

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 28 » сентября 20__ 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 Металлургия _____
(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	Реферат
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	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	Отчёт по практическом у занятию

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.	Реферат
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.	Отчёт по практическому занятию
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.	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	9	9	
- лабораторные работы (ЛР)	9	9	
- 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)			
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	3	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	2	0
Методика качественного рентгеновского анализа				
Количественный фазовый анализ	0	0	2	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	5	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	8
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	4
Факторы, влияющие на процентуальную чувствительность				
ИТОГО по 2-му семестру	9	9	16	72
ИТОГО по дисциплине	9	9	16	72

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 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 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
1. Основная литература		
1	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия : учебник / Я. С. Уманский [и др.]. - Москва: Металлургия, 1982.	43
2	Русаков А. А. Рентгенография металлов : учебник для вузов / А. А. Русаков. - Москва: Атомиздат, 1977.	17
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		

1	Горелик С. С. Рентгенографический и электроннооптический анализ : практическое руководство по рентгенографии, электронографии и электронной микроскопии металлов, полупроводников и диэлектриков : учебное пособие для вузов / С. С. Горелик, Л. Н. Расторгуев, Ю. А. Скаков. - Москва: Металлургия, 1970.	2
2	Иванов А. С. Рентгенография металлов : учебное пособие / А. С. Иванов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	5
3	Косолапов Г. Ф. Рентгенография : учебное пособие для вузов / Г. Ф. Косолапов. - Москва: Высш. шк., 1962.	5
2.2. Периодические издания		
1	Заводская лаборатория. Диагностика материалов	1
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	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	https://www.rfbr.ru/rffi/ru/bo oks/o_27069#77	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Рентгеновская дифрактометрия поликристаллов	http://www.school.ioffe.ru/p hys/files/XRD_v.n1.1.pdf	сеть Интернет; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
	Не требуется

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	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Рентгеновский дифрактометр ДРОН-3	1
Лекция	доска	1
Практическое занятие	Рентгеновский дифрактометр ДРОН-3	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Рентгенография»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	22.04.02(150400.68) Металлургия
Направленность (профиль) образовательной программы:	Металловедение и технология термической обработки стали и высокопрочных сплавов <u>магистр</u>
Квалификация выпускника:	«Магистр»
Выпускающая кафедра:	<u>Металловедение, термическая и лазерная обработка металлов</u>
Форма обучения:	<u>очная</u>
Курс: <u>1</u>	Семестр: <u>2</u>
Трудоёмкость:	
-кредитов по рабочему учебному плану:	<u>4</u> ЗЕ
-часов по рабочему учебному плану:	<u>144</u> ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Экзамен: 2 семестр	

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине 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 устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, 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 (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 экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

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

Таблица 1.1. Контролируемые результаты обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий		Рубежный	Итоговый
	ПЗ	ЛР	РК	Экзамен
Усвоенные знания				
3.1 знать природу рентгеновского излучения			РКР 1	ТВ
3.2 знать методы рентгеноструктурного анализа	ОПЗ-1, 3	ЛР-1, 2	РКР 1	
3.3 знать методы исследования процессов закалки и отпуска стали	ОПЗ-4		РКР 2	
3.4 знать методы определения напряжений в металлах и сплавах	ОПЗ-5		РКР 2	
3.5 знать устройство и принципы работы рентгеновского оборудования	ОПЗ-2	ЛР-1, 2	РКР 1	
3.6 знать методы рентгеновской дефектоскопии			РКР 1	
Освоенные умения				
У.1 уметь использовать знания о природе рентгеновского излучения			РКР 1	ПЗ
У.2 уметь использовать знания о методах рентгеноструктурного анализа	ОПЗ-1, 3	ЛР-1, 2	РКР 1	
У.3 уметь использовать знания о методах исследования процессов закалки и отпуска стали	ОПЗ-4		РКР 2	
У.4 уметь использовать знания о методах определения напряжений в металлах и сплавах	ОПЗ-5		РКР 2	
У.5 уметь использовать знания об устройстве и принципах работы рентгеновского оборудования	ОПЗ-2	ЛР-1, 2	РКР 1	
У.6 уметь использовать знания о методах рентгеновской дефектоскопии			РКР 1	
Приобретенные владения				
В.1 владеть навыками использования знания о природе рентгеновского излучения			ИКЗ	КЗ
В.2 владеть навыками использования знания о методах рентгеноструктурного анализа			ИКЗ	
В.3 владеть навыками использования знания о методах исследования процессов закалки и отпуска стали			ИКЗ	
В.4 владеть навыками определения напряжений в металлах и сплавах			ИКЗ	
В.5 владеть навыками использования знания об устройстве и принципах работы рентгеновского оборудования			ИКЗ	
В.6 владеть навыками рентгеновской дефектоскопии			ИКЗ	

ОПЗ – отчет по практическому занятию; РКР – рубежная контрольная работа; ИКЗ – индивидуальное комплексное задание, ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала проводится в форме защиты отчета о практическом занятии и отчета о лабораторной работе. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.1.1. Защита отчета о практическом занятии

Всего запланировано 5 практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД. Защита отчета о практическом занятии проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.1.2. Защита отчета о лабораторной работе

Всего запланировано 2 лабораторные работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита отчета о лабораторной работе проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме рубежной контрольной работы после и защиты индивидуального комплексного задания (после изучения двух модулей учебной дисциплины).

2.2.1. Рубежная контрольная работа

Всего запланировано 2 рубежные контрольные работы (РКР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая РКР по модулю 1: «Теоретические основы рентгеноструктурного анализа», вторая РКР - по модулю 2: «Рентгеноструктурный анализ в металловедении».

2.2.2. Индивидуальное комплексное задание

Всего запланировано 1 индивидуальное комплексное задание (ИКЗ). Типовые темы индивидуального комплексного задания приведены в РПД.

Типовое задание РКР 1:

1. Вывод уравнения Вульфа-Брэгга.
2. Интегральная интенсивность рентгеновских максимумов.

Типовое задание РКР 2:

1. Метод градуировочной кривой
2. Определение концентрации углерода по мартенситному дублету

Типовое задание ИКЗ:

1. Определение изменения количества остаточного аустенита в зависимости от температуры отпуска в данной стали.
2. Расчет изменения напряжений и размеров блоков по глубине цементованного слоя данной стали.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех отчетов о практических занятиях, лабораторных работ, комплексного индивидуального задания контроля самостоятельной работы и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно 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. Форма билета представлена в приложении №1 ФОС образовательной программы.

2.3.1. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

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

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена 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 экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

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 экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Приложение 1.
Форма билета для экзамена



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

22.04.02 «Металлургия»
Профиль «Металловедение и технология
термической обработки стали и
высокопрочных сплавов»
Кафедра «Металловедение, термическая и
лазерная обработка металлов»

Дисциплина «Рентгенография»

БИЛЕТ № 1

1. Интерференция рентгеновских лучей (*контроль знаний*).
2. Методика аппроксимации (*контроль умений*).
3. Качественный фазовый анализ (*контроль умений и владений*).