

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:** Рентгенография  
(наименование)

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

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

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

**Направление подготовки:** 22.04.02 Metallургия  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Металловедение и технология термической обработки сталей  
и высокопрочных сплавов  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование комплекса знаний, умений и навыков в области рентгенографии. Задачи: 1. Изучение понятий, особенностей в области рентгенографии (формирование знаний); 2. Выполнение анализа рентгенограмм (формирование умений); 3. Владение приемами проведения исследований на рентгеновском оборудовании (формирование навыков).
---

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- Теория дифракции. - Физика рентгеновских лучей. - Методы рентгеновского анализа
---

### 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-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает методы рентгеноструктурного анализа.	Знает методы исследований, обработки и анализа результатов испытаний и измерений; критерии выбора методов и методик исследований	Экзамен
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет использовать знания о методах рентгеноструктурного анализа	Умеет проводить испытания, измерения; выполнять металлографические исследования структуры металлов и сплавов; анализировать полученные данные, делать выводы	Индивидуальное задание
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Владеет навыками использования знания о методах рентгеноструктурного анализа.	Владеет навыками выбора испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; обработки и оценки результатов исследований	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-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает устройство и принцип работы рентгеновского оборудования.	Знает теорию термообработки сталей и сплавов; технологические процессы термической обработки; конструкции основного и вспомогательного термического оборудования.	Экзамен
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Владеет навыками использования знания об устройстве и принципах работы рентгеновского оборудования.	Владеет навыками выбора технологических процессов объемной и поверхностной термической обработки.	Индивидуальное задание
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет использовать знания об устройстве и принципах работы рентгеновского оборудования.	Умеет решать задачи, относящиеся к технологии термического производства, используя теоретические знания.	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	32	32	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	8	8	
- лабораторные работы (ЛР)	8	8	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	14	14	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	76	76	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
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
2-й семестр				
Основы рентгенографии.	2	0	0	0
Что такое рентгенография. Спектры рентгеновского излучения.				
Методы рентгеноструктурного анализа.	2	0	0	0
Задачи структурного анализа. Интерференция волн. Рентгеновское рассеяние и отражение. Условие Лауэ. Уравнение Вульфа-Брэгга.				
Определение остаточных напряжений рентгеновским методом.	2	0	0	0
Что такое остаточные напряжения. Виды остаточных напряжений. Способы определения остаточных напряжений. Сущность рентгеновского метода. Определение макронапряжений с помощью дифрактометра. Определение микронапряжений.				
Рентгеновская дефектоскопия.	2	0	0	0
Что такое дефектоскопия. Принципиальная схема рентгеновского контроля. Интенсивность рентгеновского излучения. Контрастность изображения. Методы рентгеновской дефектоскопии. Фотографический метод.				
Установление вещества по данным о межплоскостных расстояниях.	0	0	1	0
Методика качественного рентгеновского анализа.				
Количественный фазовый анализ.	0	0	1	0
Методика количественного рентгеновского анализа.				
Определение доли остаточного аустенита в сталях.	0	0	2	0
Методика определения доли остаточного аустенита по рентгенограмме, полученной на дифрактометре.				
Определение размера зерна в сталях.	0	0	2	0
Построение зависимости ширины рентгеновской линии от размера зерна в среднеуглеродистой стали				
Определение глубины обезуглероженного слоя.	0	0	2	0
Построение зависимости ширины рентгеновской линии от содержания углерода в стали. Построение зависимости содержания углерода в стали от глубины цементованного слоя.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Определение микронапряжений в сталях.	0	0	2	0
Расчет микронапряжений в легированной стали после деформации. Построение зависимости уровня микронапряжений от степени деформации легированной стали.				
Определение температуры рекристаллизации деформированного металла.	0	0	2	0
Построение зависимости ширины рентгеновской линии от температуры отжига после деформации. Определение температуры рекристаллизации.				
Количественный анализ фаз в порошковых материалах.	0	0	2	0
Методика определения количества фаз в порошковых материалах.				
Устройство и принцип работы рентгеновского дифрактометра.	0	4	0	0
Подготовка образцов. Рентгеновские трубки. Конструкция дифрактометра ДРОН-3. Принцип работы гониометра.				
Прецизионное определение периодов кристаллической решетки поликристаллического образца рентгенодифракционным методом.	0	4	0	0
Метод графической экстраполяции. Метод наименьших квадратов.				
Физика рентгеновских лучей.	0	0	0	8
Ослабление рентгеновских лучей при прохождении через вещество. Коэффициент ослабления. Тепловой фактор, атомный фактор, фактор повторяемости, структурный фактор.				
Методы рентгеноструктурного анализа.	0	0	0	14
Обратная решетка, сфера Эвальда.				
Рентгеновские камеры.	0	0	0	10
Камера РКД, камера КРОС, фокусирующие камеры.				
Анализ твердых растворов.	0	0	0	10
Определение типа твердого раствора, построение диаграммы состояния двойных сплавов, исследование упорядоченных твердых растворов.				
Исследование процессов закалки и отпуска стали.	0	0	0	10
Анализ процессов распада пересыщенных твердых растворов.				
Определение напряжений в металлах и сплавах.	0	0	0	10
Методы определения наноразмеров субзеренной структуры: микронапряжений и размеров блоков. Метод аппроксимации, метод моментов.				
Рентгеновский анализ преимущественных ориентировок.	0	0	0	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
Текстура прокатки, полусные фигуры.				
Рентгеновская дефектоскопия	0	0	0	6
Факторы, влияющие на процентуальную чувствительность.				
ИТОГО по 2-му семестру	8	8	14	76
ИТОГО по дисциплине	8	8	14	76

