

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 И.Ю.Черникова

« 10 » января 20 25 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Аддитивные технологии лазерной наплавки и восстановления изделий  
(наименование)

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

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

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

**Направление подготовки:** 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Инновационные технологии аддитивного и литейного производства  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель – получение знаний, умений и навыков при технологической подготовке лазерной обработки материалов в машиностроении, процессов лазерной наплавки и восстановления изделий.

Задачи:

– формирование знаний:

изучение видов и характеристик источников лазерного излучения, их взаимодействие с конструкционными материалами, виды порошков и способы их получения.

– формирование умений:

подбирать порошки и их композиции для наплавки, создавать управляющие программы для установки лазерной наплавки;

– формирование навыков:

способами создания объемных изделий, нанесения покрытий и восстановления деталей с помощью лазерной наплавки;

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Лазеры и лазерные системы

Металлические порошки для лазерной наплавки

Получение объемных изделий процессом прямого подвода энергии и материала

Создание объемных изделий, нанесение покрытий методом лазерной наплавки

### 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-2.4	ИД-1ПК-2.4	Знает последовательность действий при оценке технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Знает последовательность действий при оценке технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Экзамен
ПК-2.4	ИД-2ПК-2.4	Умеет использовать САД-системы для выявления нетехнологичных элементов конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Умеет использовать САД-системы для выявления нетехнологичных элементов конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.4	ИД-3ПК-2.4	Владеет навыками качественной и количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Владеет навыками качественной и количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Индивидуальное задание
ПК-4.4	ИД-1ПК-4.4	Знает технические возможности технологического оборудования организации. и методы технологического проектирования	Знает технические возможности технологического оборудования организации. и методы технологического проектирования	Экзамен
ПК-4.4	ИД-2ПК-4.4	Умеет систематизировать и анализировать информацию по результатам работы профильного подразделения	Умеет систематизировать и анализировать информацию по результатам работы профильного подразделения	Индивидуальное задание
ПК-4.4	ИД-3ПК-4.4	Владеет навыками проектирования технологических процессов передовых достижений науки и техники	Владеет навыками проектирования технологических процессов передовых достижений науки и техники	Индивидуальное задание
ПК-4.6	ИД-1ПК-4.6	Знает принципы технологического группирования изделий, методы анализа технического уровня объектов техники и технологии	Знает принципы технологического группирования изделий, методы анализа технического уровня объектов техники и технологии	Экзамен
ПК-4.6	ИД-2ПК-4.6	Умеет классифицировать машиностроительные изделия по конструктивно-технологическим признакам для формирования групп, для которых целесообразно разрабатывать групповые технологические процессы	Умеет классифицировать машиностроительные изделия по конструктивно-технологическим признакам для формирования групп, для которых целесообразно разрабатывать групповые технологические процессы	Индивидуальное задание
ПК-4.6	ИД-3ПК-4.6	Владеет навыками унификации и типизации конструкторско-технологических решений	Владеет навыками унификации и типизации конструкторско-технологических решений	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
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)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)	36	36	
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
3-й семестр				
Лазерные технологии в современном машиностроении	8	0	8	36
Введение. Общие сведения об изучаемой дисциплине. Тема 1. Лазер. История создания. Принцип действия. Типы лазеров. Основные области применения. Виды лазерных технологий. Взаимодействие лазерного излучения с металлами и неметаллами. Тема 2. Металлические порошки. Способы получения порошковых материалов. Тема 3. Особенности лазерного нанесения материалов. Типы установок. Сравнение методов нанесения покрытий, принципиальные схемы установок для лазерной наплавки.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
С Лазерная наплавка покрытий и восстановление изделий	10	0	8	36
Тема 4. Устройство и принцип работы на установках лазерной наплавки по технологии LENS. Определение технологических режимов и создание управляющих программ. Тема 5. Техника безопасности при эксплуатации лазерных установок. Техника безопасности при эксплуатации электроустановок. Особенности охраны труда при работе с лазерными установками. Тема 6. Процесс прямого подвода энергии и материала (DED). Послойная лазерная наплавка (DMD- или LENS-технология). Свойства наплавленного материала в сравнении со свойствами материала основы. Прогнозирование свойств наплавленного материала, структурные преобразования при наплавке.				
ИТОГО по 3-му семестру	18	0	16	72
ИТОГО по дисциплине	18	0	16	72

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Виды лазеров, их взаимодействие с материалами
2	Виды порошков, используемых при наплавке, определение свойств металлических порошков
3	Инструктаж по технике безопасности при работе с лазерными установками
4	Устройство и принцип работы на установках лазерной наплавки на примере ИЛИСТ-М
5	Нанесение покрытий лазерной наплавкой, методика определения технологических режимов
6	Металлографические исследования наплавленного материала

#### Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Разработка технологии восстановления изделия авиационного назначения

## 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.

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	Аддитивные технологии в производстве металлических конструкций : учебник / Щербаков А. В., Гапонова Д. А., Слива А. П., Гуденко А. В., Родякина Р. В. Москва : МЭИ, 2022. 675 с. 54,925 усл. печ. л.	15
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		

1	Металлические порошки. Изделия из металлических порошков : справочник / Алымов М. И., Левинский Ю. В., Вершинина Е. В., Набойченко С. С., Касимцев А. В. Москва Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. 554 с.	1
2	Фёдоров Б. Ф. Лазеры. Основы устройства и применение. Москва : ДОСААФ СССР, 1988. 190 с.	5
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<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	Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие : учебное пособие для вузов / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-8525-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	<a href="https://e.lanbook.com/book/186213">https://e.lanbook.com/book/186213</a> (дата обращения: 21.12.2022)	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Кирюханцев-Корнеев, Ф. В. Современные технологии нанесения упрочняющих покрытий на поверхности изделий сложных пространственных форм : курс лекций. Современные технологии нанесения упрочняющих покрытий на поверхности изделий сложных пространственных форм	IPR SMART	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	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

#### **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="https://elib.pstu.ru/">https://elib.pstu.ru/</a>
Образовательная платформа Юрайт	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRsmart	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	локальная сеть
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="http://325290.inkip.ru/docs">http://325290.inkip.ru/docs</a>

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

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	ИЛИСТ-М	1
Курсовой проект	Микроскоп OLYMPUS GX51	1
Лекция	Доска маркерная	1
Лекция	Компьютер персональный	1
Лекция	проектор	1
Практическое занятие	Доска маркерная	1
Практическое занятие	ИЛИСТ-М	1
Практическое занятие	Микроскоп OLYMPUS GX51	1
Практическое занятие	Проектор	1

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

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