

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 16 » февраля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Лучевые технологии и оборудование в сварочном производстве  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.01 Машиностроение  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Лучевые технологии в сварке  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков в области лучевых сварочных технологий и оборудования.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Устройство и принципы работы сварочной электронной пушки, способы генерации электронных пучков, структура, состав и компоновка электронно-лучевых сварочных установок, технологические возможности электронного пучка как инструмента для сварки.

### 1.3. Входные требования

Знание основ сварочного производства

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.3	ИД-1ПК-3.3	Знание законов электронной оптики применительно к сварочным электронным пучкам, устройства электронно-лучевой пушки и установок для электронно-лучевой сварки и обработки	Знает передовой отечественный и зарубежный опыт производства сварных конструкций, технологические процессы сварки, сварочное и вспомогательное оборудование	Тест
ПК-3.3	ИД-2ПК-3.3	Умение оценивать параметры сварочных электронных пушек и возможности их применения в технологических процессах электронно-лучевой сварки, анализировать возможности технологических процессов электронно-лучевой сварки	Умеет разрабатывать планы по технической и технологической подготовке сварочного производства и производить анализ и экспертизу технической (конструкторской и технологической) документации на соответствие нормативным документам и техническим условиям	Собеседование

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.3	ИД-3ПК-3.3	Владение навыками выбора оборудования и разработки технологии электронно-лучевой сварки, практической деятельности для успешной эксплуатации существующих типов электронно-лучевого сварочного оборудования и внедрения в промышленное производство новых прогрессивных процессов электронно-лучевой сварки.	Владеет навыками разработки и реализации мероприятий по внедрению прогрессивной техники и технологии, улучшению использования технологического оборудования и оснастки, повышению качества и надежности сварных конструкций, внедрения в производство прогрессивных методов сварки, новых сварочных материалов и оборудования, обеспечивающих сокращение затрат труда.	Дифференцированный зачет

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	34	34	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1-й семестр				
Основные понятия электронной оптики.	6	0	0	20
Движение электронов в электростатическом поле. Движение электронов в магнитном поле. Ускорение электронов				
Электронно-оптическая система электронной пушки.	0	0	6	6
Типовые конструкции катодов сварочных электронных пушек. Конструктивные схемы генераторов электронного пучка				
Фокусирующая и отклоняющая системы электронной пушки	0	0	6	4
Конструкция фокусирующих катушек сварочных электронных пушек. Конструкция магнитных отклоняющих систем				
Взаимодействие электронного пучка с обрабатываемым материалом	6	0	6	20
Механизм взаимодействия мощного концентрированного электронного пучка с металлом при сварке. Влияние фокусировки электронного пучка на конфигурацию зоны проплавления при электронно-лучевой сварке				
Управление процессом электронно-лучевой сварки	6	0	8	20
Электронно-лучевая сварка с модуляцией и осцилляцией электронного пучка. Вторичные процессы в зоне воздействия мощного концентрированного электронного пучка при электронно-лучевой сварке				
Электронно-лучевые сварочные установки	0	0	8	20
Структура, состав и компоновка установок для электронно-лучевой сварки. Камеры и вакуумные системы электронно-лучевых установок. Питающие устройства электронно-лучевых установок.				
ИТОГО по 1-му семестру	18	0	34	90
ИТОГО по дисциплине	18	0	34	90

