

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о подписи:
ФИО: Выборнова Любовь Алексеевна
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.09.2025
Уникальный программный ключ:
c3b3b9c625f6c113afa2a2c42baff9e05a38b76e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Поволжский государственный университет сервиса» (ФГБОУ ВО «ПВГУС»)

Высшая школа передовых производственных технологий

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физические методы исследования металлов и сплавов»

Направление подготовки:

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

Направленность (профиль):

«Инжиниринг технологических инноваций»

Квалификация выпускника: **магистр**

Тольятти 2025

Рабочая программа дисциплины «Физические методы исследования металлов и сплавов» разработана в соответствии с
- федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - магистратура по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14 августа 2020 г. № 1026.

Составитель:

д.т.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

В.И. Воловач
(ФИО)

РПД обсуждена на заседании Высшей школы передовых производственных технологий
26.09.2025 г., протокол № 1

Директор Высшей школы
передовых производственных технологий

д.т.н., доцент
(уч. степень, уч. звание)

В.И. Воловач
(ФИО)

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

- углубление уровня освоения обучающимися профессиональных компетенций, необходимых для решения задач профессиональной деятельности в области технологических машин и оборудования, на основе изучения современных физических методов анализа структуры, фазового состава и свойств металлических материалов.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
ПК-1 Способен разрабатывать планы и программы проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при исследовании самостоятельных тем	ИПК-1.1 Использует современные методы анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений ИПК-1.2 Обосновывает меры по обеспечению патентной чистоты объекта техники ИПК-1.3 Осуществляет анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений	Знает: - Физические основы, принципы работы и области применения современных методов исследования структуры и свойств металлов и сплавов (оптической, электронной и атомно-силовой микроскопии, рентгеноструктурного и термического анализа); - Нормативную базу, государственные и международные стандарты, регламентирующие проведение научно-исследовательских работ (НИР) и опытно-конструкторских разработок (ОКР) в области металловедения; - Принципы формирования планов и программ комплексных экспериментальных исследований конструкционных и функциональных материалов для технологических машин; - Методологию выбора аналитического оборудования и подготовки образцов в зависимости от поставленных исследовательских задач; - Методы математической статистики и компьютерной обработки данных, применяемые для верификации результатов физического эксперимента. Умеет: - Разрабатывать технические задания, перспективные планы и детальные программы проведения НИР и ОКР по исследованию структуры и свойств металлов применительно к самостоятельным научным темам; - Выбирать оптимальный комплекс физических методов исследования (рентгеногра-	40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
		фия, микроанализ, дефектоскопия) для решения конкретных научно-производственных задач; - Проводить планирование физического эксперимента с целью минимизации трудоемкости и максимизации достоверности получаемых данных; - Анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области материаловедческого обеспечения машиностроения; - Формулировать выводы и составлять отчетную документацию по результатам выполненных этапов исследований в соответствии с требованиями ГОСТ. Владеет: - Навыками самостоятельной разработки программных документов (планов, сетевых графиков, методик) для реализации научно-исследовательских проектов; - Методиками интерпретации результатов рентгеноструктурного, качественного и количественного фазового анализов, а также электронной микроскопии высокого разрешения; - Опыт работы на современных приборах и аналитических комплексах для исследования макро-, микро- и субмикроструктуры металлических материалов; - Технологиями математической обработки экспериментальных данных и оценки погрешностей измерений при проведении физико-химических исследований; - Способами представления результатов НИР и ОКР в виде научных отчетов, технических докладов, публикаций и патентных материалов.	

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули) образовательной программы и является элективной дисциплиной, углубляющей освоение профиля (Дисциплины по выбору).

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем и структура дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **4 з.е. (144 час.)**, их распределение по видам работ и семестрам представлено в таблице.

Виды учебных занятий и работы обучающихся	Трудоёмкость, час
Общая трудоёмкость дисциплины, час	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего), в т.ч.:	44/14
занятия лекционного типа (лекции)	20/6
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	24/8
лабораторные работы	-
Самостоятельная работа всего, в т.ч.:	73/121
Самоподготовка по темам (разделам) дисциплины	73/121
Выполнение курсового проекта /курсовой работы	-
Контроль (часы на экзамен)	27/9
Промежуточная аттестация	экзамен

Примечание: -/- объем часов соответственно для очной, очно-заочной, заочной форм обучения

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

В процессе освоения дисциплины может применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

В процессе освоения дисциплины обучающиеся обеспечены доступом к электронной информационно-образовательной среде и электронно-библиотечным системам.

