - 481, 580 - 584, 599 - 614<br>[3], 62 - 70, 167 - 169, 190 - 198, 435 - 447<br>[6], 7 - 56<br>[11], 30 - 105 |
| 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<br>[9], 7 - 95<br>[12], 404-433 |   |
| 4   | Конструкционные материалы узлов сварочной электронной пушки | 32    |   | 8  | - | 4  | -  | - | -   | -     | -     | 20   | -   | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Подготовка к тесту: "Конструкционные материалы"  |
| 4.1 | Материалы сердечников магнитных линз                        | 8     |   | 2  | - | 1  | -  | - | -   | -     | -     | 5    | -   | <b><u>Самостоятельное изучение</u></b><br><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><br>[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. Источники питания и вакуумные системы для сварочных электронно-лучевых установок;
2. Конструктивные материалы сварочных электронных пушек;
3. Электронно-лучевое оборудование как источник концентрированных потоков энергии;
4. Расчет и моделирование базовых элементов 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<br>(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>  |                       |   |   |   |   |   |
| 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<br>Тестирование/Конструкционные материалы |
| 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   |

#### **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://elibr.mpei.ru/elibr/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://elibr.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-303, Лекционная аудитория               | 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   |