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Изучение воздействия магнитного поля на сварочный электронный пучок.
2	Изучение катодного узла электронно-лучевой сварочной пушки.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
3	Изучение влияния фокусировки электронного луча на конфигурацию сварного шва.
4	Изучение процесса формирования сварного шва при электронно-лучевой сварке со сквозным проплавлением.
5	Изучение методов контроля фокусировки электронного луча по параметрам вторичных процессов из зоны сварки.
6	Изучение работы системы вакуумирования технологической камеры электронно-лучевой сварочной установки.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники ( в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Тыткин Ю. М. Специальные методы сварки : учебное пособие для вузов / Ю. М. Тыткин, Д. Н. Трушников, В. Я. Беленький. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	5
2	Электронно-лучевая сварка : коллективная монография / Г. М. Младенов [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	5
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Беленький В. Я. Электронно-лучевая, лазерная и ионно-лучевая обработка материалов : учебное пособие / В. Я. Беленький, В. М. Язовских. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1995.	15
2	Кайдалов А.А. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии / А.А. Кайдалов. - Киев: Екотехнологія, 2004.	3
3	Кривоносова Е. А. Теория сварочных процессов : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	57
4	Рыкалин Н. Н. Основы электронно-лучевой обработки материалов / Н. Н. Рыкалин, И. В. Зуев, А. А. Углов. - Москва: Машиностроение, 1978.	5
5	Управление электронно-лучевой сваркой / В. Д. Лаптенко [и др.]. - Красноярск: Изд-во СибАА, 2000.	2
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Автоматическая сварка : Сварка. Резка. Наплавка. Пайка. Нанесение покрытий : международный научно-технический и производственный журнал / Национальная академия наук Украины; Институт электросварки им. Е.О. Патона; Международная ассоциация Сварка. - Киев: Сварка, 1948 - .	
2	Сварка и диагностика : научно-технический и производственный журнал по сварке, контролю и диагностике / Национальное агентство контроля и сварки. - Москва: Мастер-класс, 2006 - .	
3	Сварочное производство : научно-технический и производственный журнал / Технология машиностроения; Министерство промышленности и торговли Российской Федерации; Министерство образования и науки Российской Федерации; Российская инженерная академия; Союз машиностроителей России; Российское научно-техническое сварочное общество. - Москва: Машиностроение, 1930 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Кривоносова Е. А. Теория сварочных процессов : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	<a href="http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=653">http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=653</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Управление электронно-лучевой сваркой / В. Д. Лаптенко [и др.]. - Красноярск: Изд-во СибАА, 2000.	<a href="http://elib.pstu.ru/MyResearch/UserLogin">http://elib.pstu.ru/MyResearch/UserLogin</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Тыткин Ю. М. Специальные методы сварки : учебное пособие для вузов / Ю. М. Тыткин, Д. Н. Трушников, В. Я. Беленький. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	<a href="http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=597">http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=597</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Электронно-лучевая сварка : коллективная монография / Г. М. Младенов [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2825">http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2825</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Проектор, ноутбук	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	8
Практическое занятие	Установка для электронно-лучевой сварки и обработки	1

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Лучевые технологии и оборудование в сварочном производстве»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.04.01 Машиностроение
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Лучевые технологии в сварке
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Магистр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Сварочное производство, метрология и технология материалов
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс:** 1

**Семестр:** 1

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачёт: 1 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине "Лучевые технологии и оборудование в сварочном производстве" является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Лучевые технологии и оборудование в сварочном производстве» разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Лучевые технологии и оборудование в сварочном производстве» устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Лучевые технологии и оборудование в сварочном производстве».

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине «Лучевые технологии и оборудование в сварочном производстве», объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины «Лучевые технологии и оборудование в сварочном производстве» запланировано в течение одного семестра (второго семестра учебного плана). В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине "Лучевые технологии и оборудование в сварочном производстве" (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР/ ОПЗ	Т/КР		Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>З.1</b> Знать законы электронной оптики применительно к сварочным электронным пучкам, устройства электронно-лучевой пушки и установок для электронно-лучевой сварки и обработки	С1					ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1</b> Уметь оценивать параметры сварочных электронных пушек и возможности их применения в технологических процессах электронно-лучевой сварки, анализировать возможности технологических процессов электронно-лучевой сварки		ТО1				ТВ
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>В.1</b> Владеть навыками выбора оборудования и разработки технологии электронно-лучевой сварки,				ОПЗ1		ПЗ

практической деятельности для успешной эксплуатации существующих типов электронно-лучевого сварочного оборудования и внедрения в промышленное производство новых прогрессивных процессов электронно-лучевой сварки						
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--	--

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; ОПЗ – отчет по практическому занятию; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам магистратуры «Высшей школы авиационного двигателестроения» в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов и контрольных работ (индивидуальных домашних заданий).

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний,

освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты результатов практических занятий и теоретического опроса в рамках семинарских занятий.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска является положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### **2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

##### **2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

###### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Движение электрона в электрическом и магнитном полях.
2. Устройство электронного прожектора электронно-лучевой пушки.
3. Технологические особенности электронно-лучевой сварки конструкционных материалов.
4. Влияние фокусировки лазерного луча на геометрию шва при лазерной сварки с глубоким проплавлением.
5. Виды сварных соединений при электронно-лучевой сварке.

###### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Выбрать параметры технологического лазера для получения сварного шва заданной глубины.
2. Предложить метод контроля фокусировки при электронно-лучевой сварке изделия.
3. Выбрать конфигурацию стыка для электронно-лучевой сварке изделия.

###### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Составить план проведения исследовательских работ для разработки технологии электронно-лучевой сварки конкретного изделия.

2. Провести обоснование выбора траектории развертки луча и методов контроля его фокусировки для технологии электронно-лучевой сварки конкретного изделия.

3. Составить план проекта по разработке технологии лазерной сварки конкретного изделия.

#### **2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.