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час		
ПК-1 ИПК-1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	ТЕМА 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОС- НОВЫ ФИЗИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛО- ВЕДЕНИЯ И КЛАССИЧЕСКАЯ ОПТИ- ЧЕСКАЯ МЕТАЛЛОГРАФИЯ. Содержание лекции: Предмет, задачи и структура курса. Место физических методов исследования в цикле проектирования и эксплуатации технологи- ческих машин и оборудования. Классифика- ция методов по характеру взаимодействия излучения с веществом. Пределы разрешения оптических систем. Современные методы световой микроско- пии: светлое и темное поле, поляризованный свет, дифференциально-интерференционный контраст (ДИК). Повышение контраста изображения. Количественная металлогра- фия и автоматизированный анализ изобра- жений микроструктур	2/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа №1 «Количественный металлографический анализ геометрических параметров микроструктуры»			2/1		Отчет по прак- тической рабо- те

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час		
	Самостоятельная работа.				7/12	Самостоятель- ное изучение учебных мате- риалов; подготовка к практическим занятиям; доклад
ПК-1 ИПК-1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	ТЕМА 2. РАСТРОВАЯ (СКАНИРУЮ- ЩАЯ) ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКО- ПИЯ. Содержание лекции: Физические принципы электронной оптики. Устройство и конструктивные особенности растрового электронного микроскопа (РЭМ). Взаимодействие пучка электронов с поверх- ностью твердого тела. Области генерации сигналов. Формирование контраста во вторичных (SE) и обратнорассеянных (BSE) электронах. Влияние топографии и химического состава на характер изображения. Разрешающая спо- собность и глубина резкости РЭМ. Методики подготовки металлических образцов и изло- мов.	2/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа №2 «Анализ топогра- фии и морфологии поверхностей разрушения методами растровой электронной микроско- пии»			2/1		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятель- ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям; Доклад
ПК-1 ИПК-1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	ТЕМА 3. ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВЫЙ РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНЫЙ МИКРО- АНАЛИЗ. Содержание лекции: Физические основы генерации характери- стического рентгеновского излучения под действием электронного пучка. Энергодис- персионный (EDS) и волнодисперсионный (WDS) спектрометры: сравнительный ана- лиз, чувствительность, разрешающая спо- собность. Методика проведения качественного и коли- чественного локального химического анали- за фаз в сплавах. Построение профилей рас- пределения элементов и карт элементного картирования. Ограничения метода и источ- ники погрешностей.	2/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа №3 «Обработка резуль- татов электронно-зондового микроанализа гетерогенных систем»			2/1		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятель-

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)	
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час		
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час			
						ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям	
ПК-1 ИПК-1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	ТЕМА 4. ПРОСВЕЧИВАЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ. Содержание лекции: Принцип работы и оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Механизмы формирования амплитудного (абсорбционного) и фазового контраста. Дифракционный контраст на дефектах кристаллической решетки (дислокации, границы зерен, мелкодисперсные выделения). Получение светлопольных и темнопольных изображений. Высокоразрешающая просвечивающая электронная микроскопия (HRTEM). Специфика приготовления тонких фольг.	2/0,5				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС)	
	Практическая работа №4 «Анализ дефектов кристаллической структуры по контрасту электронно-микроскопических изображений»					2/1	Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа					7/12	Самостоятельное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ПК-1 ИПК-1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	ТЕМА 5. ДИФРАКЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В МИКРООБЪЕМАХ. Содержание лекции: Физика рассеяния электронов кристаллической решеткой. Метод микродифракции (дифракции в ограниченной области). Геометрия построения дифракционных картин. Интерпретация точечных, кольцевых и кикучи-паттернов. Определение кристаллографической ориентации фаз, параметров решетки и характера сопряжения матричной и избыточной фаз. Индексирование электронограмм.	2/0,5				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС)	
	Практическая работа № 5 «Индексирование электронограмм и прецизионный расчет параметров решетки по дифракционным картинам»					2/1	Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа					7/12	Самостоятельное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ПК-1 ИПК-1.1	ТЕМА 6. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИ-	2/0,5				Лекция-визуализация	

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час		
ИПК-1.2 ИПК-1.3	ЗА. Содержание лекции: Природа рентгеновского излучения. Тормоз- ной и характеристический спектры. Закон Мозли. Взаимодействие рентгеновских лу- чей с кристаллическим веществом. Уравне- ние Вульфа - Брэгга. Факторы, влияющие на интенсивность ди- фрагированных лучей (структурный, темпе- ратурный, угловой факторы). Конструкция современных автоматизированных рентге- новских дифрактометров (схема Брэгга - Брентано). Монохроматизация излучения и типы детекторов.					(в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа №6 «Расчет профиля рентгеновской дифракционной линии и юс- тировка геометрии съемки»			2/1		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятель- ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ПК-1 ИПК-1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	ТЕМА 7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕ- НИЕ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА. Содержание лекции: Качественный рентгенофазовый анализ (РФА): использование баз данных (ICDD PDF). Алгоритм идентификации фаз в гете- рогенных сплавах. Количественный фазовый анализ. Определение параметров кристаллической решетки твердых растворов. Анализ тонкой структуры: разделение вклада размеров об- ластей когерентного рассеяния (субзерен) и микроискажений кристаллической решетки. Рентгенографическое определение макрона- пряжений (метод $\sin^2\psi$).	2/1				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа №7 «Алгоритмы каче- ственного рентгенофазового анализа много- компонентных сплавов»			2/1		Отчет по прак- тической рабо- те
	Практическая работа №8 «Количественный рентгенографический анализ и определение макронапряжений»			2/0		Отчет по прак- тической рабо- те
	Практическая работа №9 «Оценка тонкой кристаллической структуры деформирован- ных металлов»			2/0		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				10/13	Самостоятель- ное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ПК-1 ИПК-1.1	ТЕМА 8. СКАНИРУЮЩАЯ ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ.	2/1				Лекция- визуализация

