

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 29 » декабря 20 21 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_  
Специальные методы сварки и родственных технологий  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_  
252 (7)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_  
15.03.01 Машиностроение  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_  
Машиностроение (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Ознакомление студентов с возможностями рассматриваемых специальных способов сварки на основе изучения природы и техники получения соединений; составить представление о целесообразности технических средств, приёмов и способов сварки, обеспечивающих качество сварных соединений в широком диапазоне металлов и толщин.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Основы сварки электронным лучом (ЭЛС).  
Основы сварки плазменной дугой.  
Основы сварки лазером.  
Основы пайки.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 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-2.11	ИД-1ПК-2.11	Знает физические принципы, лежащие в основе электронно-лучевой сварки, лазерной сварки, плазменной сварки и смежных технологий.	Знает технологию производства сварных конструкций (изделий, продукции) различного назначения; технические характеристики, конструктивные особенности, назначение, принципы работы и правила эксплуатации оборудования, применяемого в сварочном производстве; порядок и методы планирования технической и технологической подготовки производства и выполнения сварочных работ; виды и методы неразрушающего контроля и разрушающих испытаний сварных соединений.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.11	ИД-2ПК-2.11	Умеет решать проблемы, возникающие при использовании высококонцентрированных источников нагрева в сварочном производстве при использовании оборудования, отработки технологии.	Умеет оформлять технологическую и рабочую документацию и инструкции для выполнения работ по производству (изготовлению, монтажу, ремонту, реконструкции) сварной конструкции (изделий, продукции) и эффективной эксплуатации сварочного и вспомогательного оборудования; выполнять расчеты и определять оптимальные технологические режимы и параметры сварки конструкций (изделий, продукции) любой сложности; определять технологичность сварной конструкции любой сложности, доступность и последовательность выполнения сварных швов, включая доступность для выполнения осмотра и неразрушающего контроля; производить подбор сварочного и вспомогательного оборудования.	Индивидуальное задание
ПК-2.11	ИД-3ПК-2.11	Владеет алгоритмом выбора нужного оборудования для рассматриваемых способов сварки, проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества выпускаемой продукции за счет правильного выбора сварочного оборудования и настройки режимов сварки и технологических процессов сварки; проведения работ по освоению новых	Владеет навыками расчета и отработки технологических режимов и параметров сварки конструкций (изделий, продукции) любой сложности; определения необходимого состава и количества сварочного и вспомогательного оборудования, технологической оснастки, приспособлений и инструмента для производства (изготовления, монтажа, ремонта, реконструкции) сварной конструкции	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		технологических процессов сварки с применением современного сварочного оборудования и его настройки.	(изделий, продукции) любой сложности; подготовки комплекта технической документации для производства (изготовления, монтажа, ремонта, реконструкции) сварной конструкции (изделий, продукции) любой сложности; проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества выпускаемой сварной конструкции (изделий, продукции); проведения работ по освоению новых технологических процессов и внедрению их в производство.	
ПК-2.12	ИД-1ПК-2.12	Знает основы сварки электронным лучом, основы сварки плазменной дугой, основы сварки лазером, передовой отечественный и зарубежный опыт производства сварных конструкций, технологические процессы сварки, сварочное и вспомогательное оборудование для этих способов сварки.	Знает виды и методы неразрушающего контроля и разрушающих испытаний сварных соединений; требования единой системы технологической документации; порядок и методы планирования технической и технологической подготовки производства и выполнения сварочных работ; передовой отечественный и зарубежный опыт производства сварных конструкций, технологические процессы сварки, сварочное и вспомогательное оборудование.	Экзамен
ПК-2.12	ИД-2ПК-2.12	Умеет обосновать выбор специального способа сварки для заданных условий работы изделия или конструкции (оптимальные способы сварки, источники питания,	Умеет определять соответствие сварочных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента требованиям нормативной и	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		вспомогательное оборудование, сварочные материалы); выполнять сварку со-гласно требованиям нормативной и производственно-технологической документации; выполнять расчеты и определять оптимальные технологические режимы и параметры сварки; внедрять прогрессивные технологические процессы по сварке и родственным процессам; пользоваться справочной литературой по рассматриваемым методам сварки.	производственно-технологической документации; выполнять расчеты и определять оптимальные технологические режимы и параметры сварки конструкций (изделий, продукции) любой сложности; производить подбор сварочного и вспомогательного оборудования; внедрять прогрессивные технологические процессы по сварке и родственным процессам.	
ПК-2.12	ИД-3ПК-2.12	Владеет базовыми знаниями о способах сварки с использованием высококонцентрированных источников энергии.; контроля соблюдения технологических процессов при производстве сварных конструкций; оформления исполнительной документации по сварочному производству.	Владеет навыками контроля соответствия свариваемых и сварочных материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента технологической документации; контроля соблюдения технологических процессов при производстве (изготовлении, монтаже, ремонте, реконструкции) сварных конструкций (изделий, продукции) или их элементов; контроля объема и своевременности проведения неразрушающего контроля и разрушающих испытаний сварных соединений; оформления исполнительной документации по сварочному производству.	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	90	90	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	34	34	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	126	126	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	252	