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Установление вещества по данным о межплоскостных расстояниях.
2	Количественный фазовый анализ.
3	Определение доли остаточного аустенита в сталях.
4	Определение размера зерна в сталях.
5	Определение глубины обезуглероженного слоя.
6	Определение микронапряжений в сталях.
7	Определение температуры рекристаллизации деформированного металла.
8	Количественный анализ фаз в порошковых материалах.

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Устройство и принцип работы рентгеновского дифрактометра.
2	Прецизионное определение периодов кристаллической решетки поликристаллического образца рентгенодифракционным методом.

## 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, 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	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия : учебник / Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н. Москва : Металлургия, 1982. 632 с.	2
2	Русаков А. А. Рентгенография металлов : учебник для вузов. Москва : Атомиздат, 1977. 479 с.	14
<b>2. Дополнительная литература</b>		

<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Горелик С. С., Расторгуев Л. Н., Скаков Ю. А. Рентгенографический и электроннооптический анализ : практическое руководство по рентгенографии, электронографии и электронной микроскопии металлов, полупроводников и диэлектриков учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Металлургия, 1970. 368 с.	2
2	Иванов А. С. Рентгенография металлов : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2014. 76 с. 5,0 усл. печ. л.	5
3	Косолапов Г. Ф. Рентгенография : учебное пособие для вузов. Москва : Высшая школа, 1962.	5
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Заводская лаборатория. Диагностика материалов.	1
<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	Высокоразрешающая рентгеновская дифрактометрия и топография	<a href="https://www.rfbr.ru/rffi/ru/boks/o_27069#77">https://www.rfbr.ru/rffi/ru/boks/o_27069#77</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Рентгеновская дифрактометрия поликристаллов	<a href="http://www.school.ioffe.ru/pubs/files/XRD_v.n1.1.pdf">http://www.school.ioffe.ru/pubs/files/XRD_v.n1.1.pdf</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	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
Лабораторная работа	Доска маркерная	1
Лабораторная работа	ПК или ноутбук	1
Лабораторная работа	Проектор	1
Лабораторная работа	Рентгеновский дифрактометр ДРОН-3	1
Лекция	Доска маркерная	1
Лекция	ПК или ноутбук	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Доска маркерная	1
Практическое занятие	ПК или ноутбук	1
Практическое занятие	Проектор	1
Практическое занятие	Рентгеновский дифрактометр ДРОН-3	1

#### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

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