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час		
ИПК-1.2 ИПК-1.3	Содержание лекции: Физические принципы межатомного взаимодействия. Устройство атомно-силового микроскопа (АСМ). Типы измерительных зондов (кантилеверов). Режимы работы АСМ: контактный, полуконтактный (tapping mode), бесконтактный. Исследование трехмерной топографии поверхности металлов, шероховатости на нано-уровне. Магнитная (MFM) и электросиловая (EFM) зондовая микроскопия в материаловедении.					(в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа №10 «Метрологическая обработка трехмерных карт поверхностей в атомно-силовой микроскопии»			2/1		Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятельное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ПК-1 ИПК-1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	ТЕМА 9. МЕТОДЫ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ. Содержание лекции: Термодинамические основы фазовых превращений в твердом теле. Дифференциальный термический анализ (ДТА) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК): физический принцип, конструкция измерительных ячеек. Определение критических точек, теплот фазовых переходов, кинетики распада пересыщенных твердых растворов. Высокотемпературная дилатометрия: фиксация объемных изменений при фазовых превращениях в процессах термической обработки и сварки. Термогравиметрия (ТГ) при исследовании процессов окисления.	2/0,5				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Практическая работа №11 «Интерпретация термограмм и дилатометрических кривых фазовых превращений»			2/0		Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятельное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
ПК-1 ИПК-1.1 ИПК-1.2 ИПК-1.3	ТЕМА 10. ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ИНДЕНТИФИЦИРОВАНИЕ И СКЛЕРОМЕТРИЯ. Содержание лекции: Физика процесса локального деформирования материалов. Метод инструментального (кинетического) наноиндентирования. Диаграмма «нагрузка - глубина внедрения». Определение локального модуля упругости, нанотвердости, вязкости разрушения фазо-	2/0,5				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС)

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час		
	вых составляющих и тонких покрытий. Наносклерометрия (царапание): оценка адгезионной прочности покрытий и сопротивления микроистиранию. Критерии выбора комплекса физических методов для аттестации элементов технологического оборудования.					
	Практическая работа №12 «Расчет физико-механических характеристик материалов по диаграммам инструментального индентирования»			2/0		Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа				7/12	Самостоятельное изучение учебных материалов; Подготовка к практическим занятиям
	ИТОГО	20/6		24/8	73/121	

Примечание: -/- объем часов соответственно для очной, очно-заочной, заочной форм обучения

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Общие методические рекомендации по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

При проведении учебных занятий по дисциплине обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплины в форме курса, составленного на основе результатов научных исследований, проводимых университетом, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов **образовательных технологий**:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- электронное обучение;
- проблемное обучение;
- разбор конкретных ситуаций;
- информационные технологии: Google-документы

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов. В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости. Максимальное количество баллов в семестре - 100.

4.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала.

Лекционные занятия проводятся в поточной аудитории с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации или в ЭИОС университета.

В ходе лекционных занятий рекомендуется конспектирование учебного материала. Возможно ведение конспекта лекций в виде интеллект-карт.

Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения (конспектируются).

Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

4.3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа / на практических занятиях

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- обсуждение вопросов по учебному материалу дисциплины;

- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

Самостоятельная работа студентов включает:

- изучение учебной литературы по курсу;
- работу с ресурсами Интернет;
- подготовка докладов;
- подготовку к практическим (семинарским) занятиям;
- выполнение практических заданий;
- подготовку к промежуточной аттестации по курсу.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный учебный курс, созданный в ЭИОС университета <http://sdo.tolgas.ru/>

Самостоятельная работа обучающихся направлена на закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиска и приобретения новых знаний, а также выполнения учебных заданий, подготовки к предстоящим занятиям, текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Вся литература, включенная в данный перечень, представлена в виде электронных ресурсов в электронной библиотеке университета (ЭБС). Литература, используемая в печатном виде, представлена в научной библиотеке университета в объеме не менее 0,25 экземпляров на одного обучающегося.

Основная литература

1. Гетьман, А. А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учеб. для вузов / А. А. Гетьман. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2025. - 491 с. : ил. - (Высшее образование). - URL: <https://reader.lanbook.com/book/441662> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-507-50509-8. - Текст : электронный.
2. Гетьман, А. А. Материалы для современных конструкций с искусственным интеллектом : учебник / А. А. Гетьман, В. А. Палеха, А. В. Васильева. - Изд. 3-е, стер. - Документ reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2023. - 289 с. - (Высшее образование). - URL: <https://reader.lanbook.com/book/295949#2> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-507-46035-9. - Текст : электронный.
3. Елагина, О. Ю. Технологические методы повышения износостойкости деталей и машин : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. "Машиностроит. технологии и оборудо-

дование", специальности "Оборудование и технологии повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов" / О. Ю. Елагина. - Документ read. - Москва : Логос, 2020. - 489 с. - (Новая университетская библиотека). - URL: <https://znanium.com/read?id=367663> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-98704-450-6. - Текст : электронный.