### 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
7-й семестр				
Общие сведения об ЭЛС.	2	2	4	14
Передача энергии пучком ускоренных электронов металлу. Тепловой баланс в сварочной ванне. Давление пучка на сварочную ванну. Формирование проплавления при ЭЛС.				
Технологические основы ЭЛС.	2	2	4	16
Влияние параметров процесса на форму проплавления. Катоды сварочных пушек. Эмиссионные системы. Протекторы сварочных пушек. Фокусирующие и отклоняющие системы сварочных пушек. Вакуумные системы сварочных электронно-лучевых установок.				
Понятие и физический смысл сжатой дуги.	2	4	4	16
Принцип получения сжатой дуги. Энергетические свойства сжатой дуги. Теплосодержание молекулярных и одно-атомных газов. Эффективная тепловая мощность. Пути повышения эффективной мощности.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Плазменные технологии.	2	6	6	16
Классификация плазмотронов. Катоды плазмотронов. Дугообразование. Принципиальная схема возбуждения сжатой дуги. Источники питания для плазменной резки, плазменно-механической обработки и сварки. Требования к источникам питания.				
Электромагнитное излучение.	2	4	4	14
Энергетические уровни атомов. Лазерные материалы. Инверсия населённости. Методы создания инверсии населённости.				
Технологические основы лазерной сварки.	2	4	4	14
Структурная схема лазерной технологической установки. Работа газового лазера. Влияние характера излучения на результаты сварки. Импульсная шовная лазерная сварка. Подготовка кромок стыка при лазерной сварке. Сварка квантовым генератором большой мощности.				
Пайка материалов.	2	4	4	14
Методы пайки. Способы пайки. Преимущества и недостатки пайки по сравнению со сваркой плавлением. Растекание. Капиллярное давление. Процессы диффузии и растворения при пайке. Процессы кристаллизации при пайке Назначение флюсов. Механизм флюсования. Классификация флюсов. Разновидности и композиции флюсов. Газовые среды при пайке. Краткая характеристика свойств припоев. Классификация припоев. Припои на основе меди. Серебряные припои. Никелевые припои. Железные и марганцевые припои. Алюминиевые и магниевые припои. Оловянно-свинцовые припои. Особенности конструирования паяных соединений. Особенности технологии пайки деталей из основных конструкционных материалов.				
Газокислородная резка различных металлов и сплавов	2	4	4	14
Назначение и классификация методов газопламенной обработки. Физико-химическое воздействие кислородной струи и пламени с разрезаемым металлом. Материальный баланс резки. Режим кислородной резки. Технологические особенности резки металлов малой, средней и большой толщин. Оборудование для кислородно-ацетиленовой резки. Ацетиленовые генераторы. Кислородно-флюсовая резка. Резка кислородным копьем.				
Газовая сварка и методы газопламенного нагрева	2	4	2	8

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Газовое пламя как источник теплоты. Области применения газовой сварки. Пламенная поверхностная закалка. Основы технологии и физических процессов при газопламенной закалке. Оборудование и область применения. Газопламенная правка и чистка. Физические основы газопламенной правки. Принцип поверхностной чистки. Оборудование. Область применения.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	34	36	126
ИТОГО по дисциплине	18	34	36	126

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Влияние параметров процесса при электронно-лучевой сварке на форму проплавления.
2	Влияние параметров процесса при плазменной сварке на качество катодной очистки.
3	Знакомство с устройством и работой импульсного квантового генератора.
4	Теплосодержание молекулярных и одноатомных газов.
5	Энергетические свойства сжатой дуги.
6	Общие сведения о родственных технологиях.
7	Плазменная поверхностная термообработка.
8	Аддитивные технологии с использованием проволочного материала

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Знакомство с устройством и работой вакуумной камеры и электронной пушки.
2	Влияние параметров процесса при электронно-лучевой сварке на форму проплавления.
3	Электронно-лучевая сварка и наплавка с подачей проволочного присадочного материала.
4	Изучения влияния параметров режима сварки на качество сварного соединения при электронно-лучевой сварке.
5	Знакомство с устройством и работой импульсного квантового генератора.
6	Изучения влияния параметров режима сварки на качество сварного соединения при импульсной лазерной сварке.
7	Знакомство с устройством и работой плазмотрона прямого действия.