4. Металлография металлов, порошковых материалов и покрытий, полученных электроискровыми способами : монография / В. Н. Гадалов, В. Г. Сальников, Е. В. Агеев, Д. Н. Романенко ; Юго-Запад. гос. ун-т. - Документ read. - Москва : ИНФРА-М, 2026. - 468 с. - URL: <https://znanium.ru/read?id=470414> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-009752-7. - 978-5-16-101162-1. - Текст : электронный.

5. Технологическое обеспечение качества поверхности и эксплуатационных свойств деталей машин : учеб. пособие / В. А. Лебедев, Г. А. Прокопец, Ю. В. Корольков, А. П. Шишкина. - Москва : ИФРА-М, 2026. - 221 с. - (Высшее образование). - Прил. - URL: <https://znanium.ru/read?id=474561> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-110969-4. - Текст : электронный.

Дополнительная литература

6. Валова (Копылова), В. Д. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа : практикум / Валова (Копылова), В. Д., Е. И. Паршина. - 5-е изд., стер. - Документ read. - Москва : Дашков и К, 2023. - 198 с. : ил. - (Учебные издания для бакалавров). - Прил. - URL: <https://znanium.ru/read?id=431548> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-394-05402-0. - Текст : электронный.

7. Валова (Копылова), В. Д. Физико-химические методы анализа : практикум / Валова (Копылова), В. Д., Л. Т. Абесадзе. - 4-е изд., стер. - Документ read. - Москва : Дашков и К, 2022. - 221 с. : ил., табл. - Прил. - URL: <https://znanium.ru/read?id=432246> (дата обращения: 29.10.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-394-04866-1. - Текст : электронный.

8. Гончаров, С. С. Физические методы контроля качества и исследования материалов : учеб. пособие / С. С. Гончаров ; Тул. гос. ун-т. - Тула : ТулГУ, 2023. - 117 с. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/391268#1> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

9. Материаловедение и технология материалов : учеб. пособие для подгот. бакалавров техн. направлений / А. И. Батышев, А. А. Смолькин, К. А. Батышев [и др.] ; под ред. А. И. Батышева и А. А. Смолькина. - Документ read. - Москва : ИНФРА-М, 2024. - 288 с. : ил. - (Высшее образование). - URL: <https://znanium.ru/read?id=436942> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-004821-5. - 978-5-16-102745-5. - Текст : электронный.

10. Материаловедение и технологические процессы в машиностроении : учеб. пособие для вузов по направлению "Конструкт.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в" / С. И. Богодухов, А. Д. Проскурин, Р. М. Сулейманов, А. Г. Схиртладзе ; под общ. ред. С. И. Богодухова. - Старый Оскол : ТНТ, 2011. - 559 с. : ил., табл. - ISBN 978-5-94178-220-8 : 439-00. - Текст : непосредственный.

11. Суздалев, И. П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. - Москва : ЛИБРОКОМ, 2013. - 590 с. : ил. - (Синергетика: от прошлого к будущему. № 25). - ISBN 978-5-397-03389-3 : 660-00. - Текст : непосредственный.

5.2. Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы, интернет-ресурсы

1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт.- Москва, 2000. - URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 24.09.2025).- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.- Текст: электронный.

2. КонсультантПлюс : справочная правовая система: сайт / ЗАО «КонсультантПлюс».- Москва, 1992. - URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 24.09.2025). - Текст : электронный.

3. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса: сайт / ФГБОУ ВО «ПВГУС».- Тольятти, 2010. - URL. : <http://elib.tolgas.ru> (дата обращения 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

4. Электронно-библиотечная система Znanium.com : сайт / ООО "ЗНАНИУМ".- Москва, 2011. - URL: <https://znanium.com/> (дата обращения 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

5. Электронно-библиотечная система Лань : сайт / ООО "ЭБС ЛАНЬ". - Москва, 2011. - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

5.3. Программное обеспечение

Информационное обеспечение учебного процесса по дисциплине осуществляется с использованием следующего программного обеспечения (лицензионного и свободно распространяемого), в том числе отечественного производства:

№п/п	Наименование	Условия доступа
1	Microsoft Windows	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
2	Microsoft Office	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
3	Консультант Плюс	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
4	СДО MOODLE	из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет (лицензионный договор)

6. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой дисциплины, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Занятия лекционного типа. Учебные аудитории для занятий лекционного типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия (презентации по темам лекций), обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие данной программе дисциплины.

Занятия семинарского типа. Учебные аудитории для занятий семинарского типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Промежуточная аттестация. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине используются компьютерные классы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета и/или учебные аудитории, укомплектованные мебелью и техническими средствами обучения.

Самостоятельная работа. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде университета. Для организации самостоятельной работы обучающихся используются:

- компьютерные классы университета;
- библиотека (медиазал), имеющая места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет.

Электронная информационно-образовательная среда университета (ЭИОС). Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) <http://sdo.tolgas.ru/> из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", как на территории университета, так и вне ее.

ЭИОС университета обеспечивает:

- доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик;
- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

В случае реализации образовательной программы с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий ЭИОС дополнительно обеспечивает:

- фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения образовательной программы;
- проведение учебных занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействия посредством сети "Интернет".

7. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов. В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости. Максимальное количество баллов в семестре - 100.

Шкала оценки результатов освоения дисциплины, сформированности результатов обучения

Форма проведения промежуточной аттестации	Шкалы оценки уровня сформированности результатов обучения		Шкала оценки уровня освоения дисциплины		
	Уровневая шкала оценки компетенций	100 балльная шкала, %	100 балльная шкала, %	5-балльная шкала, дифференцированная оценка/балл	недифференцированная оценка
Экзамен	допороговый	ниже 61	ниже 61	«неудовлетворительно» / 2	не зачтено
	пороговый	61-85,9	61-69,9	«удовлетворительно» / 3	зачтено
			70-85,9	«хорошо» / 4	зачтено
	повышенный	86-100	86-100	«отлично» / 5	зачтено

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами (по накопительному рейтингу). Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

Результат обучения считается сформированным (повышенный уровень), если теоретическое содержание курса освоено полностью; при устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний, использует в ответе дополнительный материал; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, качество их выполнения оценено числом баллов от 86 до 100, что соответствует повышенному уровню сформированности результатов обучения.

Результат обучения считается сформированным (пороговый уровень), если теоретическое содержание курса освоено полностью; при устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, качество их выполнения оценено числом баллов от 61 до 85,9, что соответствует пороговому уровню сформированности результатов обучения.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже 61, что соответствует допороговому уровню.

Формы текущего контроля успеваемости

Формы текущего контроля	Количество контрольных точек	Количество баллов за 1 контр. точку	Макс. возм. кол-во баллов
Отчет по темам лекционных занятий	10	3	30
Доклад	2	5	12
Отчет по практической работе	12	4	48
Творческий рейтинг (участие в конференциях, олимпиадах и т.п.) Дополнительные баллы за активное изучение дисциплины и др.	1	10	10
Итого по дисциплине			100 баллов

Система оценивания представлена в электронном учебном курсе по дисциплине <http://sdo.tolgaz.ru/>.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

8.2.1. Типовые задания к практическим занятиям

Практическая работа № 1. Количественный металлографический анализ геометрических параметров микроструктуры

Цель работы: Формирование навыков статистической обработки изображений микроструктур и проведения количественного анализа структурных составляющих сплавов в соответствии с нормативными требованиями.

Задание: методы определения среднего размера зерна (метод направленных секущих, метод подсчета зерен по ГОСТ 5639). Оценка объемной доли избыточных фаз и неметаллических включений методом точечного подсчета. Расчет погрешностей измерений и построение гистограмм распределения структурных элементов по размерам

Оформить отчет с расчетами и выводами.

Практическая работа № 2. Анализ топографии и морфологии поверхностей разрушения методами растровой электронной микроскопии

Цель работы: освоение методик качественной идентификации механизмов разрушения конструкционных сталей по микрофрактографическим признакам.

Задание: дифференциация видов изломов (вязкий внутризеренный, хрупкий транскристаллический, межзеренный). Выявление микрорельефа поверхности: ямочный микрорельеф, фасетки скола, ручьиный узор, усталостные бороздки. Анализ причин зарождения и распространения трещин в элементах технологических машин.

Оформить отчет с расчетами и выводами.

Практическая работа № 3. Обработка результатов электронно-зондового микроанализа гетерогенных систем

Цель работы: развитие умений проводить качественную и количественную оценку химической неоднородности сплавов по экспериментальным рентгеноспектральным данным.

Задание: Коррекция экспериментальных интенсивностей характеристического рентгеновского излучения (ZAF-коррекция). Анализ профилей распределения элементов по границам зерен. Расчет коэффициентов ликвации химических элементов в литых и деформированных полупроизводствах. Линейное и площадной картирование фаз.

Оформить отчет с расчетами и выводами.

Практическая работа № 4. Анализ дефектов кристаллической структуры по контрасту электронно-микроскопических изображений

Цель работы: освоение методик идентификации и расчета плотности дефектов кристаллического строения в тонких фольгах металлов.

Задание: разделение вклада амплитудного и фазового контраста. Методика определения вектора Бюргерса дислокаций с использованием условия невидимости ($\mathbf{g} \times \mathbf{b} = 0$). Оценка плотности дислокаций методом случайных секущих. Анализ микроструктуры границ зерен и субзерен после пластической деформации.

Оформить отчет с расчетами и выводами.

Практическая работа № 5. Индексирование электронограмм и прецизионный расчет параметров решетки по дифракционным картинам

Цель работы: изучение алгоритмов кристаллографического анализа точечных и кольцевых электронограмм, полученных методом просвечивающей электронной микроскопии.