№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
8	Изучение эффекта катодной очистки при плазменной сварке на токе обратной полярности.
9	Изучения влияния параметров режима сварки на качество сварного соединения при плазменной сварке.
10	Теплосодержание молекулярных и одноатомных газов.
11	Энергетические свойства сжатой дуги.
12	Знакомство с устройством и работой роботизированных сварочных установок.
13	Исследование технологических возможностей технологии сварки холодной проволокой (Fronius CMT).
14	Технология пайки медных сплавов.
15	Технология аргонодуговой пайки-сварки.
16	Разработка технологической карты процесса газовой сварки трубопровода

## 5. Организационно-педагогические условия

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

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление 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 лабораторных 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.

### 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, лабораторным работам 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	Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки : учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. 663 с.	4
2	Кайдалов А.А. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. Киев : Екотехнологія, 2007. 455 с.	3
3	Кривоносова Е. А. Пайка металлов : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012. 215 с. 13,5 усл. печ. л.	41
4	Кривоносова Е.А., Семенова Н.Е. Газопламенная обработка металлов : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2006. 73 с.	39
5	Щекин В.А. Технологические основы сварки плавлением : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. 345 с.	5
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Плазменные технологии в сварочном производстве. Ч.2. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007. 117 с.	40
2	Полевой Г.В., Сухинин Г.К. Газопламенная обработка металлов : учебник. М. : Академия, 2005. 333 с.	3
3	Справочник по пайке / Петрунин И. Е., Березников Ю. И., Бунькина Р. Р., Ильина И. И. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 2003. 479 с.	9
4	Тыткин Ю. М., Трушников Д. Н., Беленький В. Я. Специальные методы сварки : учебное пособие для вузов. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012. 85 с. 5,5 усл. печ. л.	5
5	Щицын Ю.Д. Плазменные технологии в сварочном производстве. Ч.1 : Учеб. пособие для вузов. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2004. 72 с.	47
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Автоматическая сварка : Сварка. Резка. Наплавка. Пайка. Нанесение покрытий международный научно-технический и производственный журнал. Киев : Сварка, 1948 - .	
2	Сварка и диагностика : научно-технический и производственный журнал по сварке, контролю и диагностике. Москва : Мастер-класс, 2006 - .	
3	Сварочное производство : научно-технический и производственный журнал. 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>		

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Григорьянц А. Г. Технологические процессы лазерной обработки : учебное пособие для вузов / Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2006.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106474">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106474</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Кайдалов А.А. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии / А.А. Кайдалов. - Киев: Екотехнологія, 2004.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7250">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7250</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Лазерные технологии обработки материалов : современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / В. Я. Панченко [и др.]. - Москва: Физматлит, 2009.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6066">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6066</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Сидоров В. П. Электронно-лучевая сварка. Технологические особенности и оборудование : учебное пособие / Сидоров В. П., Мельзитдинова А. В. - Тольятти: ТГУ, 2013.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-139620">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-139620</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Справочник по пайке / Петрунин И. Е., Березников Ю. И., Бунькина Р. Р., Ильина И. И. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 2003. URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2385">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2385</a> (дата обращения: 22.12.2021)	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2385">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2385</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Кривоносова Е. А. Пайка металлов : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2012. 216 с. URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160480">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160480</a> (дата обращения: 22.12.2021)	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160480">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160480</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Кривоносова Е.А., Семенова Н.Е. Газопламенная обработка металлов : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2006. URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2445">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2445</a> (дата обращения: 22.12.2021)	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2445">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2445</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Тыткин Ю. М. Специальные методы сварки : учебное пособие для вузов / Ю. М. Тыткин, Д. Н. Грушников, В. Я. Беленький. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3453">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3453</a>	локальная сеть; 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/Record/RUPNRPUelib3703">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3703</a>	локальная сеть; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

### 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

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Импульсная лазерная установка ALFA-300	1
Лабораторная работа	Машины для контактной сварки МТ-1210, МР-4, МШ-3401, МСР-75	1
Лабораторная работа	Роботизированная сварочная установка Fronius CMT	1
Лекция	Ноутбук, проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	8

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

Описан в отдельном документе
------------------------------