Задание: определение константы прибора просвечивающего электронного микроскопа. Расчет межплоскостных расстояний. Определение индексов Миллера для дифракционных рефлексов ОЦК, ГЦК и ГПУ решеток. Идентификация зон кристаллографических осей и построение индцированных схем микродифракции.

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 6. Системное моделирование, поверочный расчет и структурно-параметрическая оптимизация взаимосвязанных комплексов технологического оборудования

Цель работы: изучение геометрических схем рентгеновской дифрактометрии и методов математического описания формы дифракционного пика.

Задание: сравнительный анализ геометрии Брэгга - Брентано и Зеемана - Болина. Определение углового положения максимумов. Аппроксимация экспериментального профиля линии аналитическими функциями (Гаусса, Лоренца, Фойгта). Выделение истинного физического уширения из экспериментального профиля

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 7. Алгоритмы качественного рентгенофазового анализа многокомпонентных сплавов

Цель занятия: формирование устойчивых практических навыков идентификации неизвестных фазовых составляющих металлов с использованием эталонных баз данных.

Задание: работа с картотекой ICDD PDF (Powder Diffraction File). Поиск ключевых дифракционных максимумов («поисковые триплеты»). Учет систематических погрешностей в определении углов дифракции. Идентификация фаз в условиях наложения дифракционных линий различных кристаллических решеток.

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 8. Количественный рентгенографический анализ и определение макронапряжений

Цель занятия: освоение расчетных методов оценки долей фаз и величины остаточных упругих макронапряжений в металлических деталях.

Задание: расчет интенсивности дифракционных линий с учетом структурного и множителя повторяемости. Метод внешнего и внутреннего стандарта при количественном РФА. Определение остаточных механических напряжений первого рода методом $\sin^2\psi$ (метод наклонных съемок), расчет упругих констант

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 9. Оценка тонкой кристаллической структуры деформированных металлов

Цель занятия: изучение методов разделения дифракционных эффектов, обусловленных дисперсностью блоков и искажениями решетки.

Задание: Метод Уоррена - Авербаха и метод аппроксимации (Холла - Уильямсона). Расчет размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) и величины микроискажений кристаллической решетки ($\langle \epsilon^2 \rangle^{1/2}$). Корреляция параметров тонкой структуры с механическими свойствами деталей машин.

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 10. Метрологическая обработка трехмерных карт поверхностей в атомно-силовой микроскопии

Цель занятия: получение навыков расчета нанogeометрических характеристик и параметров шероховатости поверхностей по данным зондовой микроскопии.

Задание: фильтрация изображений от шумов и устранение наклона скана (плоскостная коррекция). Расчет амплитудных параметров шероховатости (R_a , R_q , R_z) на субмикронном уровне. Построение профилограмм. Обработка карт магнитно-силовой микроскопии для оценки доменной структуры ферромагнитных сплавов.

Оформить отчёт с расчетами и выводами.

Практическая работа № 11. Интерпретация термограмм и дилатометрических кривых фазовых превращений

Цель занятия: формирование навыков расчета термодинамических и кинетических параметров фазовых переходов по экспериментальным кривым нагрева и охлаждения.

Задание: определение базовой линии на ДСК-кривых. Расчет тепловых эффектов (энтальпии) фазовых превращений методом интегрирования площади пика. Определение температур начала и окончания мартенситного и диффузионного превращений по дилатограммам. Построение термокинетических диаграмм.

Оформить отчет с расчетами и выводами.

Практическая работа № 12. Расчет физико-механических характеристик материалов по диаграммам инструментального индентирования

Цель занятия: Освоение методики извлечения упругопластических параметров локальных объемов сплавов из кривых «нагрузка - глубина внедрения».

Задание: реализация метода Оливера и Фарра для анализа контактной жесткости. Определение контактной глубины внедрения индентора Берковича. Расчет инструментальной нанотвердости (H_{IT}) и эффективного модуля упругости (E^* или E_{IT}). Оценка работы пластической и упругой деформации.

Оформить отчет с расчетами и выводами.

Темы докладов

1. Современные методы высокоразрешающей световой микроскопии: дифференциально-интерференционный контраст и цифровая обработка изображений в металлографии.
2. Сравнительный анализ аналитических возможностей энергодисперсионных (EDS) и волнодисперсионных (WDS) спектрометров при локальном микроанализе сталей.
3. Особенности подготовки образцов и выявления субмикроструктуры металлов методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ).
4. Применение метода дифракции обратнорассеянных электронов (EBSD) для анализа текстуры и разориентировки границ зерен в деформированных сплавах.
5. Физические основы формирования дифракционного контраста на дислокациях и дефектах упаковки в ПЭМ.
6. Методика качественного рентгенофазового анализа (РФА) многофазовых металлических систем с использованием базы данных ICDD PDF-4.
7. Применение полнопрофильного анализа по методу Ритвельда для прецизионного количественного фазового анализа и уточнения параметров кристаллической решетки.
8. Рентгенографические методы определения остаточных макронапряжений первого рода (метод $\sqrt{\sin^2 \psi}$) в сварных соединениях и деталях машин.
9. Разделение вкладов дисперсности областей когерентного рассеяния (ОКР) и микроискажений кристаллической решетки методами аппроксимации дифракционного профиля.
10. Исследование кинетики и термодинамики фазовых превращений в сталях методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК).
11. Высокотемпературная дилатометрия как метод построения термокинетических диаграмм распада переохлажденного аустенита (анизотермические диаграммы).
12. Применение атомно-силовой микроскопии (АСМ) для исследования наногеометрии, шероховатости поверхности и начальных стадий пластической деформации.
13. Магнитно-силовая микроскопия (МСМ) в исследовании доменной структуры ферромагнитных сплавов и фазового контраста дуплексных сталей.
14. Метод инструментального наноиндентирования (схема Оливера - Фарра) для оценки локальных механических свойств отдельных структурных составляющих сплавов.
15. Наносклерометрия (метод микро- и наноцарапания) для оценки адгезионной прочности и износостойкости функциональных покрытий деталей машин.
16. Физические основы и аналитические возможности рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) при исследовании поверхностных слоев и межфазных границ.

17. Метод вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС) для прецизионного анализа распределения легких элементов (водород, углерод, бор) в металлах.
18. Особенности применения растровой электронной микроскопии (РЭМ) при высокотемпературных испытаниях материалов в режиме *in-situ*.
19. Рентгеновская компьютерная микротомография (микро-КТ) как метод трехмерного неразрушающего контроля пористости и дефектов в аддитивном производстве.
20. Изучение процессов высокотемпературного окисления и коррозии металлов методами термогравиметрического анализа (ТГА).
21. Метод акустической эмиссии в физических исследованиях кинетики зарождения и развития микротрещин при механических испытаниях.
22. Физические методы оценки степени радиационного повреждения и вакансионного распухания конструкционных материалов ядерных реакторов.
23. Применение методов малоуглового рассеяния рентгеновских лучей (SAXS) для анализа размеров и распределения наноразмерных упрочняющих фаз.
24. Особенности исследования структуры и фазового состава аморфных и нанокристаллических металлических сплавов дифракционными методами.
25. Критерии выбора оптимального комплекса физико-химических методов исследования для экспертизы причин эксплуатационных разрушений элементов технологического оборудования.

8.3. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен (по результатам накопительного рейтинга или в устно-письменной форме по экзаменационным билетам).

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

№	Содержание вопроса
ПК-1 Способен разрабатывать планы и программы проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем	
1.	Физические основы оптической микроскопии. Предел разрешения и полезное увеличение светового микроскопа. Способы их оптимизации
2.	Методы формирования контраста в световой микроскопии: светлое поле, темное поле, поляризованный свет. Физика явлений
3.	Метод дифференциально-интерференционного контраста (ДИК) в металлографии. Принцип реализации и области применения
4.	Задачи и методы количественной металлографии. Нормативные требования ГОСТ к определению величины зерна и загрязненности неметаллическими включениями
5.	Физические принципы электронной оптики. Устройство, конструктивные особенности и схема хода лучей в растровом электронном микроскопе (РЭМ).
6.	Взаимодействие пучка первичных электронов с веществом. Зоны генерации вторичных излучений и сигналов в объеме образца
7.	Формирование изображения во вторичных электронах (SE). Физическая природа, зависимость от топографии поверхности и разрешающая способность.
8.	Формирование изображения в обратнорассеянных электронах (BSE). Физическая природа, зависимость от атомного номера элемента (композиционный контраст)
9.	Влияние ускоряющего напряжения и тока зонда на разрешение и качество изображения в растровой электронной микроскопии.
10.	Методики подготовки металлических образцов для РЭМ. Способы устранения эффекта накопления электростатического заряда.
11.	Физические основы качественной и количественной микрофрактографии. Признаки вязкого внутризеренного разрушения в РЭМ.
12.	Микрофрактографические признаки хрупкого транскристаллического (скол) и межзеренного разрушения металлических материалов.
13.	Усталостное разрушение металлов. Анализ топографии изломов в РЭМ, идентификация усталостных бороздок и зон ускоренного развития трещины.

14.	Физические основы генерации характеристического рентгеновского излучения под действием электронной бомбардировки. Закон Мозли.
15.	Конструкция и принцип работы энергодисперсионного спектрометра (EDS). Достоинства, недостатки и предел обнаружения элементов.
16.	Конструкция и принцип работы волнодисперсионного спектрометра (WDS). Сравнительный анализ характеристик EDS и WDS.
17.	Методика проведения количественного электронно-зондового микроанализа. Сущность ZAF-коррекции экспериментальных данных.
18.	Линейное и площадной рентгеновское картирование (элементное картирование). Области применения при анализе ликвационной неоднородности сплавов.
19.	Физические основы метода дифракции обратнорассеянных электронов (EBSD). Формирование линий Кикучи и их использование для анализа текстуры
20.	Конструктивная схема и физические принципы работы просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Характеристики электронных линз.
21.	Механизмы формирования контраста в ПЭМ: абсорбционный (амплитудный) и фазовый контраст.
22.	Дифракционный контраст на дефектах кристаллической структуры. Физика формирования светлопольных и темнопольных изображений в ПЭМ.
23.	Методики приготовления тонких фольг для исследований методом ПЭМ: электролитическое струйное утонение и ионное фрезерование.
24.	Физические основы дифракции электронов в микрообъемах (метод микродифракции). Геометрия построения электронограмм.
25.	Индексирование точечных электронограмм для кубических кристаллических решеток (ОЦК, ГЦК). Понятие константы прибора.
26.	Особенности анализа кольцевых (поликристаллических) и кикучи-паттернов в просвечивающей электронной микроскопии.
27.	Методика определения вектора Бюргерса дислокаций в ПЭМ с использованием критерия невидимости дефекта.
28.	Высокоразрешающая просвечивающая электронная микроскопия (HRTEM). Прямое разрешение кристаллической решетки и границы раздела фаз.
29.	Метод дифракции электронов при прецессии пучка (PED) и его применение для пространственного картирования фаз на наноуровне.
30.	Природа и спектральный состав рентгеновского излучения. Тормозной и характеристический спектры рентгеновских трубок.
31.	Взаимодействие рентгеновского излучения с кристаллической решеткой. Физический смысл уравнения Вульфа - Брэгга.
32.	Интенсивность дифрагированных рентгеновских лучей. Влияние структурного амплитудного фактора, температурного и углового множителей.
33.	Оптические схемы рентгеновских дифрактометров. Фокусировка по методу Брэгга — Брентано и схема Зеемана - Болина: сравнительный анализ.
34.	Системы монохроматизации рентгеновского излучения и современные типы детекторов (координатные и полупроводниковые детекторы)
35.	Физические основы качественного рентгенофазового анализа (РФА). Принципы построения и алгоритмы поиска в базах данных ICDD PDF.
36.	Факторы, затрудняющие качественный РФА: наложение рефлексов, эффекты преимущественной ориентации (текстура), твердорастворное уширение.
37.	Физические основы и методы количественного рентгенофазового анализа. Метод внутреннего стандарта и метод «безстандартного» анализа (RIR).
38.	Полнопрофильный анализ дифрактограмм по методу Ритвельда. Возможности метода при исследовании структуры многофазных сплавов.
39.	Определение параметров кристаллической решетки твердых растворов методами РСА. Оценка концентрации растворенного элемента (закон Вегарда).
40.	Физические причины уширения рентгеновских дифракционных линий. Разделение вклада инструментального и физического уширения.
41.	Анализ тонкой кристаллической структуры деформированных металлов. Метод аппроксимации Холла - Уильямсона для разделения вклада ОКР и микроискажений
42.	Определение размеров областей когерентного рассеяния (размера блоков) по формуле Шеррера. Область применимости метода.

43.	Рентгенографические методы исследования текстуры металлов. Построение прямых и обратных полюсных фигур.
44.	Физические основы рентгенографического определения остаточных механических напряжений первого рода (метод $\sin^2\psi$).
45.	Физические основы сканирующей зондовой микроскопии. Сравнительный анализ туннельной (СТМ) и атомно-силовой (АСМ) микроскопии.
46.	Межатомные силы взаимодействия в АСМ. Кривая Леннард-Джонса и выбор рабочих режимов микроскопа.
47.	Контактный и бесконтактный режимы работы АСМ. Преимущества, ограничения и достигаемое пространственное разрешение.
48.	Полуконтактный (колебательный, tapping mode) режим АСМ. Фазовый контраст и его использование для идентификации фаз в гетерогенных сплавах.
49.	Магнитно-силовая микроскопия (МСМ). Принцип формирования контраста и применение при исследовании структуры ферромагнетиков.
50.	Электросиловая и пьезосиловая зондовая микроскопия. Области применения в материаловедении функциональных материалов.
51.	Методы калибровки кантилеверов и метрологическая обработка трехмерных карт поверхностей в АСМ. Расчет параметров шероховатости на наноуровне.
52.	Физика процессов, протекающих при локальном упругопластическом деформировании материалов индентором. Переход от микро- к наноиндентированию
53.	Метод инструментального наноиндентирования. Анализ экспериментальной диаграммы «нагрузка - глубина внедрения» по модели Оливера - Фарра.
54.	Определение инструментальной нанотвердости (H_{IT}) и контактного модуля упругости (E_{IT}) фаз. Учет геометрии наконечника (индентора Берковича).
55.	Метод наносклерометрии (инструментальное царапание). Оценка адгезионной прочности тонких упрочняющих покрытий и механизмов микроистирания.
56.	Термодинамика фазовых превращений в металлах. Физические принципы метода дифференциального термического анализа (ДТА).
57.	Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Конструкция измерительных ячеек (тепловой поток и компенсация мощности), методы калибровки.
58.	Методика обработки ДСК-кривых: определение температур плавления, полиморфных превращений и расчет энтальпии переходов.
59.	Высокотемпературная дилатометрия металлов. Фиксация объемных изменений при фазовых переходах. Определение критических точек сталей.
60.	Термогравиметрический анализ (ТГА) и сопряженный метод ТГ-ДСК. Исследование кинетики высокотемпературного окисления и газовой коррозии сплавов.